

**UNIVERSITE DE LA SORBONNE NOUVELLE – PARIS III**  
**INSTITUT DE LINGUISTIQUE ET PHONETIQUE GENERALES ET APPLIQUEES**

# **SUITES DE CONSONNES EN BERBERE CHLEUH: PHONETIQUE ET PHONOLOGIE**

THESE PRESENTEE ET SOUTENUE PUBLIQUEMENT PAR :

**Rachid RIDOUANE**

## **MEMBRES DU JURY :**

***SALEM CHAKER*** : PROFESSEUR

***NICK CLEMENTS*** : DIRECTEUR DE RECHERCHES (PRESIDENT DU JURY)

***FRANÇOIS DELL*** : DIRECTEUR DE RECHERCHES

***PHIL HOOLE*** : PROFESSEUR

***JANET PIERREHUMBERT*** : PROFESSEUR

***ANNIE RIALLAND*** : DIRECTEUR DE RECHERCHES ET DIRECTRICE DE LA THESE

DECEMBRE 2003

*Pour **Elyas**  
Afuqqlal Inu*

## REMERCIEMENTS

Je souhaite de prime abord exprimer mon entière reconnaissance à ma directrice de recherche Mme Annie Rialland pour son aide, ses conseils, son apport méthodologique inestimable et pour toutes les corrections et commentaires dont elle m'a fait part pendant la rédaction de cette thèse. C'est grâce à ses orientations, ses encouragements et sa confiance que j'ai pu mener à terme ce travail. Merci pour la grande patience qu'elle a eu à lire les différentes parties que je lui ai soumises en un délai si court. Merci enfin de m'avoir ouvert les yeux sur l'importance de l'apport d'une expérimentation fibroscopique pour le traitement des données en berbère.

Toute ma gratitude à M. François Dell. C'est grâce à ses orientations que cette thèse a la forme qu'elle a aujourd'hui. C'est en réalité grâce à ses conseils, que nous avons adopté une approche combinant la phonétique et la phonologie. Merci pour sa disponibilité depuis 1997.

Merci à M. Nick Clements pour les nombreuses discussions que j'ai pu avoir avec lui sur un ensemble d'aspects traité dans ce travail. Je voudrais le remercier de m'avoir aidé à plusieurs reprises à travers ses commentaires et ses orientations, le remercier aussi de m'avoir aidé à présenter une partie des résultats de cette étude au 4<sup>e</sup> Congrès de Linguistique Africaine aux Etats-Unis.

Merci pour M. Salem Chaker pour toutes les discussions que j'ai pu avoir avec lui sur certains aspects de ce travail. Je voudrais le remercier aussi de m'avoir permis de présenter une partie de ce travail dans un de ses séminaires. Merci aussi de m'avoir suggéré de présenter mes travaux aux G.l.e.c.s. Nous avons bénéficié lors de ces présentations de commentaires d'un ensemble de participants et notamment de M. Lionel Galand que je remercie vivement.

Je souhaite remercier M. Phil Hoole pour son apport inestimable principalement pour la partie photoglottographique de ce travail et de m'avoir initié à la transillumination. Je souhaite le remercier pour les nombreuses discussions que j'ai pu avoir avec lui et pour ses conseils. Merci à lui et à Mme Christinne Mooshammer pour les scripts que nous avons utilisés lors du traitement de nos données photoglottographiques.

Je souhaite particulièrement remercier Susanne Fuchs. C'est principalement grâce à elle que j'ai pu procéder à des analyses photoglottographiques. Je la remercie, ainsi que toute l'équipe de ZAS pour les nombreux séjours que j'ai pu faire à Berlin, pour les nombreux mails échangés et pour les nombreuses discussions que nous avons eues. Merci Suse.

Mes remerciements vont à Mme le docteur Lise Crevier-Buchman (de Paris) et M. le docteur Klauss Dahlmeir (de Berlin) pour m'avoir aidé à obtenir et à interpréter les données fibroscopiques et photoglottographiques. Merci à M. Bernard Roubeau pour m'avoir aidé à obtenir et à interpréter les données aérodynamiques.

Je remercie Cécile Fougeron pour les nombreuses discussions que j'ai pu avoir avec elle et pour ses encouragements. Je souhaite également remercier M. Bernard Gautheron, responsable technique du Laboratoire de Phonétique à l'ILPGA, pour ses conseils et son assistance technique. Merci à tous mes collègues de l'ILPGA et notamment à Cédric Gendrot pour le script sur Praat qu'il m'a permis d'utiliser lors du traitement des données acoustiques.

Plusieurs parties de ce travail ont été présentées dans des congrès internationaux dont certaines ont fait l'objet de publications. Je souhaite remercier tous ceux qui m'ont aidé par leurs commentaires et notamment, A. Rialland, F. Dell, N. Clements, S. Fuchs, P. Hoole, J. Vaissière, L. Crevier-Buchmann et P. Dixit.

Merci à Mme Janet Pierrehumbert d'avoir accepté de faire partie des membres du jury de cette thèse.

Je souhaite dire MERCI à ma femme Laura. Merci de m'avoir initié aux différents logiciels de traitement d'image utilisés pour ce travail. Merci d'avoir été à mes côtés pendant ce long voyage et de m'avoir permis ces dernières semaines de me consacrer entièrement à la rédaction de cette thèse.

*Akhndallas* souhaite pour finir remercier AL Ridouane. Merci à mes parents ainsi que mes frères et sœurs pour leurs encouragements et leur aide morale.

# TABLES DES MATIERES

Dédicace	ii
Remerciements	iii
Table des matières	iv
<b>INTRODUCTION GENERALE</b>	<b>1</b>
La langue berbère	3
Le berbère au Maroc	4
Le dialecte chleuh	5
Le système consonantique chleuh	7
Le système vocalique chleuh	10

## PARTIE I LA GEMINATION CONSONANTIQUE

### CHAPITRE 1

<u>LA TENSION ET LA GEMINATION CONSONANTIQUE</u>	<u>12</u>
1.1 La tension	12
1.1.1 Les corrélats du trait [tendu]	14
1.1.2 Tension, aspiration, sonorité	17
1.1.3 Tension et durée	21
1.1.4 Synthèse et conclusion	23
1.2 La gémination	25
1.2.1 Analyses acoustiques et perceptuelles	25
1.2.2 Analyses articulatoires	32
1.2.3 Analyses fibroscopiques et photoglottographiques	34
1.2.4 Synthèse et conclusion	37
1.3 Le cas du berbère	39
1.3.1 Quel corrélat phonétique ?	40
1.3.2 Synthèse et conclusion	47

### CHAPITRE 2

<u>ANALYSES ACOUSTIQUES</u>	<u>50</u>
2. 1 La liste des mots et leurs contextes	51
2.2. Les sujets	51
2.3. Les paramètres mesurés	53
2.4 L'analyse statistique	56
2.5 Résultats	58
2.5.1 Paramètres temporels	58
2.5.1.1 La durée d'occlusion	58
2.5.1.2 Les occlusives sourdes en position initiale absolue	62
2.5.1.3 La durée du VOT et du bruit de relâchement	66
2.5.1.4 La durée des fricatives	74
2.5.1.5 La durée de la voyelle précédente	79
2.5.1.6 La durée de la voyelle suivante	84

2.5.1.7 Synthèse et conclusion	85
2.5.2 Paramètres non temporels	86
2.5.2.1 Les valeurs formantiques des voyelles	86
2.5.2.2 La qualité de l'occlusion et du burst	90
2.5.2.3 Le dévoisement des géminées	94
2.5.2.4 Synthèse et conclusion	97
2.5.3 Les géminées tautomorphémiques et hétéromorphémiques	98
2.6 Synthèse et conclusion	102

## CHAPITRE 3

<u>ANALYSES FIBROSCOPIQUES</u>	<u>105</u>
3.1 Revue de la littérature	105
3.1.1 Les occlusives sonores	106
3.1.2 Les occlusives sourdes non aspirées	107
3.1.3 Les occlusives sourdes aspirées	110
3.1.4 Voisées aspirées et sourdes pré-aspirées	116
3.2 Les ajustements larynaux pendant la tenue des obstruantes en chleuh	118
3.3 Méthode et sujets	118
3.4 Résultats	122
3.3.1 Les occlusives sourdes	122
3.3.1.1. Position initiale	122
3.3.1.2 Position intervocalique	125
3.3.1.3 Position finale	128
3.3.1.4 La comparaison entre les trois positions	131
3.3.2 Les occlusives sonores	132
3.3.2.1 Position initiale	132
3.3.2.1.1 Occlusives sonores simples	132
3.3.2.1.2 Occlusives sonores géminées	133
3.3.2.2 Position intervocalique	134
3.3.2.2.1 Occlusives sonores simples	134
3.3.2.2.2 Occlusives sonores géminées	135
3.3.2.3 <i>Position finale</i>	136
3.3.2.3.1 Occlusives sonores simples	136
3.3.2.3.2 Occlusives sonores géminées	137
3.3.3 <i>Les fricatives sourdes.</i>	139
3.3.3.1 <i>Position initiale</i>	139
3.3.3.2 <i>Position intervocalique</i>	141
3.3.3.3 <i>Position finale</i>	143
3.3.3.4 <i>La comparaison entre les trois positions</i>	145
3.3.4 <i>Les fricatives sonores</i>	146
3.3.4.1 <i>Position initiale</i>	146
3.3.4.1.1 <i>Fricatives sonores simples</i>	146
3.3.4.1.2 <i>Fricatives sonores géminées</i>	149
3.3.4.2 <i>Position intervocalique</i>	150
3.3.4.2.1 <i>Fricatives sonores simples</i>	150
3.3.4.2.2 <i>Fricatives sonores géminées</i>	150
3.3.4.3 <i>Position finale</i>	152
3.3.4.3.1 <i>Fricatives sonores simples</i>	152
3.3.4.3.2 <i>Fricatives sonores géminées</i>	154
3.5 Synthèse et conclusion	157

## CHAPITRE 4

### ANALYSES PHOTOGLOTTOGRAPHIQUES 164

4.1 Introduction	162
4.2 La méthode	162
4.3 Le traitement des données	165
4.4 La fiabilité de l'enregistrement	166
4.5 Le stimuli linguistique	168
4.6 Les événements mesurés et les critères	169
4.7 Résultats	173
4.7.1 Occlusives simples et géminées	173
4.7.2 Les fricatives simples et géminées	184
4.8 Synthèse et discussion	190
4.8.1 Les occlusives géminées et la largeur de l'ouverture glottale	190
4.8.2 L'aspiration, l'amplitude de l'ouverture glottale et le rapport temporel entre les gestes glottaux et supraglottaux	197
4.9 Les positions initiale et finale absolues	204
4.10 La comparaison entre les occlusives et les fricatives	210
4.11 La comparaison entre différents lieux d'articulation	215

## CHAPITRE 5

### ANALYSES PHONOLOGIQUES 222

5.1 Introduction	222
5.2 LA REPRESENTATION PHONOLOGIQUE DES GEMINEES	223
5.2.1 Rappel de la littérature	223
5.2.1.1 Les premiers travaux	223
5.2.1.2 Approche générative	223
5.2.1.3 Les représentations autosegmentales	226
5.2.2 La représentation des géminées en berbère	227
5.2.2.1 La représentation en trait	227
5.2.2.2 La représentation positionnelle	229
5.2.2.3 Proposition intermédiaire	231
5.2.3 La représentation des géminées en chleuh	232
5.2.3.1 Le corrélat de base	232
5.2.3.2 Corrélat secondaires	233
5.3 La gémination et la spirantisation	235
5.3.1 L'inaltérabilité des géminées	235
5.3.1.1 Le traitement «notationnel» des géminées	236
5.3.1.2 Le 'Principe du développement inertiel' : Elmedlaoui (1993)	239
5.3.2 La spirantisation en berbère chleuh	244
5.3.2.1 Le statut phonologique des spirantes	245
5.3.2.2 Les différents types de géminées et la spirantisation	248
5.3.2.3 La gémination morphologique	251
5.4 Synthèse et conclusion	258

## PARTIE II

### SUITES DE CONSONNES SOURDES

### LE CHVA ET LES AJUSTEMENTS LARYNGAUX

#### CHAPITRE 6

<u>LE STATUT DE CHVA ET LA SYLLABATION EN CHLEUH</u>	<u>261</u>
6.1 Introduction	262
6.2 Les analyses précédentes	263
6.3 Arguments acoustiques	266
6.3.1 Méthode	266
6.3.2 Les sujets et leurs parlers	268
6.3.3 Résultats et discussion	270
6.3.3.1 Le cas des locuteurs d'Agadir	274
6.3.3.2 Différences avec les autres travaux	280
6.4 Argument phonologique	283
6.4.1 Les morphèmes avec deux consonnes identiques adjacentes	283
6.4.2 Le dévoisement régressif	284
6.4.3 L'assibilation en chleuh	286
6.5 Arguments physiologiques	290
6.5.1 Méthode et sujets	291
6.5.2 Résultats et discussion	293
6.5.2.1 La comparaison du chleuh avec l'arabe marocain et le français	303
6.5.3 Synthèse et conclusion	309

#### CHAPITRE 7

<u>LES AJUSTEMENTS LARYNGIENS PENDANT LA TENUE DE SEQUENCES</u>	
<u>D'OBSTRUANTES SOURDES</u>	<u>312</u>
7.1 Les ajustements laryngaux pendant la production des mots sourds	312
7.1.1 Méthode et sujet	313
7.1.2 Résultats	315
7.1.3 Synthèse et conclusion	328
7.2 Les ajustements laryngiens pendant la production de séquences d'obstruantes sourdes séparées par des frontières de mot	334
7.2.1 Introduction	334
7.2.2 Méthode et sujet	335
7.2.3 Résultats	337
7.2.4 Synthèse et conclusion	347

<u>CONCLUSIONS GENERALES</u>	<u>353</u>
------------------------------	------------

8.1 Résumé de l'étude	353
8.1.1 Les mots sourds	353
8.1.2 Les consonnes simples et géminées	355s

<u>REFERENCES</u>	<u>360</u>
-------------------	------------



## INTRODUCTION GENERALE

Cette étude traite des suites de consonnes en berbère chleuh. Nous allons principalement traiter de deux aspects : les mots sourds et les consonnes géminées. Nous adoptons pour ce travail l'approche dite de « la phonologie de laboratoire » (cf. Kingston & Beckman 1990, Pierrehumbert et al. 1996). Selon cette approche, les analyses phonologiques doivent s'accorder avec les données phonétiques qui émanent de procédures expérimentales. La phonologie de laboratoire suppose que la phonétique peut apporter des éléments de réponse à certaines questions phonologiques. C'est l'objectif central de ce travail. Nous souhaitons en effet apporter des réponses satisfaisantes à certaines questions, sources de controverse dans le domaine de la phonologie berbère, en nous basant sur des données de phonétique expérimentale.

Le chleuh est un dialecte berbère parlé au Sud et au Sud-Ouest du Maroc. Ce dialecte permet la suite d'un nombre important d'obstruantes. Certains mots peuvent contenir uniquement des obstruantes sourdes (e.g. t-ss-kʃf-t=stt « tu l'as séchée »). C'est ce type de mots que nous appelons dans ce travail « mot sourd ». Des phrases entières peuvent aussi être sourdes (e.g. [t-ss-kʃf-t=stt t-fk-t=stt] « tu l'as séchée (et) tu l'as donnée »). Ce dialecte contient aussi différentes sortes de géminées : lexicales, phonologiques et morphologiques. Les géminées tautomorphémiques sont attestées en position initiale, intervocalique et finale. Elles peuvent être précédées ou suivies d'une ou de plusieurs consonnes.

Cette thèse est composée de deux parties. La première partie est une analyse phonétique et phonologique des consonnes géminées. Cette partie est composée de quatre chapitres correspondant aux 4 types d'analyses entreprises : acoustique, fibroscopique, photoglottographique et phonologique. Le premier chapitre sera consacré à l'analyse acoustique d'un ensemble de paramètres temporels et non temporels permettant de distinguer les simples des géminées. Un des objectifs centraux de cette partie sera de déterminer si l'opposition simple/géminée est une opposition de qualité ou de quantité ou des deux.

Le deuxième chapitre est une analyse par fibroscopie de toutes les obstruantes qui se rencontrent en chleuh. Nous allons procéder à une analyse de la configuration de la glotte pendant la tenue de ces consonnes dans différents contextes. Le troisième chapitre sera consacré à une étude photoglottographique, l'objectif est de préciser les différences au niveau

des ajustements glottaux entre segments simples et segments géminés. D'autres comparaisons seront développées pour dégager les différences liées au mode d'articulation (occlusif – fricatif) et au point d'articulation (labial – dental – vélaire). Cette partie traitera aussi de l'aspiration et de la corrélation entre l'aspiration, l'amplitude de l'ouverture glottale et le rapport temporel entre les gestes glottaux et supraglottaux.

Sur la base de ces investigations phonétiques, nous tenterons, dans le quatrième chapitre, de déterminer les représentations phonologiques des géminées. L'objectif de ce chapitre est de définir les corrélats de base de l'opposition simple/géminée et les corrélats secondaires qui peuvent renforcer cette opposition. Le comportement des géminées sera analysé plus particulièrement par rapport au processus de spirantisation qui affecte les occlusives non coronales du parler chleuh de Haha. Nous allons rendre compte de ce changement phonologique et examiner le comportement de différents types de géminées vis-à-vis de ce processus.

L'objectif majeur de la deuxième partie de cette thèse est d'apporter une réponse à une question fondamentale sur la structure syllabique en chleuh. Le chleuh, selon la thèse initiée et développée par Dell et Elmedlaoui (1985, 1988, 2002), permet à toute consonne, même une sourde, d'occuper le noyau de la syllabe. L'analyse de la syllabation dans ce dialecte est étroitement liée au statut attribué à la voyelle dite neutre : le chva. La question qui se pose à nous et que nous tenterons de résoudre à partir d'un ensemble d'analyses acoustiques, articulatoires et phonologiques est la suivante : « En chleuh, chva est-il un segment au niveau des représentations phonétiques ? » Un aspect de cette question est le suivant : si, comme le soutiennent Dell et Elmedlaoui, chva est simplement un aspect de la réalisation d'une consonne voisine, et non un segment, on ne doit pas trouver de chva, donc du voisement, dans un mot composé de consonnes sourdes. Si par contre ces mots contiennent des chvas, on doit en déduire que les représentations phonétiques du chleuh comportent au moins quatre vocoïdes : les réalisations de /a, i, u/ et en plus un segment chva apte à occuper le noyau de la syllabe. Nous allons procéder à des analyses acoustiques, fibroscopiques, photoglottographiques afin de déterminer la présence ou l'absence de vocoïdes ou de gestes vocaliques dans des formes composées uniquement de consonnes sourdes. Notre argumentation phonologique s'appuiera plus particulièrement sur le comportement des suites de consonnes vis-à-vis de l'assibilation qui affecte les occlusives dentales simples du parler chleuh de l'Anti-Atlas.

D'autres motivations nous ont amené à procéder aux expérimentations fibroscopiques et photoglottographiques. Nous allons en effet développer une analyse descriptive des ajustements glottaux pendant la tenue de mots entièrement sourds. Notre objectif est d'approfondir nos connaissances sur les ajustements glottaux pendant la parole. Nos connaissances se limitent aujourd'hui aux analyses effectuées sur des segments simples et sur quelques suites d'obstruantes sourdes principalement dans les langues germaniques.

Dans le reste de cette partie introductive, nous allons présenter un aperçu succinct sur la langue berbère et les différents dialectes parlés au Maroc. Pour finir, nous allons fournir une présentation du berbère chleuh, les différents parlers qui le composent et les différents segments qui se rencontrent dans ces parlers.

### **La langue berbère**

La langue berbère se présente sous forme d'un nombre important de dialectes parlés dans près d'une dizaine de pays d'Afrique du Nord et du Sahel : Maroc, Algérie, Tunisie, Niger, Mali, Burkina-Faso, Mauritanie, Libye et même en Egypte. L'importance de la présence berbère varie selon ces pays. Des îlots plus ou moins denses témoignent de la présence berbère en Tunisie et en Libye (Galand 1988, Chaker 1992). Le berbère est parlé par une petite communauté vivant dans l'oasis de Siwa en Egypte. A tous ces groupes, s'ajoute un autre groupe berbérophone important : les Touaregs établis au Sud de l'Algérie, au Mali, au Niger et au Burkina Faso. Le berbère est principalement parlé en Algérie et au Maroc. Il est difficile d'avancer des chiffres sur l'importance démographique des populations berbérophones. On estime généralement, qu'au Maroc, le berbère est parlé par 35% à 40% de la population. En Algérie, ce pourcentage se situe autour de 25% (cf. Galand 1988, Chaker 1992).

La notion « langue berbère », qui a servi de titre à cette section et que nous allons parfois utiliser dans ce travail, ne correspond pas à une réalité linguistique ou sociolinguistique dans le sens où il n'y a pas de « langue berbère standard ». Il s'agit « [d']une abstraction linguistique et non [d']une réalité sociolinguistique identifiable et localisable. La seule réalité observable, ce sont les usages locaux et effectifs. » (Chaker 1995 : 7). Nous ferons tout au long de ce travail la distinction entre langue, dialectes et parlers, conformément à la tradition berbérissante française<sup>1</sup>. Les dialectes correspondent aux aires d'intercompréhension immédiate (e.g. chleuh, rifain, kabyle, etc.) et les

---

<sup>1</sup> Voir Chaker (1995) qui a développé un ensemble d'arguments linguistiques et sociolinguistiques justifiant la vision unitaire de la langue berbère.

parlers aux usages particuliers à l'intérieure de ces aires dialectales (e.g. parler chleuh de Haha, parler chleuh de l'Anti-Atlas, etc.)

## Le berbère au Maroc

Les linguistes berbérissants s'accordent généralement à distinguer entre trois zones linguistiques berbères au Maroc :

- Une zone Nord et Nord-Est, où l'on parle le *tarifit*, du nom de la chaîne montagneuse 'le Rif'.
- Une zone Centre et Sud-Est, où l'on parle le *tamazight*, appelé aussi beraber.
- La troisième zone constitue le domaine du *chleuh*. Le chleuh est parlé dans le Sud et le Sud-Ouest du Maroc.

Ces découpages sont loin de fonder le vrai système des isoglosses entre ces trois dialectes. Cette classification n'est pas basée sur des critères linguistiques mais correspond à des divisions géographiques déjà établies. Selon Chaker (1995 : 8) : « *La classification (linguistique) des dialectes berbères est [...] un véritable casse-tête pour les berbérissants et les tentatives les plus récentes, qui font appel à des grilles de paramètres très sophistiquées, aboutissent pratiquement à un simple classement géographique (par ex. : Willms 1980).* »

Cette classification semble pourtant être la base de tout travail de comparaison interdialectale au Maroc. Elle a en effet le mérite de correspondre à une réalité sociologique ; les Berbères du Rif nomment leur parler le *tarifit* et le considèrent comme une entité distincte, ainsi que les Berbères de la partie centrale du Maroc et les Chleuhs qui nomment leurs parlers *tamazight*<sup>2</sup> et *tachlhit* respectivement. On assiste depuis une vingtaine d'années à la naissance d'une sorte de « conscience pan-berbère ». Les locuteurs des trois dialectes sont de plus en plus conscients d'appartenir à un même ensemble « berbère » unique, en témoigne le nombre grandissant de structures associatives « berbères » recouvrant les trois grandes zones dialectales<sup>3</sup>.

L'intercompréhension entre ces trois dialectes est limitée. Les divergences concernent plus particulièrement le système phonologique et lexical. Nous allons, dans certaines parties de ce travail, illustrer certaines de ces différences au niveau phonologique en comparant principalement le chleuh au rifain. Malgré ces divergences entre ces dialectes, les données structurales fondamentales sont les mêmes. C'est de cette unité sous-jacente que la notion « langue berbère » tire sa légitimité.

---

<sup>2</sup> Ce terme est de plus en plus en plus utilisé pour désigner la langue berbère en général (i.e. l'ensemble des dialectes berbères).

<sup>3</sup> Cette conscience collective dépasse les frontières étatiques et le sentiment unitaire est aujourd'hui perceptible dans la plupart des régions berbérophones (cf. Chaker 1995 : 17-18)

## **Le dialecte chleuh.**

Disons d'abord quelques mots sur le terme « chleuh ». Les locuteurs nomment leur dialecte « tachlhit<sup>4</sup> ». L'origine de ce terme, qui désigne aussi la femme chleuhe, est inconnue. Dans ce travail, nous utilisons le mot « chleuh » pour désigner ce dialecte mais parfois la forme tachelhit est aussi utilisée, principalement dans les cas où nous faisons référence aux travaux ayant choisi ce terme.

Le dialecte chleuh souffre d'une imprécision de ses limites. Dès 1908, Boulifa considérait toute la zone Sud-Ouest, du pays des Glaoua jusqu'aux côtes Atlantiques, comme le domaine du chleuh. Galand-Pernet (1972) présente le domaine du chleuh sous forme d'un quadrilatère de 200 à 250 km de côté englobant la partie sud-ouest du Grand-Atlas et l'Anti-Atlas qui enserrent la plaine de Sous. L'aire linguistique du chleuh, selon Boukous (1994), va de Haha au Nord-Ouest aux Aït Baâmrân au Sud-Ouest, des Achtoukn à l'Ouest aux Zenaga à l'Est, et d'Aqqa au bordure du désert à la Tassaout dans la plaine de Marrakech.

Cependant, nous pouvons avancer sans risque de nous tromper, que le chleuh est un dialecte relativement homogène qui permet à tous les Chleuhs de communiquer sans aucun problème. Notre propre pratique linguistique de berbérophone chleuh et l'examen de certains textes et grammaires nous confirment dans cette idée que la compréhension se réalise, sans grand effort, sur l'ensemble du domaine chleuh. Cette homogénéité cache cependant certaines variations régionales qui permettent de caractériser tel ou tel parler. Mais les convergences l'emportent nettement sur les divergences. Galand-Pernet (1972 :11) souligne que « [...] *quoi qu'il en soit, chaque locuteur a toujours le sentiment très net de son appartenance à tel ou tel ensemble linguistique. Les immigrants chleuhs des villes ou des complexes industriels se comprennent sans difficulté apparente quel que soit leur lieu d'origine* » Boukous (1994 : 71) précise aussi que « *Le degré d'intercompréhension entre les locuteurs de ces parlers [chleuhs] est tel que les parlers en question forment une même entité linguistique, i.e. le dialecte tachelhit, et que leurs utilisateurs constituent une même communauté linguistique, i.e. la communauté tachelhitophone.* »

Dans la diversité relative qui caractérise ce dialecte, on distingue généralement trois parlers (Boukous 1994) :

---

<sup>4</sup> Le nom de ce dialecte est communément transcrit avec un /e/. Il peut aussi s'écrire « tachelhiyt », « tashlhit » ou « tashlhiyt ».

- a. *Parler occlusif* : Ce sous-système est inhérent au parler des locuteurs natifs d'Agadir et de sa banlieue proche ; notamment Imessgin, Aksimn, Achtoukn et Ayt Baâmran. L'inventaire phonologique de ce parler est fondé sur les corrélations suivantes : voisement, nasalité, emphase, labialisation et durée (ou tension).
- b. *Parler spirant* : Ce sous-système est inhérent aux parlers du Haut-Atlas méridional : les tribus de Haha et d'Ida Outanan. Le parler spirant est caractérisé par la dominance des spirantes ( $\beta$ ,  $x$ ,  $\gamma$ ). Son inventaire phonologique est fondé sur les mêmes corrélations que le parler occlusif.
- c. *Parler sifflant* : Il est propre aux parlers de l'Anti-Atlas, en particulier les tribus d'Aït Souab, Ida Oubaâqil, Ida Ousmlal et Ida Outli. Ce sous-système sifflant est caractérisé par le processus d'assibilation par lequel les occlusives dentales /t/ et /d/ se réalisent comme des sifflantes [s] et [z] respectivement. Son système phonologique est fondé sur les mêmes corrélations que les précédents parlers.

Nous adoptons ce même découpage qui correspond plus ou moins à la réalité géographique et sociologique. Les locuteurs chleuhs sont conscients des particularités phonétiques, et parfois lexicales, qui caractérisent chacun de ces trois parlers. La majorité des données traitées dans notre travail est réalisée par des locuteurs appartenant à ces trois parlers. La partie sur la spirantisation ne concerne que le parler chleuh de Haha. Dans la partie fibroscopique et photoglottographique, sauf indication contraire, nous utiliserons le mot « berbère » même si notre argumentation s'appuie principalement sur les données réalisées par un locuteur du PCH et un locuteur du parler sifflant.

## Le système consonantique chleuh

Dans cette section, nous dressons l'inventaire des sons qui se rencontrent dans les divers parlers chleuhs<sup>5</sup>. Les sons que nous allons inventorier ne se réalisent pas toutes dans la performance de tous les locuteurs. Il s'agit d'un inventaire consonantique englobant toutes les consonnes des trois parlers. En déconstruisant ce système global, nous constaterons que la divergence concerne principalement l'opposition entre occlusives et spirantes qui caractérisent les parlers dits *spirant* et *sifflant* qui les opposent au parler *occlusif*.

### 1. Les labiales

La bilabiale simple /b/, la géminée /bb/ et les labiodentales /f/ et /ff/. La bilabiale fricative [β] est attestée dans le parler chleuh de Haha (PCH) :

- |     |       |            |
|-----|-------|------------|
| (1) | abrid | ‘chemin’   |
|     | ibba  | ‘mon père’ |
|     | afus  | ‘main’     |
|     | iffus | ‘sud’      |

La bilabiale sourde /p/ et la labiodentale sonore /v/ ne sont pas attestées en chleuh.

### 2. Les dentales

Les occlusives dentales non pharyngalisées qu'on trouve dans les parlers chleuhs sont les coronales /t/, /d/ et leurs homologues géminées /tt/, /dd/ respectivement :

- |     |       |               |
|-----|-------|---------------|
| (2) | atay  | ‘thé’         |
|     | udm   | ‘visage’      |
|     | ittu  | ‘il a oublié’ |
|     | addag | ‘arbre’       |

Les locuteurs du parler sifflant réalisent ces dentales comme [s] et [z] respectivement.

### 3. Les alvéolaires

Les simples /s/ et /z/ et leurs correspondantes géminées /ss/ et /zz/ :

- |     |         |           |
|-----|---------|-----------|
| (3) | asnus   | ‘âne’     |
|     | tassast | ‘avarice’ |
|     | azal    | ‘jour’    |
|     | azzar   | ‘cheveux’ |

---

<sup>5</sup> Nous avons préféré présenter la liste de tous les sons avec des exemples concrets au lieu de dresser un tableau. Notre objectif en effet est de souligner les quelques divergences qui existent entre différents parlers et de souligner certains aspects particuliers de ces sons.

#### 4. Les palato-alvéolaires

/ʃ/ et /ʒ/ et leurs correspondants géminés :

- |     |       |                |
|-----|-------|----------------|
| (4) | ʃala  | ‘course’       |
|     | aʃtʃi | ‘poison’       |
|     | aʒnwi | ‘couteau’      |
|     | iʒʒi  | ‘il est guéri’ |

#### 5. Les nasales

/n/ et /m/ et leurs homologues géminés /nn/ et /mm/ :

- |     |        |           |
|-----|--------|-----------|
| (5) | anaw   | ‘genre’   |
|     | asnnan | ‘épingle’ |
|     | aman   | ‘eau’     |
|     | ammak  | ‘sens’    |

#### 6. Les liquides

Les latérales /l/ et /ll/ et les vibrantes /r/ et /rr/ :

- |     |       |               |
|-----|-------|---------------|
| (6) | ils   | ‘langue’      |
|     | illi  | ‘ma fille’    |
|     | irifi | ‘soif’        |
|     | arraw | ‘descendants’ |

#### 7. Les affriquées

La chuintante sonore [dʒ] est attestée dans le PCH comme variante de /jj/ :

- |     |       |       |               |
|-----|-------|-------|---------------|
| (7) | yuʒʒa | yudʒa | ‘il a laissé’ |
|-----|-------|-------|---------------|

Les affriquées à sifflante [ts] et [dz] sont attestées, avec un statut très marginal, dans les parlers de l’Anti-Atlas comme allophones de /t/ et /d/ respectivement :

- |     |            |                   |          |
|-----|------------|-------------------|----------|
|     | <i>PCH</i> | <i>Anti-Atlas</i> |          |
| (8) | awtil      | awtsil            | ‘lièvre’ |
|     | udm        | udzm              | ‘visage’ |

#### 8. Les vélaires

Les vélaires sont /k/, /g/, /kk/ et /gg/. Les vélaires simples deviennent fricatives dans le PCH :

- |     |                   |            |              |
|-----|-------------------|------------|--------------|
|     | <i>Anti-Atlas</i> | <i>PCH</i> |              |
| (9) | akal              | axal       | ‘terre’      |
|     | agru              | agru       | ‘grenouille’ |



Les vélaires géminées restent occlusives. Dans les deux autres parlers, les vélaires se réalisent toujours comme des occlusives :

- (10)    akal                ‘terre’  
           tawkka            ‘ver’  
           agru                ‘grenouille’  
           aggas               ‘blessure’

## 9. Les uvulaires

Le cas des uvulaires est assez particulier et nous allons tout au long de ce travail relever des indices attestant de cette particularité. Cela concerne plus particulièrement le cas des uvulaires occlusives. Notre intuition en tant que locuteur natif du chleuh est que les uvulaires occlusives chleuhs se produisent principalement comme des géminées (i.e. /qq/). Nous avons indiqué dans Ridouane (1999) que /q/ simple n’est que très marginalement attesté. Nous allons tester cette intuition lors de l’analyse acoustique, articulatoire et phonologique de la gémination. Les autres uvulaires attestées dans les parlers chleuhs sont les fricatives sourde /χ/ et sonore /R/ :

- (11)    amχlaw            ‘fou’  
           aRrda               ‘souris’

La correspondante géminée de l’uvulaire sourde est attestée dans les trois parlers. La géminée tautomorphémique /RR/ est très marginalement attestée (Boukous 1994).

## 10. Les pharyngales

Les pharyngales présentes en chleuh sont /ʕ/ et /ħ/ :

- (14)    aʕkk°az            ‘canne’  
           aħaydus            ‘une danse amazighe’

Leurs correspondantes géminées sont très marginalement attestées, elles ne semblent être attestées que dans les emprunts à l’arabe ou dans certaines formes d’interjection. Nous allons revenir sur la validité de la caractérisation de ces consonnes comme des « pharyngales » au lieu d’« épiglottales ou « aryépiglottales ».

## 11. La laryngale

La laryngale /h/ est attestée dans tous les parlers :

- (15)    uhu                    ‘non’  
           ahiwad                ‘louche’

/hh/ géminé est très marginalement attesté.

## 12. Les emphatiques<sup>6</sup>

Le chleuh possède les emphatiques dentales /D/, /T/, /Z/, /J/ :

- (16) aDu 'vent'  
aZur 'racine'  
aTbib 'medecin'  
iJJa 'il sent mauvais'

Les emphatiques /L/, /S/ et /R/ sont attestées surtout dans les formes empruntées à l'arabe :

- (17) SSif 'été, ar'  
uLLah 'par Dieu, ar'  
rbbi 'Dieu'

L'emphase ne se limite pas à la consonne emphatique sous-jacente, mais s'étend aux sons voisins. Tout son apparaissant au voisinage d'une emphatique peut être emphatisé<sup>7</sup> :

- (18) /ablaD/ !ablad 'pierre'  
/awluZ/ !awluz 'Aoulouz (toponyme)'

## 13. Les labialisées

Les labialisées attestées dans les parlers chleuhs sont les sonores /g°/ et /R°/ et les sourdes /k°/, /χ°/ et /qq°/ et leurs contreparties géminées :

- (19) ag°nin 'sac'  
R°i 'prends'  
ak°r 'vole'  
taχ°mist 'bijou amazigh'  
aq°q°nin 'lapin'

## Le système vocalique chleuh

Comme pour les autres dialectes berbères<sup>8</sup>, le système vocalique chleuh est fondamentalement ternaire :

/i/

/u/

/a/

<sup>6</sup> Les consonnes emphatiques sont représentées par le signe majuscule, sauf pour /R/ qui représente une fricative uvulaire sonore.

<sup>7</sup> Sur les domaines de l'extension de la pharyngalisation en chleuh, voir Boukous (1990).

Des variantes allophoniques, conditionnées par le contexte, sont attestées en chleuh. Nous allons brièvement traiter de l'influence de l'emphase sur la qualité des voyelles adjacentes dans la section (2.5.2.1). La voyelle *chva*, comme nous l'avons précédemment indiqué, fera l'objet d'une analyse détaillée pour déterminer son statut.

---

<sup>8</sup> Le système vocalique du touarègue semble disposer de deux autres phonèmes /e/ et /o/ (Prasse 1984). Voir Chaker (1995) pour une analyse différente.

***PARTIE I***  
**LA GEMINATION CONSONANTIQUE**

# CHAPITRE 1

## *LA TENSION ET LA GEMINATION*

Nous allons donner dans ce chapitre un aperçu sur la littérature phonétique et phonologique ayant traité de la production et de la perception des consonnes dites « tendues » et des géménées. Ce chapitre est composé de trois parties. La première traite des corrélats phonétiques de la tension et de l'interprétation phonologique de ce trait. La deuxième partie donnera un aperçu sur un ensemble d'études ayant analysé les aspects acoustiques, perceptuels et articulatoires de la gémération. La dernière partie traitera de la gémération (ou de la tension) en berbère. Le but que nous proposons ici est d'examiner les manifestations phonétiques de l'opposition simple/gémérée ou tendue/lâche et les différents traits qui leur sont souvent associés – durée, aspiration, intensité, etc. Nous allons tenter de rendre compte des diverses interprétations phonologiques des différents traits considérés, dégager leurs indices phonétiques tels qu'ils étaient décrits et tels que nous pouvons les définir à partir de nos propres recherches expérimentales.

### *1.1 La tension*

Le trait [tendu] caractérise aussi bien l'opposition de type /t/ vs. /d/ des langues germaniques, par exemple, qui est principalement rendue par l'aspiration que l'opposition de type /t/ vs. /tt/ des langues comme le berbère. Malgré l'usage fréquent de ce trait et les nombreuses tentatives de définir et de déterminer son contenu phonétique ainsi que son implication phonologique, les phonéticiens et les phonologues continuent à s'opposer sur l'interprétation et la validité de ces preuves. Tous ne sont pas d'accord ni convaincus de l'existence même d'une distinction qui serait rendue par ce trait.

Pour certains auteurs, l'opposition tendue/lâche (ou fortis/lenis) n'a pas de fondement physiologique. Lebrun (1970), par exemple, a mis en doute l'existence de ce phénomène comme caractère phonétique valide et cela sur la base d'une analyse d'un nombre important de publications qui ont fait état de trop de divergences voire de contradictions : « *All this seems to justify the conclusion that the widely accepted notions of basis of articulation and of force of articulation are mere hypotheses, still unsupported by objective evidence, except perhaps as regards vowels. Until these hypotheses are verified by reliable measurements, we would perhaps do well not to use them when teaching a foreign language or trying to explain*

*phonetic changes.* » (ibid : 129, cité par Debrock 1977). Pour Ladefoged (1968 : 38-39), qui n'applique ce trait qu'aux voyelles : « *The label tense/lax has been used simply for convenience, and should not be interpreted as having a precise physiological meaning.* » Lisker & Abramson (1964 : 420) se montrent eux aussi sceptiques quant à l'interprétation physiologique de ce trait : « [...] *attempts at a purely physiological definition of fortisness in stops has yielded nothing reliable.* » Pour Kim (1965 : 356-357), la difficulté de la spécification des attributs physiques de l'opposition tendue/lâche est due à l'aspect relatif de ce trait : « *One difficulty comes from the fact that the tense/lax feature is not an absolute category but a relative one, such that a lax sound at a given moment may involve, in terms of absolute value, more intensity than a tense sound at another moment [...]. That is, the tense/lax feature is one of what Jakobson named as 'contrary' features as opposed to 'contradictory' features, a distinction which corresponds to Ladefoged's features different in 'degree' and those different in 'kind'.* »

Face à ces auteurs qui n'emploient pas le trait de tension ou qui l'emploient sans pour autant lui attribuer des corrélats précis, d'autres ont essayé de le caractériser sur les plans acoustiques et physiologiques. Ainsi, Jakobson, Fant & Halle (1952 : 40) incluent les traits tendu/lâche parmi les 12 paires de traits phonologiques censées être la base des unités distinctives de toutes les langues du monde. Jakobson & Halle (1963 : 128-129) définissent cette paire comme suit :

« *Acoustiquement : zones de résonances plus nettement (moins nettement) définies dans le spectre et en même temps accroissement (diminution) de la quantité totale d'énergie et de son expansion dans le temps.* »

« *Génétiquement : plus grande (plus petite) déformation de l'appareil vocal par rapport à sa position de repos. Le rôle de la tension musculaire affectant la langue, les parois de l'appareil vocal et la glotte, demande à être examiné de plus près.* »

Chomsky & Halle (1968 : 68-69) proposent la description suivante pour le trait de tension : « *Phonetically the difference between tense and lax sounds can best be characterized as a difference in the manner in which articulatory gestures executed. A tense sound is executed deliberately so that the organs actually attain their various target configurations; in producing a lax sound on the other hand, the gesture is executed rapidly and with reduced amplitude.* »

Le trait [tendu] fonctionne rarement seul dans une langue donnée ; plusieurs autres traits – sonorité, aspiration, durée – lui sont souvent associés. Selon Debrock (1977), l’opposition entre consonnes tendues et lâches est généralement présentée comme étant un phénomène concomitant à l’opposition entre sourdes et voisées. Dans l’hypothèse où il s’agirait effectivement d’une concomitance automatique entre deux traits pour une même opposition au sein d’une même langue, le système phonologique de cette langue – pour des raisons d’économie évidentes - n’exploitera qu’un seul trait comme étant distinctif. Il sera la marque qui permettra la distinction entre deux séries dans une corrélation de consonnes. Puisque l’aspect sourd et voisé des consonnes semble plus facile à identifier – par référence aux cordes vocales qui vibrent ou pas – et puisque, au contraire, la marque de la force d’articulation semble moins facile à identifier, il est dès lors normal que la marque de sonorité soit plus fréquemment retenue par les descriptions phonologiques.

### 1.1.1 Les corrélats du trait [tendu]<sup>1</sup>

Le corrélat principal du trait [tendu] fréquemment cité dans la littérature est la durée de la voyelle précédant la consonne ; les voyelles sont plus courtes quand elles précèdent les consonnes tendues. Pour Malécot, il s’agit là de l’indice le plus important : « *Vowels [...] are short before fortes and long before lenes* » (1966).

Nous reproduisons, ci-dessous, quelques citations de Malécot d’où il ressort en effet que l’abrègement de la voyelle est, selon lui, le corrélat acoustique le plus important : « *An important correlate of the force of articulation, at least in terminal position, is the duration of the preceding vowel.* » (1968). « *The duration of vowels immediately preceding final consonants varies inversely with the reported degree of force of articulation : the more energy the consonant is felt to require [...] the shorter the vowel.* » (1970). Ouakrim (1993), comme nous allons le voir plus bas, s’est basé principalement sur cet aspect développé par Malécot pour postuler que les géminées en berbère se distinguent des simples par le trait tendu.

Il est clair, au moins pour Malécot, que le caractère sourd-voisé doit être considéré comme une redondance de la force d’articulation. Selon Debrock (1977 : 63-64), les nombreuses études menées par Malécot sur la force d’articulation sont d’une grande valeur et ont permis de traiter de ce sujet avec beaucoup de précision. Mais, selon lui, il n’en demeure pas moins que l’auteur n’a pas étudié les cas où la marque de sonorité ne peut être réduite à une

---

<sup>1</sup> Voir Bothorel-Witz & Pétursson (1972) pour une revue de la littérature très détaillée sur cet aspect.

redondance de la force d'articulation. Il ne lui semble pas, en effet, à partir d'études connues, qu'une forte qui est normalement sourde puisse perdre ce trait sourd tout en restant forte ni que l'inverse soit possible.

Un autre ensemble de corrélats phonétiques est considéré par plusieurs chercheurs comme étant des facteurs impliqués dans la production de la force d'articulation (voir, Jakobson, Fant & Halle 1952, Fischer-Jørgensen 1968, Malécot 1970, Catford 1977, Jakobson & Waugh 1979). Jaeger (1983 : 178) a résumé ces différents facteurs :

1. *Facteurs pulmonaires* : les consonnes fortes sont produites avec une force pulmonique accrue, qui est responsable d'une pression d'air sous-glottique et orale plus importante, ainsi que d'une intensité du relâchement ou de friction et d'une aspiration plus grande ;
2. *Facteurs articulatoires* : les consonnes fortes sont produites avec une plus grande force ou pression des articulateurs et avec un relâchement soudain et rapide de l'occlusion.
3. *Facteurs de durée* : les consonnes fortes ont des durées plus longues que leurs contreparties simples.
4. *Facteurs glottaux* : les consonnes fortes tendent à être sourdes tandis que les lâches sont généralement voisées.

Ces paramètres soulèvent deux questions essentielles. La première concerne leur exhaustivité ; autrement dit, savoir si cette liste reflète d'une manière exhaustive les facteurs impliqués dans la production de l'opposition en question. La deuxième question est de savoir si ces propriétés sont réellement le reflet ou le résultat d'une dimension phonétique unifiée et indépendamment contrôlée, pour laquelle la force d'articulation serait l'explication correcte. La réponse à ces deux questions doit être affirmative pour que les termes fortes/lenis puissent avoir une substance phonétique réelle et solide (voir Jaeger 1983).

Pour Kim (1965), la force d'articulation est un trait autonome. Se basant sur des données du coréen, il a essayé de dégager les corrélats acoustiques et physiologiques de ce trait. Pour lui, en effet, la seule façon de présenter une description correcte du système consonantique coréen est d'avoir recours à la marque de la force d'articulation. Kim distingue trois séries d'occlusives sourdes en coréen : une série de fortes non aspirées, une série de lenis légèrement aspirées et une dernière série de fortes très aspirées. Le trait de force d'articulation



ou d'intensité selon Kim est primaire dans les occlusives. Il est indépendant aussi bien du voisement que de l'aspiration. Les arguments avancés pour démontrer l'autonomie de ce trait sont un ensemble de caractéristiques acoustiques et physiologiques dégagées à partir d'un ensemble d'analyses spectrographiques, aérodynamiques, palatographiques et électromyographiques. Les éléments suivants ont été dégagés :

1. Dans la représentation spectrale du burst pour les lenis, l'intensité et la distribution d'énergie sont moindres que dans les deux autres séries.
2. Le début des formants hauts de la voyelle suivant les lenis sont souvent plus faibles que dans les deux autres séries.
3. La fréquence fondamentale de la voyelle suivant les lenis est plus basse que dans les deux autres séries.
4. Les mesures de la pression d'air ont montré que l'augmentation de la pression est plus courte ou qu'il y a moins d'amplitude de pression ou les deux pour les lenis.
5. Le flux d'air est moindre après le relâchement des lenis que dans les deux autres séries.
6. Les palatogrammes ont montré une aire de contact plus petite entre la langue et le palais pendant l'occlusion des lenis.
7. L'expérience électromyographique a montré (pour les labiales) une activité musculaire moins importante pour les lenis que pour les deux autres séries.

Un dernier argument avancé par Kim en faveur du trait d'intensité est tiré d'un phénomène morpho-phonémique. Dans plusieurs expressions adverbiales, une occlusive lenis alterne souvent avec une occlusive tendue, donnant ainsi lieu à des doublets de type (1) ci-dessous (C\* = consonne tendue) :

(1)	panc*ak	« briller »	p*anc*ak	« briller intensément »
	piŋpiŋ	« autour »	p*iŋp*iŋ	« tourner rapidement »

L'expression d'intensité est rendue par les formes à droite qui contiennent justement des tendues. Pour exprimer l'aspect intense du verbe « briller » par exemple, on alterne l'occlusive lenis /p/ avec sa correspondante tendue /p\*/. Pour Kim, la différence de sens dans les cas ci-dessus correspond à une réalité phonétique qui reflète le sentiment des locuteurs natifs vis-à-vis de ces segments. Notons au passage qu'à peu près le même phénomène est

attesté en berbère aussi, où le passage de l'aoriste à l'inaccompli est souvent rendu par la gémination (intensification ?) d'un des segments de l'aoriste. Nous allons y revenir plus loin. Il y a donc pour Kim trois séries d'occlusives en coréen qu'il schématise de la manière suivante (ibid : 356)

(2)

<i>a.</i> p* t* k*			<i>b.</i> p <sup>h</sup> t <sup>h</sup> k <sup>h</sup>		
<i>c.</i> b d g			<i>d.</i> p t k		
—			+		
←			→		
Voicing lag					
(aspiration)					

— frontière phonémique

— — frontière allophonique

Cette classification expliquerait plus facilement pourquoi /p, t, k/ ont des allophones voisées : parce que /p, t, k/ s'opposent aux /p\*, t\*, k\*/ et /p<sup>h</sup>, t<sup>h</sup>, k<sup>h</sup>/ non pas en terme de voisement, mais plutôt en terme d'intensité. L'interprétation des traits responsables de l'opposition entre les formes (2) ci-dessus est source de débat entre les tenants du trait de tension et ceux qui interprètent les segments tendus de (2) plutôt comme des géménées (voir Han 1996). Le berbère comme nous allons le montrer tout au long de cette étude suscite le même débat que le coréen. L'opposition de type /t/ vs. /tt/ reflète pour certains une opposition de tension et pour d'autres une opposition entre simple et géminée.

Le trait [tendu] fonctionne rarement seul dans une langue donnée. Plusieurs autres traits – voisement, aspiration, durée – lui sont souvent associés. Dans ce qui va suivre nous allons nous intéresser aux rapports qu'entretiennent ces différents traits dans diverses langues.

### 1.1.2 Tension, aspiration, sonorité :

Le rapport qu'entretiennent ces trois traits diffère selon les auteurs. Ils sont indépendants les uns des autres selon Chomsky et Halle (1968) qui les décrivent au moyen de quatre traits :

- tense/non tense (manner of articulation)
- voiced/non voiced (source feature)
- heightened subglottal pressure (source feature)
- glottal constriction (cavity feature).

La paire tendue/non tendue se rapporte aux muscles des organes supraglottiques : « *The feature tenseness specifies the manner in which the entire articulatory gesture of a given sound is executed by the supraglottal musculature* » (1968 : 324). Leur définition de l'aspiration est de loin celle qui a fait l'objet de plus de critiques et de commentaires. Pour Chomsky et Halle, le mécanisme qui commande le trait de tension est différent de celui de l'aspiration « *The tenseness of the supraglottal muscles is evidently controlled by a different mechanism than is tenseness in the supraglottal cavities.* » (ibid : 326). Pour ces auteurs, les occlusives aspirées sont produites avec plus de pression sous-glottique que les occlusives non-aspirées. Ils définissent l'aspiration au moyen de deux traits :

<div data-bbox="223 732 651 775">+ heightened subglottal pressure</div> <div data-bbox="223 790 501 833">- glottal constriction</div>
---

Cette définition a fait l'objet de plusieurs critiques. Pour Ladefoged (1967), Chomsky et Halle ne se basent sur aucun travail de recherche expérimentale dont les résultats viendraient confirmer le lien établi entre l'aspiration et la pression sous-glottique. Plus tard, Ladefoged & Maddieson (1996) ont observé une augmentation de la pression sous-glottique dans certaines oppositions (mais pas toutes) impliquant les occlusives sourdes aspirées en igbo. Ils ont aussi observé une augmentation de la pression sous-glottique dans la formation de certaines occlusives longues en position initiale de mot en luganda, mais cette augmentation n'est pas forcément due à un effort respiratoire accru. En effet, si le volume d'air dans les poumons diminue à un rythme soutenu et que l'occlusion orale a lieu, alors la pression d'air dans les poumons va augmenter proportionnellement à la durée de l'occlusion. Cet effet selon Ladefoged & Maddieson suffit à lui seul à expliquer la force qui caractérise le burst du relâchement des occlusives longues dans cette langue. Fant (1969) critique aussi la pertinence du trait "heightened subglottal feature" : « *The statement of Chomsky and Halle that a feature of heightened subglottal feature is a necessary requirement for aspiration is not tenable.* » (ibid : 11). Comme nous allons le voir dans le chapitre (4), l'hypothèse de Chomsky et Halle (1968) va à l'encontre des observations faites par plusieurs auteurs, dont certaines très récentes (Lisker & Abramson 1971, Kim 1970, Löfqvist 1980, 1992, Hutters 1985, Jessen 1998). Ces observations tendent à prouver que l'aspiration est une fonction de l'ouverture glottale au moment du relâchement. C'est ce que nous allons démontrer pour le berbère chleuh aussi. Les différences de pression sous-glottique entre les simples et les géminées en berbère, par exemple, si elles ont lieu, peuvent être considérées comme des variantes passives

dues à des différences de degré d'ouverture glottale, plutôt que des différences actives dues à une activité pulmonaire. Cette interprétation rejoint celle d'Ohala (1974) qui a démontré que les différences de pression sous-glottique sont générées par des différences de résistance glottale (glottal impedance).

Fischer-Jørgensen (1968 : 106) rejoint Chomsky et Halle en proposant la séparation de la tension, de l'aspiration et du voisement : « *I am inclined to keep voicing, aspiration and tenseness as three separate features* ». Mais, comme Ladefoged (1967) et Fant (1969), elle conteste le rapport établi entre l'aspiration et la pression sous-glottique. Elle s'est principalement basée sur le cas du coréen pour justifier la séparation des traits de sonorité et de tension car les occlusives de cette langue ne peuvent être décrites au seul moyen de la sonorité et de l'aspiration. Jakobson, Fant & Halle (1952) et Jakobson & Halle (1963) regroupent la tension et l'aspiration sous un même trait [tendu]. Le voisement est indépendant. Jessen (1998) adopte la même analyse pour les occlusives en allemand.

Certains auteurs ont développé d'autres analyses dans le but de ramener les trois traits à un seul mécanisme de base. Lisker & Abramson (1964), par exemple, considèrent la tension, le voisement et l'aspiration comme des conséquences prévisibles des différences de rapports temporels entre les gestes glottaux et supraglottaux : « *It would seem that such features as voicing, aspiration and force of articulation are predictable consequences of differences in the relative timing of events at the glottis and at the place of articulation.* » (1964 : 422). Se basant sur un examen détaillé des occlusives de plusieurs langues, Lisker et Abramson considèrent que le VOT (Voice Onset Time) est l'indice principal qui permet de différencier les occlusives, mais cet indice n'est pas le seul : « *Glottal adjustment alone does not determine the voicing state of a stop consonant but no other factor seems to be nearly as important.* » (1972 : 368). Nous reviendrons sur le modèle de Lisker et Abramson et les différentes réactions qu'il a suscitées dans la section (4.8.2) sur l'aspiration.

Halle et Stevens (1971) soulignent eux aussi l'importance fondamentale du facteur glottal. Mais contrairement à Lisker et Abramson, ils excluent le facteur supraglottal. Pour Halle et Stevens, toutes les différences phonétiques rendues par le voisement, l'aspiration et la tension peuvent être ramenées à un seul mécanisme : les ajustements qui caractérisent les muscles du larynx et qui déterminent aussi bien la tension des cordes vocales que le degré de l'ouverture glottale. Les variations qui affectent la tension des cordes vocales et l'ouverture glottale permettent de dégager quatre traits capables de définir diverses sortes d'occlusives. Les

occlusives aspirées se distingueront des occlusives non aspirées par la valeur attribuée au trait [spread glottis] ; les occlusives non aspirées étant [-spread glottis]. L'étude de Halle et Stevens (1971) n'apporte aucune preuve que les occlusives sourdes non aspirées sont effectivement [- spread glottis]. Il semble, en effet, après examen des données sur diverses langues que nous présenterons dans la partie fibroscopique, que les sourdes non aspirées sont aussi produites avec une ouverture glottale, certes moins importante que les aspirées, mais qui n'en demeure pas moins notable, et qui les distinguent clairement de leurs contreparties sonores produites avec la glotte fermée. Il est dès lors difficilement tenable d'attribuer aussi bien aux occlusives sourdes qu'aux occlusives sonores la même valeur pour le trait [spread glottis].

Kohler (1984) ramène les trois traits de sonorité, d'aspiration et de tension (en plus de la durée) à un mécanisme de base : la force articulatoire. Les différents degrés de force articulatoire représentent, selon Kohler, la base phonétique du trait [fortis]. Les traits [voisé] et [aspiré] sont des manifestations de cette force articulatoire et ne doivent pas être considérés comme des aspects phonologiques indépendants. Kohler (1984) met l'accent sur l'importance du trait [fortis], qui n'est pas un trait abstrait, pour une description adéquate des systèmes phonologiques des langues du monde. Ce trait se manifeste phonétiquement par la force d'articulation des mouvements supraglottaux et par la tension, principalement au niveau du larynx : « *In a somewhat simplified relationship the feature [fortis] may be associated with an articulatory timing and with a laryngeal power/tension component.* » (ibid : 168). L'aspect de durée dans l'opposition fortis/lenis pour les occlusives se manifeste par un abrègement de la voyelle avec ou sans distinction de la durée de l'occlusion de l'occlusive qui suit. Elle peut aussi se manifester à travers la qualité de l'occlusion des occlusives, les lenis ayant tendance à se fricativiser voire même à se réaliser avec du voisement passif. Pour Kohler un ensemble de processus de lénition s'expliquerait facilement si on postule l'opposition [+ fortis] qui, d'un point de vue diachronique : « *... often descends on the scale of movement timing in a series of steps that progressively reduce the overall effort, but preserve the basic [+ fortis].* » (ibid : 169). Ainsi, dans le développement du danois moderne, par exemple, les étapes suivantes peuvent être établies pour les occlusives vélaires en position postvocalique :

1. [kk, k] → [k, g]
2. [k, g] → [g, γ]
3. [g, γ] → [γ, zéro]

La gémiation selon Kohler est une manifestation de la force d'articulation. L'opposition gémifiée/simple est une opposition phonologique de force d'articulation. Comme exemple, Kohler cite le cas de l'opposition gémifiée/simple en finnois. Dans cette langue, l'opposition fortis/lenis se manifeste au niveau de la durée articulatoire sans aucune opposition au niveau du larynx (le voisement de certaines occlusives intervocaliques simples est un voisement passif). Le coréen illustre le cas où l'opposition fortis/lenis se manifeste au niveau de la composante laryngienne. Cette langue, selon Kohler, oppose deux processus laryngaux pour les occlusives tendues : la tension et l'aspiration, qu'il oppose à une troisième classe de consonnes qui sont moins tendues et moins aspirées. Le berbère qui dispose de gémifiées et de simples sourdes et voisées aurait, selon l'analyse de Kohler, deux degrés de durée consonantique combinées avec deux processus glottaux. Nous allons montrer qu'en berbère chleuh, les simples et les gémifiées sont effectivement réalisées avec deux degrés de durées différents mais combinées avec plusieurs processus glottaux.

### 1.1.3 Tension et durée

Parmi les corrélats du trait tendu, on cite souvent différents types de durée, incluant la durée de la voyelle précédente, la durée de l'occlusion, la durée de l'aspiration et la durée totale de la consonne. (cf. Jakobson, Fant et Halle 1952, Jakobson & Waugh 1979, Ladefoged & Maddieson 1996, Jessen 1998). Deux exemples de langues qui ne distinguent pas les tendues des lâches en terme d'aspiration sont fournis par Jaeger (1983). Elle a montré en effet que le VOT positif n'est pas un indice suffisant pour distinguer entre les tendues et les lâches dans les deux langues zapotec et jawon. Par contre, ces deux séries de consonnes se distinguent significativement en terme de durée totale, d'ouverture glottale et probablement aussi en terme de largeur de l'occlusion (voir aussi ci-dessous le cas de rembranga rapporté par McKay 1980). McKinney (1990 : 262), à partir d'une analyse des occlusives et des affriquées des langues tyap et jju<sup>2</sup>, montre que les occlusives tendues/lâches se distinguent en terme d'aspiration : « *The acoustic feature of increased duration was found to correlate with the phonological feature fortis in Tyap and in Jju (...). This difference in noise duration results in an overall difference in consonant length, such that fortis consonants are usually longer than their lenis counterparts.* » Le fait que l'opposition tendue/lâche caractérise aussi les sonantes et les fricatives indique que la différence entre occlusives tendues et lâches est liée non pas à

---

<sup>2</sup> Ces deux langues parlées au Nigeria opposent aussi les fricatives et les sonantes tendues aux lâches correspondantes.

la durée de l'aspiration, mais plutôt à la durée totale des consonnes. Une autre remarque importante à propos de ces deux langues, est qu'elles présentent en plus des différences phonémiques de voisement. Ainsi, tyap et jju semblent employer aussi bien le trait [tendu], avec des corrélats de durée, que le trait [voisé].

La durée, selon Jakobson, Fant & Halle (1952), est le corrélat primaire du trait [tendu] : « *In consonants, tenseness is manifested primarily by the length of their sounding period, and in stops, in addition, by the greater strength of the explosion.* » (ibid : 36). Jakobson & Halle (1961) vont plus loin et considèrent la durée non seulement comme le corrélat primaire mais probablement comme le seul indice du trait [tendu] : « *The relative duration of the consonant and the antecedent phoneme may remain for certain contextual or optional variants of tense and lax consonants the chief or even the only cue to their distinction.* » (ibid : 60). Jessen (1998) va dans le même sens et propose la définition suivante pour définir les obstruantes tendues de l'allemand (fricatives incluses) : « *Obstruents with the feature specification [+ tense] are characterized by a duration that is longer relative to obstruents with the feature specification [- tense] and relative to segments occurring in the immediate context.* » (ibid : 122).

Selon Dodzasov, cité par Ladefoged & Maddieson (1996), la langue archi oppose deux types d'obstruantes : les fortes ou tendues et les faibles ou lâches. Cette opposition est aussi accompagnée par des différences de durée. Mais pour Dodzasov, cette durée n'est qu'une redondance de l'aspect tendu de ces obstruantes : « Strong phonemes are characterized by the intensiveness (tension) of the articulation. The intensity of the pronunciation leads to a natural lengthening of the duration of the sound, and that is why strong [consonants] differ from weak ones by greater length. » On retrouve cette même interprétation dans les travaux sur les tendues en berbère. Ceux pour qui l'opposition entre les simples et les gémées en berbère est rendue par la tension, expliquent en effet que leurs durées plus importantes n'est qu'une conséquence automatique de l'énergie articulatoire accrue que nécessitent leurs productions.

Slis (1971) a aussi mis en lumière le rapport entre la durée de l'occlusion et l'opposition tendu/lâche. Il a mesuré, à partir d'une expérimentation électromyographique, la durée de la fermeture des lèvres et l'activité des muscles des lèvres pendant la tenue des occlusives labiales articulées avec des degrés d'effort intuitivement perçus comme différents. Ses résultats indiquent une durée plus longue de l'occlusion parallèle à l'augmentation de la force

d'articulation. Un autre aspect de cette étude qui nous semble important à signaler est que certaines occlusives mesurées par Slis se trouvaient en position initiale absolue. Les résultats des mesures de la durée de la fermeture des lèvres montrent, pour cette position, une durée d'occlusion plus importante pour les tendues. Ce type d'expérimentation appliquée aux occlusives sourdes initiales du berbère montrera certainement que les géminées sont produites dans cette position avec une occlusion plus longue, même si elle n'est pas perceptible. Une autre manière indirecte de mesurer la durée de l'occlusion est fournie par les mesures du débit d'air oral. Nous allons dans ce travail fournir les résultats d'une expérimentation préliminaire, faite à partir des données d'un seul locuteur, où nous avons mesuré le débit d'air oral pendant la production des simples et des géminées.

#### **1.1.4 Synthèse et conclusion**

Il ressort de cette revue de la littérature que la notion de tension et les propriétés phonétiques qui lui sont associées sont loin de faire l'unanimité parmi les phonéticiens et les phonologues. Nombreux sont les chercheurs qui contestent la validité même d'un tel trait. Ceux qui l'emploient divergent quant à la caractérisation exacte des propriétés acoustiques, articulatoires et physiologiques qui lui sont attribuées. Ces divergences se reflètent dans la terminologie même employée : [tendu], [fortis], [force d'articulation], [lenis], [lâches], [long]. A notre connaissance aucun phénomène phonétique censé être le même n'a été caractérisé par autant de termes différents. Comme nous l'avons souligné plus haut plusieurs facteurs peuvent expliquer les divergences qui entourent l'emploi de ce trait. Cette divergence est tout d'abord liée à la nature même des segments analysés. Elle caractérise aussi bien les oppositions de type /t/ vs. /d/, traditionnellement définies comme une opposition de voisement, que les contrastes de type /t/ vs. /tt/ qui se distinguent en terme de durée. Un autre facteur important est que certains corrélats censés être la manifestation de la tension, sont soit contestables soit difficilement mesurables à cause notamment de la complexité des procédures expérimentales. C'est le cas notamment de l'électromyographie qui permet de mesurer la tension musculaire. Braun (1988), cité par Jessen (1998 : 119), a montré que les mesures électromyographiques n'ont pas encore permis de dégager un corrélat convaincant et consistant du trait [tendu]. Les mêmes problèmes d'ordre méthodologique s'appliquent aussi aux mesures de l'amplitude du burst (cf. Fischer-Jørgensen 1968, Lavoie 2001). Une autre source de confusion et non des moindres, est que la tension ne fonctionne presque jamais seule dans une langue donnée, et qu'elle est souvent associée à d'autres traits comme le



voisement, l'aspiration, la durée ou les trois à la fois. Il s'agit dès lors de savoir dans quelle mesure ces différents traits sont indépendants ou doivent être combinés. Lequel est une redondance de l'autre ? Si on considère la tension et la durée par exemple, on peut légitimement postuler que la durée plus longue est une conséquence d'une articulation tendue. Mais l'inverse est défendable aussi. On peut légitimement postuler que la durée plus longue d'une occlusion augmente la pression intraorale et produit par conséquent une articulation tendue. Nous allons dans ce travail essayer de déterminer laquelle de la durée ou de la tension caractérise le mieux la gémination en berbère chleuh. Notre analyse sera développée tout en gardant en mémoire la phrase de Catford (1977 : 203) : « *The terms tense/lax, strong/weak, fortis/lenis, and so on, should never be loosely and carelessly used without precise phonetic specification.* »

## **1.2 La gémiation**

Nous allons présenter dans cette partie une vue globale sur les études phonétiques sur la gémiation dans diverses langues. Nous allons traiter des études acoustiques, perceptuelles et physiologiques. La grande partie des études perceptuelles sur les gémées a été accompagnée d'analyses acoustiques. Nous allons donc traiter de ces deux dimensions dans une seule partie, la première. La deuxième partie est une présentation de quelques études sur les caractéristiques articulatoires des gémées. Dans la troisième partie, une présentation succincte d'un ensemble d'analyses fibroscopiques et photoglottographiques sur les gémées et les séquences d'obstruantes sera fournie, sachant qu'une présentation plus détaillée sera présentée plus loin. Pour finir, nous présenterons dans la section (1.3) un aperçu sur les études ayant traité de la gémiation en berbère.

### **1.2.1 Analyses acoustiques et perceptuelles.**

Une partie importante des études phonétiques sur la gémiation a pour but de déterminer les corrélats acoustiques et perceptuelles qui permettent de distinguer les obstruantes gémées de leurs contreparties simples.

Lahiri & Hankamer (1988) et Hankamer et al. (1989) ont principalement analysé les propriétés de durée des simples et des gémées dans deux langues différentes : le turc et le bengali. Seules les occlusives sourdes ont été soumises à l'analyse. L'objectif de cette étude est de déterminer l'indice acoustique principal responsable de l'opposition entre ces deux types d'occlusives et de vérifier s'il s'agit du même pour les deux langues. Pour le bengali, ils ont aussi analysé les différences qui peuvent exister entre les gémées hétéromorphémiques et tautomorphémiques. Pour le turc, en plus de la durée de l'occlusion, les mesures de la durée de la voyelle précédente et du VOT ont été effectuées. Les résultats montrent la prédominance de la durée d'occlusion comme paramètre principal de l'opposition simple/gémée. La durée des gémées est en moyenne trois fois plus longue que celle des simples. La durée de la voyelle précédente varie très peu, tandis que le VOT semble significativement différent selon la nature simple ou gémée de l'occlusive. Mais cette différence n'est pas significative pour chaque locuteur. L'étude perceptuelle menée dans cette étude auprès de 5 locuteurs natifs du turc a montré que la durée d'occlusion est un indice perceptuel très significatif pour distinguer les simples des gémées. Le VOT par contre, à lui seul, ne permet pas de différencier ces deux classes de consonnes. Pour le bengali, comme pour le turc, la durée de l'occlusion des gémées est significativement différente de celle des

simples. Les géminées sont en moyenne deux fois plus longues. La différence moyenne de la durée de la voyelle précédente est significative ( $p = 0.002$ ), même si, comme pour le VOT en turc, elle ne l'est pas pour chaque locuteur. Par contre aucune différence significative n'a été observée pour le VOT. La comparaison entre les géminées tautomorphémiques et hétéromorphémiques n'a montré aucune différence acoustique dans aucun des aspects mesurés (durée de l'occlusion, durée de la voyelle précédente, VOT).

McKay (1980) a mené une étude spectrographique pour déterminer la légitimité d'interpréter l'opposition des occlusives en rembarnga (langue nord-australienne) comme étant une opposition entre géminées et simples plutôt qu'entre sourdes ou fortis et voisés ou lenis. La comparaison des durées d'occlusion pour les simples et les géminées montre clairement que les occlusives géminées sont largement plus longues que les simples. En plus de la durée de l'occlusion, McKay a aussi observé une variation en terme de durée des voyelles précédant les occlusives ; les voyelles sont plus courtes devant les géminées que devant les simples. Cette différence n'est cependant pas très significative. Les spectrogrammes montrent aussi que les géminées se caractérisent par un burst saillant au moment du relâchement. Ces caractéristiques selon McKay peuvent être considérées comme indicateurs d'une articulation forte. Les langues nord australiennes reflètent particulièrement bien le cas que nous traitons dans la partie précédente, notamment la difficulté d'interprétation des oppositions entre différentes séries d'occlusives : s'agit-il de géminées/simples ou de tendues/lâches ou plus simplement d'une opposition de voisement ? Ces trois analyses différentes ont été tour à tour adoptées concernant la caractérisation des occlusives des langues nord-australiennes (voir Baker 1999) :

- a. Une opposition être sourdes et voisées (e.g. Glasgow 1981) :
- a. Une opposition entre fortis et lenis. (e.g. Heath 1978, Merlan 1983)
- b. Une opposition de gémination (e.g. McKay 1975, 1980) ou de durée (e.g. Evans 1991; Green 1995)

Miller (1987) a analysé les caractéristiques de durée des simples et des géminées alvéolaires [d, t, T] en se basant sur l'enregistrement d'un seul locuteur palestinien. Il a aussi procédé à l'analyse des géminées hétéromorphémiques et tautomorphémiques. Les résultats montrent une différence de durée importante entre les simples et les géminées, que ça soit en position médiane (1:2.5 et 1:2.75) ou en position finale (1:1.75 et 1:2). Ces résultats rejoignent ceux d'Al-Ani (1970) et Kuriyagawa (1983) sur d'autres variétés de l'arabe. Comme pour le

bengali, aucune différence significative n'a été observée entre les géménées tautomorphémiques et hétéromorphémiques.

Ham (1998) a procédé à une analyse acoustique de la gémmination dans quatre langues différentes : l'arabe levantin, le hongrois standard, le madourais et le bernois. La conclusion principale de cette étude est l'affirmation que ni la durée du VOT positif, ni la durée du burst ne contribuent acoustiquement à l'opposition simple vs. gémnée dans ces langues-là. Le seul indice acoustique qui permet de distinguer les simples des gémnées est la durée de l'occlusion. Cette observation à partir de quatre langues typologiquement différentes rejoint les observations de Lahiri & Hankamer (1988) et Hankamer et al. (1989) sur le turc et le bengali.

L'argument selon lequel la durée ne serait pas le corrélat phonétique principal de l'opposition simple/gémnée trouve des échos dans la littérature phonétique. Les analyses acoustiques des gémnées impliquent fréquemment la durée mais un nombre important d'autres corrélats phonétiques a été signalé incluant l'amplitude du burst, la fréquence fondamentale et la qualité des voyelles adjacentes. L'argument selon lequel la force articulatoire des segments joue aussi un rôle n'est pas à exclure non plus. Cohn et al. (1999), par exemple, décrivent un cas similaire dans une langue indonésienne : le toba batak. L'investigation de la nature phonétique des gémnées montre donc qu'il serait plutôt trompeur de se focaliser sur un seul corrélat à l'exclusion des autres. Il est donc fortement recommandé de considérer différentes propriétés acoustiques qui peuvent se combiner pour indiquer une opposition. Les travaux de Local et Simpson vont dans ce sens. Les résultats de leurs travaux de 1988 et 1999 indiquent que les corrélats phonétiques de la gémmination ne sont pas confinés à un seul point de la forme (le segment cible) mais impliquent plutôt des effets sur un domaine plus large. Local et Simpson (1988) ont examiné les paires transitive/intransitive des verbes qui s'opposent par la gémmination, comme dans la paire donnée en (4). Les données examinées sont de la langue malayalam :

- (4)    aaɽi    « balancer, intr »                      aaɽɽi    « balancer, tran. »

Les deux séries de consonnes s'opposent entre elles en terme de durée et du voisement, les simples étant voisées et les gémnées sourdes mais aussi en terme de degré d'occlusion, les gémnées étant caractérisées par une occlusion complète. Mais Local et Simpson postulent que l'opposition va au-delà de ces consonnes et implique : « A complex combination of

temporal, articulatory and phonatory features extending over a number of syllables. » (1999 : 595). Ils ont aussi observé des effets similaires dans des paires contenant des sonantes intervocaliques qui s'opposent par la gémiation. En plus des variations de durée, qui affectent non seulement les sonantes mais aussi les voyelles adjacentes, ils ont trouvé des différences dans les résonances consonantiques et la qualité des voyelles adjacentes. Même si plusieurs théories phonologiques actuelles semblent ignorer ce type d'analyse phonétique, un ensemble de travaux phonologiques anciens militaient pour un concept et une analyse globale de la gémiation. Certains de ces travaux définissent la gémiation, avec des propriétés phonétiques qui peuvent aller au-delà du segment en question, comme une « prosodie », par opposition à « la prosodie des non géménées ». Palmer (1957), par exemple, à partir de l'analyse des géménées en Tigrinya, définit la gémiation comme « a prosody of the entire word » avec des propriétés phonétiques incluant la durée consonantique, l'intensité et la position de l'articulation ainsi que la qualité vocalique. Des effets de longues portées similaires à ceux observés par Local & Simpson et Palmer ont été observés par Keane (2001) pour le Tamil aussi.

Arvaniti & Tserdanelis (2000, 2001) et Arvantini (2001) ont examiné les corrélats acoustiques des consonnes géménées en grecque chypriote. Plusieurs mesures ont été effectuées incluant la durée des consonnes simples et géménées, la durée de la voyelle précédente, l'amplitude RMS des géménées ainsi que les différences spectrales des voyelles précédant et suivant les géménées (plus particulièrement le F1 et le F2 de ces voyelles). Les résultats indiquent que la durée est le corrélat le plus robuste et le plus consistant permettant de distinguer les simples des géménées. Aucune différence en terme d'amplitude n'a été relevée entre les simples et les géménées. La gémiation n'affecte pas non plus ni la durée de la voyelle précédente ni la qualité des voyelles précédant ou suivant la consonne géminée. Cohn et al. (1999) ont analysé les caractéristiques de durée dans les oppositions simples-géménées dans trois langues indonésiennes : le bougi, le madourais et le tobaatak. Les géménées se caractérisent par une durée plus longue que les simples. Le VOT ne contribue pas à la distinction de longueur dans les trois langues. Dans les trois langues par contre, la voyelle précédant les géménées a une durée clairement plus brève que devant une simple. Une dernière observation qui mérite d'être soulignée concerne le voisement des géménées occlusives qui se maintient durant toute la durée de l'occlusion. Ceci semble surprenant vu la difficulté aérodynamique à maintenir le voisement pendant une occlusion orale maintenue longtemps (Ohala 1983). Nous allons revenir sur ce sujet lors de l'analyse des géménées voisées en berbère.

Hassan (2002) a procédé à une étude acoustique comparative des simples et des géminées en arabe (irakien) et en suédois (standard). Les segments analysés sont : /t - tt/, /d - dd/, /q - qq/, /l - ll/ et /m - mm/ pour l'arabe et /t - tt/, /b - bb/, /d - dd/, /s - ss/, /l - ll/, /m - mm/ et /r - rr/ pour le suédois. L'entourage vocalique est composé de la voyelle /a/ pour l'arabe et les voyelles /i/, /e/, /o/ et /a/ pour le suédois. Les résultats obtenus indiquent, dans les deux langues, une durée plus importante pour les géminées que pour les simples. Aussi, la durée des voyelles précédant les simples en suédois est nettement plus longue que celle des voyelles précédant les géminées avec une différence moyenne de 143 ms. La différence de durée des voyelles en arabe, par contre, n'est pas significative. Ces résultats appellent quelques remarques, concernant principalement le système vocalique dans les deux langues. Le système vocalique suédois, traditionnellement considéré comme un système à 9 voyelles, oppose les longues aux brèves. Les voyelles longues sont attestées devant les consonnes simples et les brèves devant les géminées ou les séquences de deux consonnes successives. Des études récentes indiquent que la durée est le paramètre de base qui distingue les deux séries de voyelles, même si des différences de qualité ne sont pas à exclure. Les analyses divergent quant au statut phonologique de la gémination et de la longueur vocalique. Est-ce la gémination consonantique ou plutôt la longueur vocalique qui joue le rôle distinctif dans des formes comme /lo:sa/ vs. /lossa/, par exemple ? Le cas de l'arabe est différent. Cette langue oppose aussi les voyelles brèves aux voyelles longues, mais contrairement au suédois, ces deux séries de voyelles sont attestées aussi bien devant une simple que devant une géminée, e.g. /ʕadad/ vs. /ʕaddad/. L'abrègement de la voyelle en arabe peut être considéré comme une conséquence de la nature articulaire de la gémination consonantique, donc comme une redondance. Le suédois, par contre, maintient les différences de durée vocalique pour des raisons phonologiques, la durée de la voyelle jouant un rôle distinctif.

D'autres indices acoustiques autres que la durée peuvent apparemment jouer un rôle dans la distinction des oppositions traditionnellement traitées comme longues ou géminées vs. simples ou non-géminées. Lisker (1958), cité par Keane (2001), a montré que les différences de durée sont combinées avec des différences de voisement et de tension pour les occlusives du tamoul. Cette opposition est traitée traditionnellement et orthographiquement comme une opposition entre simples et géminées. Abramson (1987) a trouvé que les locuteurs du pattani malais peuvent distinguer les simples des géminées occlusives sourdes en position initiale absolue, alors même que les différences de durée d'occlusion ne sont pas perceptibles.

dans cette position. Ces observations indiquent que pour toute opposition consonantique impliquant la durée, même dans le cas où l'indice de durée est attesté comme le plus important, un doute subsiste quant à la présence et à la valeur relative d'autres propriétés acoustiques comme indices supplémentaires, voire uniques comme pour les occlusives initiales du pattani malais. Pour déterminer la nature de ces indices, la plupart des auteurs adopte la méthode développée par Lisker (1957) pour l'étude des indices de durée dans l'opposition voisées-sourdes et utilisée par la suite par Elugbe & Hombert (1975) dans une étude sur l'opposition fortis-lenis des nasales en ghuotuo et Lisker (1958), Abramson (1987, 1999) et plusieurs autres auteurs dans des études sur les durées consonantiques. L'idée de base est de créer artificiellement deux ensembles de stimuli avec une durée d'occlusion qui varie entre celle d'une simple et celle d'une gémisée. Un premier ensemble est créé en augmentant par étapes de 10 ou 20 ms la durée de la simple originale jusqu'à atteindre la durée d'une gémisée. L'autre ensemble est créé en réduisant la durée de la gémisée originale de la même manière jusqu'à atteindre la durée d'une simple. Les sujets sont ensuite invités à identifier les stimuli. La comparaison des courbes correspondant aux résultats des réponses (le pourcentage des réponses gémisées-non gémisées pour chaque durée pour les deux ensembles de stimuli) est censée révéler la présence d'indices secondaires qui affectent l'identification des stimuli. Lisker (1958) a employé cette méthode en manipulant la paire marathi : matə # mattə. Il a augmenté la durée de l'occlusion de la dentale /t/ par étapes de 20 ms. Il a fait l'inverse pour /tt/ de mattə, créant ainsi deux groupes de stimuli artificiels. L'auteur a fait écouter les deux ensembles à un locuteur marathi. Le sujet a identifié les stimuli avec une occlusion qui va jusqu'à 120 ms (incluse) comme matə et ceux de 160 ms et plus comme mattə. Pour les deux stimuli à 140 ms, le locuteur a identifié celui qui a été créé à partir de matə comme matə et celui qui a été créé à partir de mattə comme mattə. Lisker (1958 : 301) en conclut : « *Whatever the difference between the two words other than the one of closure duration, they produce only about a 20 msec shift in the boundary value between t and tt.* » Cette conclusion confirme que l'indice principal est la durée et que tout autre indice n'aura qu'un effet secondaire.

Hankamer et al. (1989), ont utilisé plusieurs stimuli comme bases de leurs tests dans les deux langues qu'ils ont analysées : le turc et le bengali. Ils ont ainsi construit des stimuli en utilisant six paires minimales du bengali et sept du turc. Les paires du bengali contiennent des

géménées tautomorphémiques tandis que les géménées turcs sont dérivées par concaténation. Seules les occlusives coronales ont été analysées (dentales et rétroflexes pour le bengali et dentales pour le turc). L'expérience menée par Hankamer et al. montre que les locuteurs des deux langues se servent d'indices secondaires quand l'indice de la durée d'occlusion est dans une région ambiguë (située entre 120 et 160 ms). Ce résultat correspond à celui de Lisker mentionné ci-dessus. L'examen des propriétés des stimuli (VOT, durée de la voyelle précédente, amplitude) n'a révélé aucun trait qui peut systématiquement fournir cet indice secondaire. « *Possibly the bias is due to a combination of cues, each by itself too subtle for our measurements to detect* », concluent Hankamer et al. (ibid : 296). L'intérêt de ce travail réside dans l'importance des données analysées (144 stimuli pour le bengali et 168 pour le turc) ainsi que dans les analyses des différents corrélats (VOT, etc.) qui peuvent servir d'indices secondaires. L'incapacité à isoler un indice pour les deux langues peut effectivement être considérée comme un résultat négatif. Mais au-delà de cette déception, il ressort de cette étude un aspect important et commun à plusieurs langues. Seule la durée de l'occlusion, parmi les différents corrélats qui ont été analysés, sert comme indice suffisamment puissant pour distinguer les simples des géménées et ceci pour tous les sujets, toutes les paires minimales et dans les deux langues. Un autre aspect important de ces résultats est que la région ambiguë (120 – 140 ms) où, semble-t-il, les sujets se servent d'autres indices secondaires, est une région où aucune occlusive naturelle n'est attestée, qu'elle soit simple ou géminée.

Le pattani malais présente un cas assez rare. L'opposition simple-géminée est attestée en position initiale absolue aussi. Comme nous allons le voir, ce cas existe en berbère chleuh aussi. L'indice perceptuel dominant, comme pour le turc, le bengali et le marathi, est la durée d'occlusion (Abramson, 1986). Mais cet indice-là ne peut s'appliquer aux occlusives sourdes en position initiale absolue, puisque la durée d'occlusion n'est pas perceptible dans cette position. Pourtant, selon Abramson, les locuteurs natifs du pattani malais identifient parfaitement de tels mots. Cela implique donc que ces locuteurs utilisent des indices autres que la durée de l'occlusion. Abramson (1991, 1999) a mené plusieurs expériences pour déterminer la nature de ces indices. Les mesures qu'il a effectuées (1987, 1999) sur des mots disyllabiques révèlent des différences significatives entre les formes commençant par une géminée et celles commençant par une simple en termes d'amplitude du burst et de la fréquence du fondamental. Pour tester la validité de ces deux facteurs, Abramson a commencé par tester l'impact de chaque indice à la fois. Ainsi Abramson (1991) a examiné la validation



de l'indice de l'amplitude du burst. Le résultat montre que cet indice, en l'absence du paramètre de la durée d'occlusion, n'est pas suffisant pour permettre aux locuteurs de distinguer les simples des géminées. Abramson (1999) a examiné la deuxième propriété, à savoir la fréquence du fondamental (F0). Là aussi, le F0 à lui seul n'est pas un indice suffisamment puissant pour permettre la distinction des simples des géminées. Comme pour Hankamer et al. (1989), Abramson ne peut que constater la difficulté de la tâche : « We have still not reached the goal of explaining how isolated words beginning with voiceless stops are so well identified as to length category. » (ibid : 125). En l'absence de résultats positifs, Abramson propose pour les prochains tests de combiner les deux facteurs, amplitude du burst et F0 et même d'inclure les autres propriétés qu'il a pu dégager dans Abramson (1998). A notre avis, cela risque de créer des stimuli trop complexes, dont l'interprétation des résultats serait difficile à dégager. A vouloir absolument isoler un autre indice autre que la durée risque de faire perdre de vue la seule réalité incontestable : les simples se distinguent des géminées principalement en terme de durée. L'incapacité de tous les auteurs cités ci-dessus à isoler un autre indice autre que la durée est très significative. Selon l'hypothèse que nous défendons dans ce travail, les autres corrélats acoustiques des géminées, dans les cas où ils sont attestés, sont soit des conséquences de cette durée soit concomitants à la durée. Pour le cas des occlusives sourdes, rien ne semble exclure la présence de la durée comme corrélat acoustique. L'incapacité à la percevoir ne veut pas dire qu'elle n'est pas là.

### **1.2.2 Analyses articulatoires**

Les études articulatoires sur la gémination étaient principalement concernées par le fait de savoir si la production des géminées implique une ré-articulation de la consonne ou pas. Cette question a été soulevée et débattue pendant plus d'un siècle. L'indice de la ré-articulation était considéré comme indice principal qui permet de distinguer les géminées des consonnes longues. Deux points de vue s'affrontent. Selon l'un les géminées se distinguent des longues par la ré-articulation de la consonne, qui consiste donc en deux phases, la première occupe la position finale de la syllabe et la deuxième l'attaque de la syllabe suivante. L'autre point de vue exclut l'existence de deux phases articulatoires et ne voit aucune différence entre les longues et les géminées.

Sievers (1876)<sup>3</sup> est apparemment le premier à avoir proposé l'aspect ré-articulé des géminées en se basant sur la perception auditive et kinesthésique. Rousselot (1891) rejette cette analyse et démontre à l'aide d'une analyse par kymographie que les consonnes géminées d'un dialecte gallo-roman ne sont pas doublement articulées. Stetson (1951) a analysé des géminées hétéromorphémiques de l'anglais et a mis en évidence une double articulation lors de la production des géminées /p+p/. Les courbes correspondant à la pression intraorale indiquent clairement deux maxima pour les labiales géminées. Hegedüs (1959) à partir des mesures acoustiques d'intensité pour les simples et les géminées tautomorphémiques n'a trouvé aucun indice qui peut prouver la ré-articulation des géminées. Delattre (1971) a analysé les corrélats acoustiques et articulatoires de la gémination consonantique dans quatre langues : l'italien, l'anglais, le français et l'espagnol. Le corpus analysé par Delattre contient aussi bien des géminées tautomorphémiques qu'hétéromorphémiques. Les formes anglaises contiennent par exemple, entre autres formes, le triplet suivant « *it will end* », « *it will lend* » et « *we lend* ». Dans les quatre langues, c'est la durée de la consonne qui contribue le plus à la gémination. Il y a cependant d'autres facteurs tels que l'intensité et la tension des cordes vocales, qui y contribuent. Delattre a aussi utilisé la méthode de la cinéradiographie qui permet l'observation des mouvements articulatoires par rayons X. Il a démontré que les géminées nécessitent deux phases articulatoires, la première contient les traits d'une consonne finale et la deuxième les traits d'une consonne initiale. La cinéradiographie a permis aussi de détecter des mouvements anticipatoires ; la première phase se caractérise par une anticipation consonantique (la deuxième partie de la géminée) et la deuxième par une anticipation de la voyelle suivante. La pression de la langue est aussi différente selon les deux phases, en étant plus faible lors de la première phase de l'articulation. Les mesures d'intensité effectuées par Delattre à partir des spectrogrammes montrent que la variation d'intensité joue un rôle important dans la distinction des simples et des géminées. Mais la durée reste l'indice le plus important dans le fonctionnement linguistique de ces consonnes. Delattre a aussi procédé à des analyses perceptuelles qui confirment la prédominance de la durée comme indice principal dans la perception des géminées.

Les résultats contradictoires que nous venons de citer peuvent probablement être attribués à la nature des données analysées d'une part par Stetson et Delattre et d'autre part par Hegedüs. Hegedüs a analysé des consonnes tautomorphémiques tandis que les deux autres auteurs ont analysé des géminées séparées par une frontière de mot. Il serait donc intéressant d'étudier les

---

<sup>3</sup> Sievers (1876), Rousselot (1891), Stetson (1951) et Hegedüs (1959), dont nous traitons dans ce paragraphe, sont cités par Lehiste et al. (1973).

deux types dans le cadre d'une même langue. C'est la tâche que s'est fixée Lehiste et al. (1973), à partir d'une étude électromyographique sur des données de l'estonien et de l'anglais. En plus de l'opportunité qu'offre l'électromyographie pour déterminer clairement si les géminées impliquent une ré-articulation ou pas, la langue estonienne offre d'une part la possibilité de comparer les géminées tautomorphémiques et les géminées hétéromorphémiques et d'autre part de comparer les géminées aux super-géminées, puisque cette langue présente apparemment un système à trois degrés de longueur consonantique. Lehiste et al. (1973) ont analysé entre autres formes le quadruplet estonien suivant :

(5)      *taba*                  *tapa*                  *tappa*                  *lapp peal*

Les consonnes labiales de ce quadruplet sont toutes des occlusives sourdes. /b/ est une labiale simple sourde, /p/ une géminée courte et /pp/ une géminée longue. Des enregistrements électromyographiques associés à l'occlusion labiale et des mesures de pression d'air intraorale ont été effectuées. Les données de l'estonien montrent que la durée de l'occlusion différencie clairement entre les simples, les géminées et les super-géminées. Les durées électromyographiques permettent de distinguer entre les géminées et les super-géminées (géminées courtes et géminées longues). Le nombre de sommets sur les courbes électromyographiques (sommets *emg*) permet aussi de distinguer entre les géminées et les super-géminées ainsi qu'entre les simples et les géminées. Concernant l'opposition superlongues et géminées hétéromorphémiques, la différence semble peu significative. Dans la paire *tappa* vs. *lapp peal*, seule l'amplitude du sommet *emg* semble différencier les deux formes mais cela est probablement dû au fait que la deuxième syllabe de *tappa* n'est pas accentuée tandis que le deuxième mot de *lapp peal* l'est.

La différence entre les géminées courtes et les géminées longues est clairement établie. Elle se manifeste, en plus de la durée, par le nombre de sommets *emg* sur les courbes électromyographiques. Concernant l'aspect réarticulé des géminées, l'étude de Lehiste et al. apporte des observations qui confirment la double articulation lors de la production des géminées en estonien (courtes, longues ainsi que la séquence CC+C). Mais contrairement aux observations faites par Delattre, les géminées en anglais ne sont pas réalisées avec une double articulation.

### 1.2.3 Analyses fibroscopiques et photoglottographiques

Il y a très peu d'études sur les ajustements glottaux durant la production des géminées. Certaines études traitent néanmoins de cet aspect mais les données analysées sont assez limitées. Les études que nous avons pu consulter traitent plus souvent des géminées

hétéromorphémiques dans le cadre plus global de l'analyse des séquences d'obstruantes successives. L'objet principal de ces analyses est de déterminer le nombre de gestes d'ouverture glottale pendant la réalisation des géménées ou des séquences d'obstruantes sourdes, la vitesse de l'ouverture et de la fermeture de la glotte, le degré maximal de l'ouverture glottale ainsi que le rapport temporel entre les articulations glottales et supraglottales. Nous présenterons, ci-dessous, un aperçu très succinct sur les études qui ont traité aussi bien des géménées tautomorphémiques, hétéromorphémiques que des séquences d'obstruantes sourdes. Nous allons avoir l'occasion de traiter de ces sujets avec plus de détail tout au long de ce travail.

A partir de l'enregistrement de 4 sujets japonais, Sawashima & Niimi (1974) rapportent que le geste d'ouverture glottale pendant les géménées tautomorphémiques présente souvent une seule courbe avec un seul sommet d'ouverture glottale. Yoshioka et al. (1981) ont examiné les gestes d'ouverture glottale dans diverses séquences d'obstruantes sourdes (dont des géménées hétéromorphémiques) en combinant les techniques de l'électromyographie, de la photoglottographie et de la fibroscopie. Les résultats obtenus montrent que les gestes d'ouverture glottale se caractérisent par un, deux ou plus de deux sommets d'ouverture selon la nature phonétique des segments ; chaque obstruante ou géminée sourde accompagnée d'aspiration ou de bruit de friction requiert un sommet séparé d'ouverture glottale. La géminée /s#s/ se caractérise par une vitesse plus lente de sa phase fermante. L'ouverture glottale pendant la géminée atteint son maximum aussi rapidement que pendant une simple, mais la largeur de l'ouverture diminue plus lentement jusqu'à la fin de la friction prolongée. Le signal acoustique indique que la géminée /s#s/ est produite avec un bruit de friction prolongée et continue. Concernant les différents types de la vélaire /k/, le signal acoustique indique que la géminée se réalise avec une occlusion orale plus longue suivie d'un degré d'aspiration semblable à celui d'une occlusive simple aspirée. La courbe correspondant à l'ouverture glottale pour la géminée /k#k/ se caractérise par un seul geste glottal semblable à celui de l'aspirée initiale [k], même si une frontière de mot sépare les deux parties de la géminée. L'ouverture de la glotte atteint son maximum pendant la période de l'aspiration pour l'occlusive simple. Pour la géminée, l'ouverture maximale est atteinte juste avant ou pendant le relâchement. D'un autre côté le /k/ non aspiré final présente une configuration totalement différente. Les figures glottographiques montrent en effet que ce segment se réalise avec une ouverture glottale très réduite, probablement à cause de la glottalisation dans cette position. Pour Yoshioka et al., ces différents résultats et observations sont en corrélation avec les

impératifs aérodynamiques nécessaires pour la production des obstruantes : une glotte largement ouverte pendant la tenue de ces segments est indispensable pour le flux d'air qui fournit la source d'aspiration et du bruit de friction. (e.g. Stevens, 1971).

Un autre travail ayant traité des géminées a été fourni par Benguerrel et al. (1978). Cette étude a examiné entre autres les ajustements glottaux pendant la production des occlusives et fricatives du français à partir d'un corpus réalisé par deux locuteurs. L'étude fournit une analyse acoustique, fibroscopique et électromyographique en examinant plus particulièrement les dimensions suivantes : voisé vs. sourde, accentué vs. non accentué, position initiale vs. position finale et simple vs. géminée. Les géminées examinées par Benguerrel et al. sont des géminées séparées par des frontières de mot, puisque, hormis quelques exceptions, le français n'oppose pas les simples aux géminées à l'intérieur du mot. Benguerrel et al. ont analysé, entre autres, le quadruplet suivant :

(6) terrible c'est éristique c'est terrible sept terrines

Concernant l'opposition simple vs. géminées, les observations de Benguerrel et al. font état d'une différence assez nette en terme de degré de l'ouverture de la glotte. Les géminées se réalisent avec une glotte plus ouverte que les simples. L'ouverture maximale de la glotte pendant l'occlusion orale des occlusives sourdes simples est une fonction de la durée de l'ouverture glottale ( et de la durée de l'occlusion orale qui est concomitante). Autrement dit, plus la durée entre l'initiation du geste d'abduction et la fin du geste d'adduction est longue, plus la largeur maximale atteinte sera grande. Pour les géminées par contre, l'ouverture maximale atteinte n'est pas liée, selon les auteurs, à la durée de l'ouverture glottale ou de l'occlusion orale. « *Up to an upper bound, the peak width reached during the abduction gesture appears to be a function of duration [...] Once the upper bound is reached, no further abduction is possible and separation of the folds is maintained until the adduction is initiated.* » Ils ajoutent : « *The duration of geminated consonants [...] is such that in almost all instances, glottal width reaches its upper bound ; thus, in this case, the maximum width reached during the glottal gesture is not a function of time.* » (ibid : 181).

Cette affirmation soulève deux questions importantes. Comment peut-on définir et délimiter cet « upper bound » ? Si la durée n'est pas responsable du degré d'ouverture glottale atteint pendant la tenue des géminées, à quoi d'autres l'attribuer ? Benguerrel et al. n'ont donné aucune réponse à aucune de ces deux questions. Nous allons revenir sur ces conclusions dans la section (4.8.1).

### 1.2.4 Synthèse et conclusion.

Nous allons fournir ci-dessous une synthèse des études acoustiques. Nous allons revenir sur les analyses fibroscopiques et photoglottographiques dans les chapitres (3) et (4). L'aspect principal qui ressort de la revue de la littérature acoustique est que la durée (de l'occlusion pour les occlusives) est le paramètre principal qui permet de distinguer les simples des géminées. Nous reproduisons ci-dessous, sous forme de tableau, les divers corrélats acoustiques examinés pour diverses langues.

	<i>Durée de la voyelle</i>	<i>Durée (de l'occlusion)</i>	<i>VOT</i>	<i>Qualité burst</i>	<i>Qualité voyelles</i>	<i>Amplitude du burst</i>	<i>Le F0</i>	<i>Qualité occlusion</i>
turc	-	++	+					
bengali	+	++	-					
rembranga	+	++		+				+
palestinien		++						
levantin		++	-	-				
hongrois		++	-	-				
madourais	++	++	-	-				
bernois		++	-	-				
toba batak	++	++	-					+
malayalam	+	++			+			+
grec	-	++			-	-		
bougi	++	++	-					
irakien	-	++						
suédois	++	++						
tamil		++				-		
malais		++				+	+	
marathi		++						
italien	+	++	-	-	-	-		
ngalakgan		++	-					
gunwinyguan		++	-					
burarran		++	-					
zapotec		++	-			+		+
jawon		++	-					+
chypriote	-	++	++		-	-		+
japonais	+	++	-					
norvégien	++	+			-	-		
finnois	-	++						

*Tableau 1.1 Récapitulatif des corrélats acoustiques de la gémination tels qu'ils sont employés par diverses langues.*

Tous ces corrélats n'ont pas été analysés dans ces langues comme l'indiquent les cases vides. Le signe (-) sur le point d'intersection de la propriété phonétique et de la langue indique que ce corrélat n'est pas significatif. Le signe (+) indique que la langue emploie le corrélat d'une manière peu significative, avec des variations selon les locuteurs, ou perceptuellement moins déterminant. (++) indique que le corrélat est très significatif. Sur les 27 langues que compte ce tableau, 100 % opposent les géminées aux simples par la durée (d'occlusion pour les occlusives). L'abrègement très significatif de la voyelle ne concerne que cinq langues, dont le suédois et le norvégien, qui ont une opposition phonémique entre voyelles longues et voyelles courtes. Quatre autres langues abrègent les voyelles précédentes, mais avec des variations intralocuteurs. Seuls le chypriote et, dans une moindre mesure, le turc, opposent les deux séries d'occlusives en terme de VOT.

Les autres propriétés acoustiques n'ont que très rarement été analysées. En effet, les analyses sur la gémination se focalisent beaucoup plus sur des critères temporels quantitatifs en laissant de côté les caractéristiques qualitatives. C'est ce qui explique le nombre de cases vides dans le tableau (1.1). Dans les six langues où la qualité de l'occlusion a été mesurée, des différences ont été observées entre les simples et les géminées. Les simples étant parfois réalisées avec une occlusion imparfaite ou incomplète. La gémination semble aussi affecter l'amplitude du burst et le F0 de la voyelle qui suit. C'est le cas notamment en pattani malais. En malayalam, ce sont principalement les qualités de l'occlusion et des voyelles adjacentes qui sont affectées par la gémination. Notez qu'aucun de ces corrélats non temporels n'est très significatif dans aucune des langues. Une autre remarque importante est que l'amplitude du burst et la qualité du burst, censées refléter des différences d'énergie articulatoire, ne permettent pas de distinguer les simples des géminées dans plusieurs langues. C'est le cas notamment pour l'italien, le chypriote, le grec et le norvégien.

### 1.3 Le cas du berbère.

Dans la littérature phonétique et phonologique berbère, apparaît bien souvent une confusion entre les concepts de la gémination, de la tension et de la longueur consonantique. Les trois concepts sont définis indistinctement par la même terminologie (fortes, doubles, tendues, géminées, longues, etc.) et phonétiquement représentés par les mêmes diacritiques : /c:/ ou /cc/, voire /c\*/. Les études berbères qui ont traité de ce sujet ont essayé de répondre à deux questions :

1. Une géminée comporte-t-elle un ou deux segments ?
2. Quels sont les corrélats phonétiques de l'opposition entre simples et géminées ?

Basset (1952) emploie la terminologie « longues » vs. « brèves » pour désigner respectivement les consonnes géminées et non géminées du berbère. Galand (1953), rejetant la notion de géminées et n'admettant qu'à moitié les consonnes longues, posait la question suivante : « Qui sait si la tension ne joue pas le rôle principal ? » L'étude palatographique réalisée par Mitchell (1957) sur le parler berbère de Zouara (Libye) mettant en évidence le corrélat tendu des géminées, conforte Galand dans sa position, et postule désormais qu'en berbère le trait distinctif en cause est la tension. Chaker (1975), à partir de données acoustiques du kabyle, conclut que c'est la durée et non l'intensité, qui est le principal corrélat acoustique qui assure la distinction entre consonnes « tendues » et « non-tendues ». Mais il ajoute : « Il serait prématuré de dénier tout rôle à la tension musculaire et de revenir pour le kabyle, purement et simplement à la terminologie 'longue' / 'brève' » Ouakrim (1994), à partir des données acoustiques du parler chleuh de Haha, conclut à la pertinence du trait de tension. Selon son analyse, la gémination et la tension consonantique sont deux phénomènes complètement différents ; les géminées désignent une suite de deux consonnes identiques séparées par une frontière morphologique alors que les tendues désignent une unité phonétique indivisible. Saïb (1977), Guerssel (1977) et Dell et Elmedlaoui (1997a-b, 2002) utilisent aussi bien les termes géminées/simples que longues/brèves pour désigner la même opposition consonantique.

Nous allons revenir avec plus de détails sur les différents arguments employés par les uns et les autres pour justifier l'emploi de telle ou telle terminologie. Deux aspects importants doivent d'ores et déjà être mis en évidence. Premièrement, la confusion évidente dans l'emploi des termes n'est pas propre au domaine berbère. Comme nous l'avons montré plus haut, la confusion est en grande partie inhérente à la terminologie même qui sert à distinguer



les oppositions en question. La deuxième remarque concerne l'intérêt apparemment inégal que porte les berbérissants aux corrélats phonétiques de l'opposition entre simples et géminées. Comme nous venons de le signaler Saïb (1977), Guerssel (1977) et Dell et Elmedlaoui (1997a-b, 2002) emploient différents termes d'une manière indifférente pour désigner cette opposition. A l'inverse, Galand, Chaker et Ouakrim, par exemple, ont examiné les corrélats de cette opposition avec plus d'attention. Cette différence d'intérêt s'explique en grande partie par les approches différentes adoptées par les uns et les autres. Les tenants de l'approche positionnelle, à l'image de Dell et Elmedlaoui, considèrent que la différence entre une ou deux positions suffit à distinguer les simples des géminées au regard des processus phonologiques. Les tenants de l'approche non positionnelle postulent que la différence entre simples et géminées consiste en un trait distinctif. Il est donc tout à fait logique de chercher à déterminer et à définir ce trait (cf. Dell et Elmedlaoui 1997b).

### **1.3.1 Quel corrélat phonétique ?**

Nous avons montré que les termes « tendus » ou « fortes » ont été utilisés de manières diverses à propos de systèmes consonantiques différents et dont les caractéristiques phonétiques sont loin de faire l'unanimité. Les berbérissants qui emploient ce terme pour définir la gémination en berbère l'emploie généralement pour désigner une force ou une énergie articulatoire accrue. Les corrélats acoustiques et articulatoires du trait tendu sont d'une part la durée : (Applegate 1985, Chaker 1975, Ouakrim 1993, Louali & Puech 1994) et la tension (Mitchell 1957, Galand 1960, 1988, 1997, Ouakrim 1993 et Louali & Puech 1994).

Le fait que la durée soit considérée comme un corrélat important par les différents auteurs cités ci-dessus confirme la tendance quasi universelle qu'ont les géminées à se réaliser à travers les langues du monde avec une durée plus longue que les simples. Par contre l'implication de la tension comme corrélat de cette opposition ne fait pas la même unanimité. Nous avons indiqué que Ouakrim (1994) distingue explicitement les géminées, qui ne doivent désigner 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 géminées, constituent, selon cet auteur, une unité phonétique indivisible. Pour lui, la durée plus longue des tendues est la manifestation de l'énergie physiologique qui intervient dans leur production tandis que pendant la tenue des géminées, le locuteur maintient subjectivement constant le même effort que dans les non-

géménées ou les non-tendues. L'argument principal fourni par Ouakrim pour appuyer cette hypothèse est une analyse de durée effectuée sur des triplets du type (8) ci-dessous. (C\* = tendue) :

(8)	a. Simple	yura#sut	'il a écrit « bois-le »'
	b. Tendue	yura#s*ut	'il a écrit « fais le boire »'
	c. Géménées	yuras#sut	'il lui a écrit « bois-le »'

En (9) les résultats qu'il a obtenus en effectuant les mesures de la durée des consonnes /s/, /ss/ et /s+s/ ainsi que celles des voyelles précédentes :

(9)	Contexte simple		Contexte tendu		Contexte géméné	
	V	S	V	SS	V	S+S
	107	118.79	90	217.5	130	227.79

En fonction de ces résultats, Ouakrim conclut que :

- Les géménées sont aussi longues que les tendues ;
- Les géménées n'abrègent pas la voyelle précédente tandis que les tendues l'abrègent d'une façon significative.

Selon Ouakrim, l'abrègement de la voyelle précédente est un corrélat important du trait de tension, rejoignant en cela les conclusions de Malécot (voir 1.1.1). Mais les résultats de cette étude nous interpellent à plusieurs égards. Non seulement la voyelle qui précède la géminée hétéromorphémique est plus longue que celle qui précède la tendue (130 vs. 90 ms) mais aussi plus longue que celle qui précède la simple (130 vs. 107 ms). Ouakrim cite le travail de Lahiri & Hankamer (1988) où la même relation, selon lui, a été décrite pour le turc. Rappelons deux choses. La première est que les mesures effectuées par Lahiri & Hankamer (1988) sur le turc concernent des géménées tautomorphémiques (ce que Ouakrim appelle tendues). Deuxièmement, Lahiri et Hankamer n'ont pas observé de différence de durée vocalique pour le turc mais plutôt pour le bengali (voir 1.2.1). Aussi les différences observées pour cette langue ne sont pas significatives pour tous les locuteurs et l'écart observé n'est pas très important. En effet, la durée moyenne de la voyelle précédant la géminée en bengali est légèrement plus courte que devant une simple (121 ms vs. 127 ms respectivement). Les données du berbère, telles qu'elles sont présentées par l'analyse de Ouakrim, sont différentes.

La différence entre la durée de la voyelle précédant une simple et celle précédant une tendue n'est que de 17 ms en moyenne alors que la différence dans les contextes géminés et tendues est de 40 ms. Le triplet (8) choisi par Ouakrim pour effectuer ses mesures existe bel et bien en chleuh, à une exception près : la forme (8c) ne se réalise jamais avec un /a/ bref. En chleuh, le complément d'objet indirect /as/, comme tout autre prénom commençant par /a/, quand il suit immédiatement un radical verbal terminant par /a/, a deux réalisations possibles en variation libre : [a:] ou [aya]. A partir de ce constat, il semble donc tout à fait logique que la voyelle dans (9c) soit prononcée avec une durée plus importante. Les conclusions que Ouakrim tire de ses résultats ne sont donc pas fondées car cette voyelle est forcément plus longue que les deux autres. En effet, comme le montrent les mesures ci-dessous effectuées sur le même triplet réalisé par deux locuteurs chleuhs (Ridouane 1999) :

(10)

Contexte simple		Contexte géminé		Contexte de suite de deux Cs identiques	
V	s	V	ss	V	s+s
102	119	82	189	201	193

la durée significativement plus longue de la voyelle qui précède la suite de deux /s/ simples est le résultat normal de l'allongement de la séquence articulatoire due à la production de deux voyelles identiques et contiguës /a+a/. La question à laquelle a essayé de répondre Ouakrim est très intéressante. En effet, les suites de deux consonnes identiques et les géminées ne se comportent pas de la même façon face à certains processus phonologiques comme la spirantisation. En effet, les suites de deux consonnes identiques, contrairement aux géminées tautomorphémiques, se spirantisent et peuvent aussi se dévoiser. Cette différence d'ordre phonologique reflète-t-elle des différences d'ordre phonétique ? Nous comptons développer cette question dans cette étude à partir d'autres triplets que ceux utilisés par Ouakrim. Les triplets de la forme (11) ci-dessous reflètent adéquatement l'opposition entre consonne simple (11, a), une suite de deux consonnes identiques (11, b) et une géminée (11, c).

(11)	a. t-uf=as	'il serait mieux pour elle'
	b. t-uf fas	'elle est meilleure que Fès'
	c. t-uff=as	'elle est fière'

Louali et Puech ont procédé à une étude perceptuelle, physiologique et acoustique pour essayer de répondre à la question suivante : les géminées sont-elles des consonnes longues ou

des consonnes tendues ? Les données perceptuelles montrent que les berbérophones ont recours à la durée comme indice principal pour distinguer les géminées des simples. Mais ils s'appuient aussi d'une manière subsidiaire sur des indices complémentaires. L'étude physiologique porte sur la comparaison des courbes correspondant à la pression buccale (PB) et à la pression intra-orale (PIO) lors de la production des paires suivantes /b/ ~ /bb/, /t/ ~ /tt/, /d/ ~ /dd/, /k/ ~ /kk/ et /g/ ~ /gg/. Les données enregistrées sont du parler chleuh de Tiznit. La comparaison des courbes de la (PIO) met en évidence d'une part la durée comme paramètre distinctif et d'autre part une différence assez claire des profils des deux courbes. Les courbes qui reflètent la (PB) indiquent pour les tendues une montée rapide et importante au moment de l'explosion. Les données acoustiques montrent que la durée de la géminée est plus importante que sa contrepartie simple. La durée moyenne des géminées est au moins 50% plus importante que celle des simples. Un autre corrélat associé à la réalisation des géminées selon Louali et Puech est reflété par la qualité de l'énergie de l'explosion qui est plus intense pour les géminées (dans la zone de fréquence située entre 1000 et 2000 Hz). Le dévoisement sur la fin des consonnes tendues voisées a aussi été observé. Les analyses effectuées pour mesurer l'effet acoustique des géminées sur leur entourage vocalique montrent une tendance à l'abrègement de la voyelle qui précède ou qui suit la consonne géminée.

Galand (1997), se basant sur un ensemble d'arguments, postule que le trait pertinent qui distingue les simples des géminées est la tension musculaire. Les arguments développés par cet auteur ne sont pas basés sur des observations d'ordre phonétique, physiologique ou articulaire mais plutôt sur un ensemble d'observations sur les différentes positions qu'occupent ces segments ainsi que sur le rapport qu'elles entretiennent parfois avec leurs contreparties simples. Une première observation permet à Galand 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 (ex. kkrz « laboure ») et finale (ex. yuff « gonfler »). Le deuxième argument qui milite, selon Galand, en faveur de la tension musculaire comme trait pertinent est fourni par des paires minimales comme krz # kkrz. 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. Pour Galand, 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 (ex. yut « il a frappé » # yutt « il l'a frappé »). Pour Galand la tension se manifeste dans toutes les positions, la durée seulement dans une partie

d'entre elles. Un autre indice est fourni par Galand : la tension semble être le trait le plus à même d'expliquer quelques phénomènes relatifs à la distribution des géménées. En berbère, quand une consonne simple et sa contrepartie géménée n'ont pas le même trait continu, c'est toujours la géménée qui est occlusive et la simple fricative, ainsi la simple /R/ alterne avec la géménée occlusive /qq/ par exemple ou encore les correspondances suivantes (/x/ ≈ /kk/ ; /ʁ/ ≈ /gg/). Aussi, quand une simple et sa contrepartie géménée ont des réalisations qui diffèrent par le voisement, c'est toujours la simple qui est voisée et la géménée sourde, ex. (/D/ ≈ /TT/). Pour Galand, la géménation 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 où de telles bavures auraient été acceptées et pour ainsi dire consacrées par la phonologie.* » (ibid : 106). Galand avance un dernier argument d'ordre historique. Il rappelle en effet que l'écriture lybico-berbère ne notait pas la géménation des consonnes et y voit l'indice que la géménée n'est pas sentie comme double si bien qu'une seule consonne suffit à l'écrire.

Comme nous l'avons souligné plus haut, les différents arguments développés par Galand en faveur du trait tendu des consonnes géménées émanent d'un ensemble d'observations sur les positions et les comportements de ces consonnes et non pas sur leurs propriétés physiques ou articulatoires. Pour identifier les géménées, Galand reprend la définition de Dieth (1950 : 415) qui reconnaît dans les géménées proprement dites deux sommets situés de par et d'autre d'une frontière syllabique, la pression buccale accusant une chute entre les deux. Pour notre part, nous utilisons aussi bien les termes « géménées » et « longues » pour faire référence à l'opposition entre /b/ et /bb/, /f/ et /ff/, etc. A ce stade de notre travail, cette terminologie n'a aucune conséquence. Le statut phonologique du ou des trait(s) phonologique(s) par le(s)quel(s) cette opposition se réalise sera développé plus loin.

Revenons aux arguments développés par Galand. Leur présence dans une position où il est impossible de les considérer comme faisant charnière entre deux syllabes fait dire à Galand que les consonnes « épaisses<sup>4</sup> » ne sont pas des géménées. Avancer une telle affirmation c'est admettre qu'il y a deux types de consonnes « épaisses » au sein d'une même forme. Autrement dit, la consonne épaisse /tt/ du verbe *ttu* « oublie » ne serait pas la même que dans le même verbe à l'accompli *ittu* « il a oublié », où la géménée fait bel et bien charnière entre

deux syllabes. La même remarque s'applique aux « épaisses » en position finale. Peut-on postuler deux types de /ss/ dans les formes suivantes : ass « jour » et assa « ce jour-là » ? Sauf à considérer que les géménées intervocaliques ne peuvent appartenir à deux syllabes différentes, nous ne voyons aucune différence entre ces deux types de géménées. Galand, ayant adopté la définition de Dieth et se basant sur les mesures de Louali et Puech (1994) qui n'ont mis en évidence aucune chute de pression pendant la tenue des consonnes « épaisses », semble implicitement privilégier cette dernière option. Ouakrim (1994 : 199), qui à l'instar de Galand, défend l'aspect tendu des consonnes épaisses, semble adopter la même position. Pour lui, une consonne tendue ne peut appartenir à deux syllabes différentes ; elle constitue une unité phonétique indivisible. Ouakrim donne la syllabation suivante du mot *iffi* : *i.ffi* « il a versé » (le point marque la division syllabique). Considérons la forme *tffi* « elle a versé » qui est, à l'instar de *iffi*, dissyllabique en chleuh. Les seules syllabations compatibles avec la position de Ouakrim et de Galand sont *t.ffi* ou *tff.i*. Ces deux syllabations sont exclues en chleuh. Nous envoyons nos lecteurs aux travaux de Dell et Elmedlaoui<sup>5</sup>, qui ont développé une analyse détaillée de la structure syllabique d'un parler chleuh (le PCI). Selon leur analyse, les géménées intervocaliques appartiennent à deux syllabes différentes.

Galand avance comme deuxième argument que seul la tension musculaire expliquerait la tendance qu'ont les géménées 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 (voir la partie sur le voisement des géménées). 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. Cette affirmation n'est basée sur aucune mesure ou observation physiologique. Les observations faites par Louali et Puech montrent effectivement des différences de courbes de pression selon que le segment est simple ou géméné. Mais à quoi attribuer ces différences de pression ? Les différences de pression dépendent de plusieurs facteurs. Elles peuvent être attribuées à des variations de la résistance au passage de l'air au travers des cordes vocales en vibration (l'impédance glottique) ou à la variation de la rigidité des parois du conduit vocal. Mais elles peuvent aussi être attribuées à la durée de l'occlusion. Pour Jaeger (1978) plus une occlusion est tenue pendant une longue période, plus la pression

---

<sup>4</sup> Ce terme, qui lui a été suggéré par F. Dell, a l'avantage d'être neutre en ne préjugant en rien de la nature des consonnes en question.

<sup>5</sup> Elmedlaoui (1985) et Dell et Elmedlaoui (1985, 1988, 1997a-b, 2002).

d'air sera probablement équilibrée au dessous et au dessus de la glotte rendant ainsi le voisement difficile. Selon l'analyse que nous développerons dans ce travail, la tendance qu'ont les géminées à se dévoiser s'explique en grande partie par leurs durées d'occlusion plus importante. Nous allons développer cette argumentation dans la section (2.5.2.3).

La tension musculaire selon Galand est aussi la seule apte à expliquer la tendance qu'ont les géminées à renforcer le canal buccal. Galand traite ici du cas des géminées, qui contrairement aux simples, ne se spirantisent pas. Cette affirmation, aussi plausible soit-elle, souffre d'un manque d'arguments phonétiques solides pour l'étayer. L'inaltérabilité des géminées, puisque c'est de cela qu'il s'agit, sera traitée avec détail dans ce travail. La non notation de la gémination par l'alphabet libyco-berbère constitue un autre argument selon Galand. La géminée n'est pas considérée comme double, c'est pour cela qu'une seule consonne suffit à l'écrire. Cet argument, même si Galand lui-même ne s'y attarde pas, ne doit pas à notre avis constituer une preuve en faveur du caractère unitaire des consonnes géminées. Même si Galand reste une référence en la matière, il n'en demeure pas moins qu'à notre connaissance le déchiffrement de cet alphabet n'est pas entier. Beaucoup de zones d'ombres demeurent encore. Les travaux qui ont été conduits dans ce cadre-là s'accordent à dire que le libyco-berbère est loin de révéler tous ses secrets<sup>6</sup>. On doute encore de l'origine de cet alphabet (autochtone ou phénicienne ?). Il y a deux formes du libyque, l'oriental et l'occidental. Seule la forme orientale a été déchiffrée grâce notamment à l'existence d'inscriptions bilingues punico-libyques. Mais ce déchiffrement n'a pas permis de déterminer la valeur de tous les signes de cet alphabet. En effet, les inscriptions sont souvent des dédicaces ou épitaphes, dont la plupart sont très brèves. Selon Février (1964-65), la forme occidentale serait plus primitive, la forme orientale étant influencée par l'écriture punique qui, il est important de le rappeler, ne connaissait pas de gémination tout comme l'alphabet hébraïque et arabe qui en sont des descendants. Ces deux alphabets non plus ne notaient pas la gémination même si elle existe en hébreu et en arabe. Un autre doute concerne la parenté entre la langue transcrite par l'alphabet libyque et le berbère d'aujourd'hui. Mais combien même la parenté entre le libyco-berbère et le berbère actuel serait prouvée, il n'est pas très tenable de construire un argument en se basant sur l'état de la langue d'il y a plus de 2000 ans. 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 ? Des cas opposés existent où l'orthographe d'une langue notait une géminée (doublement de la consonne) là où il n'y ait en réalité qu'une consonne simple. L'orthographe

---

<sup>6</sup> Marcy (1938), Galand (1966) et Chaker (1977, 1984).

de la langue tamil distingue les simples et les géminées en position initiale du mot. Le doublement orthographique de la consonne dans cette langue ne reflète pas une gémination phonologique, puisque les études phonétiques n'ont montré aucune différence en terme de durée ou en terme d'amplitude entre ses deux séries de consonnes (voir Balasubramanian 1972 et Marthandan (1983), cités par Keane 2001). Keane, après une série d'analyses acoustiques sur les simples et les géminées orthographiques en Tamil, conclut que : « *None of the properties investigated, therefore, support the notion that the orthographic distinction between singletons and geminates in word-initial position is phonetically relevant in colloquial Tamil* » (Ibid : 162)

### 1.3.2 Synthèse et conclusion

Galand et Ouakrim, qui sont les plus fervents militants du caractère unitaire des consonnes géminées et de son aspect tendu, ne fournissent malheureusement pas d'arguments solides en faveur de ce trait. Pour défendre l'aspect tendu des géminées, Galand et dans une moindre mesure Ouakrim ne fournissent pas d'analyse sur les propriétés phonétiques de ce trait prouvant son existence comme réalité objective. Ils postulent plutôt son existence comme un résultant d'un ensemble de preuves. Ils se basent sur un ensemble de conséquences qu'ils attribuent (par défaut ?) à l'intensité. Nous avons vu que ces conséquences sont soit erronées (l'abrègement des voyelles) soit probablement attribuables à d'autres paramètres (la durée, par exemple).

L'argument de base des tenants du trait tendu reste cependant cette impression que donnent les géminées d'être prononcées avec une plus grande énergie. D'ailleurs ce n'est pas seulement les tenants de l'approche unitaire des géminées qui font référence à cette impression. Dell et Elmedlaoui (1996a : 359) par exemple postulent que : « *Geminate consonants are longer than their nongeminate counterparts, and they give the impression of being pronounced with greater energy.* ». Les géminées semblent donc articulées avec une énergie plus importante. Les géminées donnent effectivement cette impression. Les locuteurs naïfs avancent aussi cet argument par opposition aux simples qui semblent articulées d'une manière normale. Et si cette impression n'est justement qu'une illusion ? Rien n'est ce qu'il semble. Cette impression que donne les géminées n'est pas propre au cas du berbère. Pour Malécot (1970), l'utilisation de ces termes (fortes, tendue, etc.) par les locuteurs et aussi par les linguistes est un cas de synesthésie dans le sens où « [...] *it has little or nothing to do with articulatory energy but is rather a mistaken proprioceptive impression based on intrabuccal air pressure resulting from the air-valving action of the glottis, the occlusion or constriction*



*of the buccal passage, and the velopharyngeal sphincter and perhaps also involving closure duration.* » (ibid : 1588).

Pour déterminer les facteurs phonétiques manipulés pour opposer les géminées aux simples, nous allons analyser pour le berbère chleuh divers paramètres acoustiques temporels et non temporels. L'étude articulatoire s'intéressera plus particulièrement aux différents ajustements glottaux qui caractérisent les simples et les géminées et aux mécanismes qui rendent compte de ces différences.

## CHAPITRE 2

### *ANALYSES ACOUSTIQUES*

L'étude menée dans ce chapitre a pour but de dégager les paramètres acoustiques qui permettent de distinguer les obstruantes simples des géminées. Les paramètres temporels et non temporels suivants ont été analysés :

- a. La durée de l'occlusion ;
- b. La durée du VOT et du bruit de relâchement ;
- c. La durée des fricatives ;
- d. La durée de la voyelle précédente ;
- e. La durée de la voyelle suivante ;
- f. Les valeurs formantiques des voyelles adjacentes ;
- g. La qualité de l'occlusion et du burst ;
- h. Le dévoisement des géminées ;

Ce chapitre est organisé de la manière suivante. Dans la section 2.1, nous présenterons la liste des segments analysés dans cette expérimentation et les contextes de leurs occurrences. La section 2.2 fournit des informations sur les cinq locuteurs ayant participé aux enregistrements. La section 2.3 dresse la liste des paramètres mesurés et met en lumière les quelques difficultés que nous avons rencontrées lors de l'application de ces critères. La description de la méthode de statistique est fournie dans la section 2.4. Les résultats de nos analyses sont fournis dans la section 2.5. Cette section est subdivisée en deux sous-sections, la première traitera des paramètres acoustiques temporels et la deuxième des paramètres non temporels. Dans la section 2.6, nous entamerons une comparaison entre les géminées tautomorphémiques et hétéromorphémiques, le but étant de vérifier si ces deux types de segments partagent les mêmes corrélats acoustiques. Pour finir, nous discuterons des résultats dans la section 2.6 en procédant, dans une approche typologique, à des comparaisons avec les résultats obtenus lors de l'analyse d'autres langues.

## 2. 1 La liste des mots et leurs contextes

Avant de dresser la liste complète des mots analysés, il nous semble important de dresser au préalable le profil de ces mots et les contextes où ils apparaissent. La majorité des formes examinées est constituée de mots réels largement utilisés dans le langage courant. Les formes en position intervocalique sont pour la plupart des verbes à l'accompli précédés du préfixe verbal /i/ indiquant la troisième personne du singulier. Les autres formes, dans cette position, sont des noms précédés du morphème /i/ « pour ». Les trois contextes où les segments cibles sont attestés sont la position initiale absolue, la position intervocalique et la position finale absolue :

- a. Position initiale absolue : Les obstruantes analysées sont attestées en début de mot, ce qui veut dire que le segment cible n'est précédé d'aucun autre segment. Dans cette expérimentation, la position initiale désigne donc le début d'un mot prononcé en isolation. Un exemple est le mot [tɪli] « brebis ». L'abréviation de cette position est ## --- V.
- b. Position intervocalique : Le segment cible est entouré de deux voyelles. Il s'agit en général de la même forme qu'en position initiale mais précédée de la voyelle /i/ (ex. [itɪli] « pour la brebis »). La voyelle suivante est aussi une voyelle haute non arrondie /i/. Le choix de cette voyelle est principalement motivée par un souci d'harmonisation avec les données des expérimentations fibroscopiques et photoglottographiques qui nécessitent l'emploi de voyelles antérieures (cf. section (4.5)). L'abréviation de cette position est V--- V.
- c. Position finale : Le segment cible est attesté en position finale absolue précédée de la voyelle /i/. Comme pour la position initiale, aucun segment ne suit immédiatement la simple ou la gémée. Un exemple d'un segment dans cette position est la forme [fit] « donne-le ». L'abréviation est V--- ##.

Quelques mots sont nécessaires pour motiver le choix de ces contextes. Comme nous l'avons vu dans la section précédente, les trois contextes examinés dans cette étude sont généralement ceux utilisés dans la plupart des travaux sur la gémation (c'est particulièrement le cas des segments intervocaliques). Une raison, donc, de choisir ces trois contextes est de pouvoir comparer plus facilement nos résultats avec les résultats d'autres travaux. Le choix ou plutôt le non-choix d'une phrase cadre est motivé principalement par notre souci d'avoir les

segments dans des positions initiales et finales absolues ; chose qui ne serait possible si une phrase cadre a été choisie. Une partie de notre travail traitera en effet du cas assez rare des segments géminés en position initiale absolue, où la durée de l'occlusion, pour les occlusives sourdes, ne peut être perçue.

Nous fournissons dans le tableau (2.1) ci-dessous la liste complète des mots prononcés par les sujets ayant participé à cette expérimentation. La liste est classée selon le mode d'articulation des consonnes répartie sur les trois contextes. Chaque forme contenant un segment simple est suivie d'une autre forme ne s'opposant que par la gémination du même segment. Les non-mots sont précédés du symbole [\*---].

### Les occlusives

<b><i>Sourdes</i></b>	<b><i>t</i></b>	<b><i>tt</i></b>	<b><i>k</i></b>	<b><i>kk</i></b>	<b><i>T</i></b>	<b><i>TT</i></b>	<b><i>q</i></b>	<b><i>qq</i></b>
##---V	tili <i>brebis</i>	ttili <i>aie, imp</i>	kiyyi <i>toi</i>	kkiyyi <i>passe</i>	TiTT <i>oeil</i>	TTin <i>sable</i>	*qi <i>non-mot</i>	*qqi <i>non-mot</i>
V---V	itili <i>pour la brebis</i>	ittili <i>qu'il aie</i>	ikiyyi <i>pour toi</i>	ikkiyyi <i>qu'il passe</i>	iTiTT <i>pour l'oeil</i>	iTTiʃ <i>œil (péjoratif)</i>	*iqi <i>non-mot</i>	*iqqi <i>non-mot</i>
V--- ##	fīt <i>donne- le</i>	fitt <i>donne- la</i>	ifīk <i>il t'a donné</i>	imikk <i>peu</i>	*iniT <i>non-mot</i>	*iniTT <i>non-mot</i>	*fiq <i>non-mot</i>	*fiqq <i>non-mot</i>
<b><i>Sonores</i></b>	<b><i>b</i></b>	<b><i>bb</i></b>	<b><i>d</i></b>	<b><i>dd</i></b>	<b><i>g</i></b>	<b><i>gg</i></b>	<b><i>D</i></b>	<b><i>DD</i></b>
##---V	bi <i>celui qui a</i>	bbi <i>coupe, imp.</i>	dis <i>avec lui</i>	ddiR <i>je suis parti</i>	gis <i>dedans</i>	ggis <i>mets-en</i>	Dim <i>Avance (jeu de cartes)</i>	DDim <i>dépression</i>
V---V	ibi <i>forme</i>	ibbi <i>il a coupé</i>	idis <i>ventre</i>	tiddi <i>taille</i>	igi <i>il est devenu</i>	iggi <i>terrasse</i>	iDim <i>il a avancé</i>	iDDim <i>pour la dépression</i>
V--- ##	iʃib <i>il est vieux</i>	*iʃibb <i>non-mot</i>	Rid <i>ici</i>	bidd <i>debout !</i>	ig <i>qu'il devienne</i>	*igg <i>non-mot</i>	iʃiD <i>il reste</i>	iʃiDD <i>il est resté</i>

## Les fricatives

<i>sourdes</i>	<i>f</i>	<i>ff</i>	<i>s</i>	<i>ss</i>	<i>ʃ</i>	<i>ʃʃ</i>	<i>χ</i>	<i>χχ</i>
##---V	fit <i>donne- le</i>	ffit <i>verse-le</i>	sin <i>deux</i>	ssir <i>lacet</i>	ʃib <i>vieillir</i>	ʃʃib <i>vieillesse</i>	*χis <i>non- mot</i>	χχi <i>excrète</i>
V---V	ifit <i>il l'a donné</i>	iffit <i>il l'a versé</i>	isin <i>pour deux</i>	issir <i>pour le lacet</i>	iʃib <i>il a vieilli</i>	iʃʃib <i>pour la vieillesse</i>	*iχil <i>non- mot</i>	iχχi <i>il a excrété</i>
V---##	if <i>il donne</i>	iff <i>mauvaise odeur</i>	ifis <i>hyène</i>	ifiss <i>il est silencieux</i>	*iniʃ <i>non- mot</i>	*iniʃʃ <i>non-mot</i>	iniχ <i>j'ai dit</i>	*iniχχ <i>non- mot</i>
<i>sonores</i>	<i>z</i>	<i>zz</i>	<i>ʒ</i>	<i>ʒʒ</i>	<i>R</i>	<i>RR</i>		
##---V	zid <i>avance, imp.</i>	zzit <i>huile</i>	ʒiyyf <i>lance, imp.</i>	ʒʒiR <i>je suis guéri</i>	Rid <i>ici</i>	RRid <i>par ici</i>		
V---V	izid <i>il a avancé</i>	izzit <i>pour l'huile</i>	iʒiyyf <i>il a lancé</i>	iʒʒi <i>il est guéri</i>	iRid <i>pour ici</i>	*iRRi <i>non-mot</i>		
V---##	iwiz <i>insomnie</i>	*ifizz <i>non-mot</i>	*ifiʒ <i>non-mot</i>	*ifiʒʒ <i>non-mot</i>	iR <i>si</i>	iRR <i>il a tué</i>		

*Tableau 2.1 La liste des mots utilisés dans l'expérience acoustique.*

Un certain nombre de remarques est à faire à propos de cette liste et plus particulièrement pour les formes contenant les uvulaires occlusives. Nous n'avons trouvé aucune paire minimale opposant /q/ à /qq/ dans aucune des trois positions. Notre intuition de locuteur natif du chleuh est que cette uvulaire se réalise principalement comme une gémisée. En l'absence de ces paires minimales, et pour vérifier cette intuition, nous avons transcrit les formes contenant les uvulaires /q/ et /qq/, en caractère latin, et avons demandé aux locuteurs de les lire et de les répéter. Nous avons opté pour cette méthode uniquement pour ces formes. Chaque mot de liste (2.1) a été réalisé 5 fois par chacun des cinq locuteurs ayant participé à cette expérimentation, donnant ainsi lieu à un corpus contenant 2250 réalisations (30 segments x 3 contextes x 5 sujets x 5 répétitions). La première liste que nous avons établie

contenait aussi les fricatives (S, SS ; ħ, ħħ ; Z, ZZ ; h, hh ; ʕ, ʕʕ), les sonantes (l, ll ; m, mm ; n, nn ; r, rr), les semi-voyelles (y, yy ; w, ww) ainsi que les consonnes labialisées (k°, k°k°, g°, g°g° ; q°, q°q° ; χ°, χ°χ° ; R°, R°R°). Cette série de 2400 réalisations n'a pas été incluse dans cette étude. Elle fera l'objet d'analyses dans nos recherches ultérieures. L'enregistrement des cinq locuteurs s'est déroulé dans la chambre sourde du Laboratoire de Phonétique de Paris 3 (ILPGA). Les sujets ont parlé dans un microphone posé en face d'eux à une distance d'approximativement 40 cm.

## **2.2. Les sujets**

Le berbère ne disposant pas d'une transcription alphabétique standard et étant locuteur natif du chleuh, nous avons prononcé les formes de la liste (2.1), à l'exception des formes contenant des occlusives uvulaires, d'une manière aléatoire et nous avons demandé à nos sujets de les répéter. Nous nous sommes assuré que notre propre prononciation n'influait pas celle de nos locuteurs. Nous avons pris en considération les différents parlers chleuhs et nous avons choisi nos locuteurs selon leurs parlers d'origine. Les cinq sujets sont tous des locuteurs natifs du berbère chleuh et aucun d'eux ne souffre de problème de l'audition ou de la parole. Le sujet R\_R (l'auteur) avait 30 ans au moment de l'enregistrement, a vécu à Inezgane (banlieue sud d'Agadir) pendant 23 ans avant de s'installer depuis 7 ans à Paris. Le sujet A\_M 27 ans a vécu toute sa vie à Taghazout (Nord d'Agadir). Il était de passage à Paris pour un mois de vacances au moment de l'enregistrement. A\_A (24 ans) a vécu à Anza (banlieue nord d'Agadir), E\_B (26 ans) a vécu à Taghejijt (à côté de Tata) et B\_L (25 ans) a vécu à Lakhssass (Ait Rekha). Les trois derniers sujets sont tous des étudiants et se sont installés à Paris au moment de l'enregistrement depuis 4 mois. Nous avons décidé d'inclure notre propre enregistrement car il ne semble pas être très différent de la tendance générale observée chez les autres locuteurs. Tous les sujets ayant participé à cet enregistrement sont trilingues (berbère, arabe, français). Le berbère étant leur langue maternelle, les deux autres langues ont été acquises à l'école. Tous les sujets parlent aussi l'arabe marocain avec plus ou moins d'accent. Les habitants des environs d'Agadir ont l'accent berbère le moins marqué.

## **2.3. Les paramètres mesurés.**

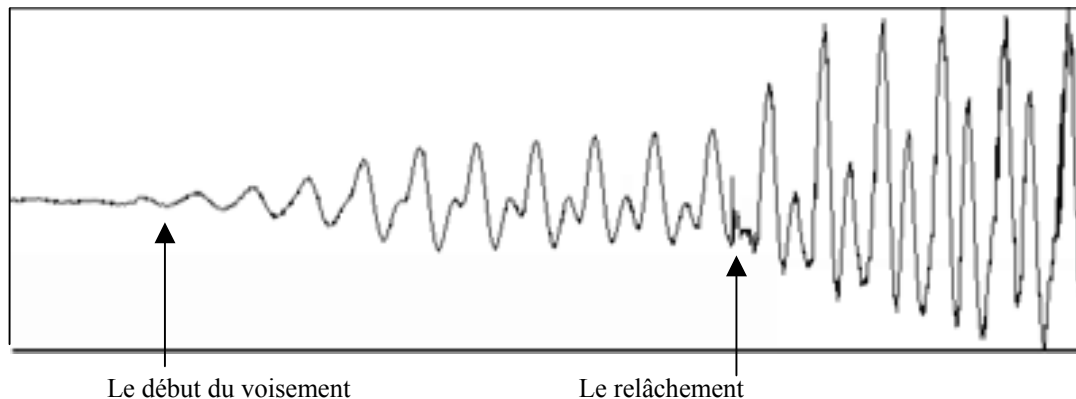
Après la digitalisation des données, nous avons créé, pour chaque locuteur, 24 fichiers correspondant aux aspects simple/géminé, fricatif/occlusif, sourd/voisé et aux trois positions (initiale, intervocalique et finale) des segments analysés. Le total des fichiers créés s'élève ainsi à 120 fichiers (24 x 5 sujets). Un des fichiers du sujet A\_M par exemple a été nommé

« OccS-simp\_ini.wav » correspondant aux occlusives sourdes simples en position initiale. Chaque fichier-son a été ouvert sous Praat avec fenêtre affichant le signal et le spectrogramme. Cela nous a permis de segmenter les événements acoustiques qui feront l'objet de l'analyse dans ce chapitre. Toutes les mesures ont été effectuées d'une manière automatique à l'aide d'un script élaboré par C. Gendrot du Laboratoire de Phonétique de Paris 3 (ILPGA). Ce script permet d'avoir les mesures de durée, d'intensité du F0 et des formants. Sept paramètres acoustiques ont été mesurés, à savoir : la durée de la voyelle précédente, la durée de la voyelle suivante, la durée de l'occlusion, le VOT (ou la durée du relâchement), la durée de la fricative. D'autres paramètres non temporels ont été analysés, notamment le dévoisement des géminées, les valeurs formantiques des voyelles précédant et suivant les segments simples et géminées, la qualité d'occlusion et du burst pour les occlusives. Nous avons établi un ensemble de critères, en nous basant aussi bien sur le signal acoustique que sur le spectrogramme, pour mesurer les paramètres temporels suivants :

- a. La durée de la voyelle : Elle a été définie comme l'intervalle temporelle entre le début et la fin de la voyelle qui précède les segments simples et géminées. Cet aspect n'a été mesuré que pour les positions intervocaliques et finales. Le début et la fin de la voyelle ont été déterminés comme l'onset et l'offset du F2 de cette voyelle respectivement.
- b. La durée de l'occlusion : Elle a été définie comme l'intervalle temporelle entre le début de l'occlusion et le début du relâchement. En position intervocalique et finale, le début de l'occlusion a été déterminée comme l'offset du F2 de la voyelle précédente. En position initiale, seule la durée de l'occlusion des occlusives sonores a été déterminée en nous basant sur le début du voisement. En l'absence d'indice acoustique, la durée de l'occlusion n'a pas été mesurée pour les occlusives sourdes en position initiale. Nous nous sommes basé pour mesurer ce paramètre sur les mesures aérodynamiques du débit d'air oral (voir 2.5.1.2).
- c. La durée du VOT : Le VOT ou l'aspiration a été déterminée comme l'intervalle temporelle entre le début du burst et l'onset du F2 de la voyelle qui suit. Pour la position finale, en l'absence de voyelle qui suit, nous avons mesuré l'intervalle entre le début du burst et la fin du relâchement. Nous allons revenir sur les raisons du choix de ces critères plus bas.
- d. La durée de la fricative : Elle a été définie comme l'intervalle temporelle entre le début et la fin de la fricative. La fin de la fricative a été déterminée comme l'onset du

F2 de la voyelle qui suit. En l'absence de cette voyelle, comme c'est le cas pour la position finale, nous avons déterminé la fin de la fricative comme le point dans le temps où le bruit de friction cesse complètement.

Nous avons rencontré quelques difficultés dans l'application de ces critères. C'est principalement le cas lors de l'identification du début du relâchement pour les occlusives sonores simples, étant immédiatement précédées du voisement. Pour les occlusives sourdes et une grande partie des gémées sonores, ce paramètre est facile à étiqueter en se basant sur les spectrogrammes. Le relâchement dans ces cas n'interrompt pas le voisement, mais se manifeste comme une structure à faible amplitude superposée sur les périodes de voisement (Figure 2.1). Dans les cas extrêmes où aucun relâchement n'est détecté, la forme est exclue d'analyse.



*Figure 2.1 Un exemple de /b/ dans [bi] « celui qui a » en position initiale absolue. Les flèches indiquent le début du voisement et le relâchement oral à faible amplitude.*

L'augmentation de l'énergie étant graduelle après le silence, il est souvent difficile de déterminer exactement le début de la fricative en position initiale absolue. Comme le montre la figure (2.2), c'est essentiellement en nous basant sur le spectrogramme et plus particulièrement sur le début d'énergie dans les hautes fréquences que nous pouvons détecter l'onset de la fricative, le signal n'indiquant pratiquement aucun indice.



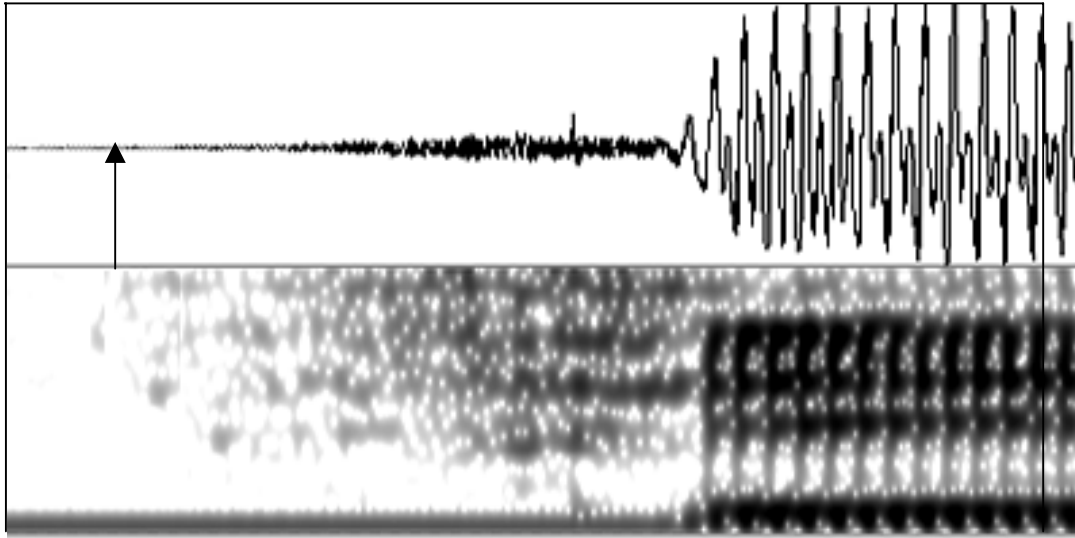


Figure 2.2 Le signal et le spectrogramme (échelle : 0 – 5KHz) illustrant une des réalisations de la fricative /f/ dans [fid] « donne » en position initiale absolue. La flèche indique le début de la fricative.

Comme nous allons le voir plus loin, les géminées sonores ont tendance à se dévoiser. Le traitement de nos données montre que détecter l'offset du voisement en position intervocalique par exemple n'est pas une tâche aisée. La diminution de l'amplitude de voisement est très souvent graduelle, au point qu'une période de voisement donnée n'est que très légèrement plus basse en terme d'amplitude que la période qui la précède et ainsi de suite. Laquelle de ses périodes choisir comme étant la fin du voisement ? Nous envoyons nos lecteurs aux travaux de Stevens et al. (1992) et Jessen (1998) qui ont utilisé deux méthodes d'étiquetage différentes pour déterminer l'offset du voisement. Ces deux méthodes arrivent pratiquement aux mêmes résultats. Pour notre part, nous n'avons pas eu à choisir entre l'une ou l'autre méthode puisque, pour notre sujet principal, seul compte la présence, partielle ou complète, du voisement, sa durée n'étant pas très pertinente.

## 2.4 L'analyse statistique.

Toutes les mesures effectuées automatiquement sur Praat ont été analysées en utilisant le logiciel StatView. Deux sortes d'analyse ont été effectuées. Le premier est un test ANOVA à un seul facteur : le type de la consonne (simple ou géminé). Le deuxième est un test ANOVA à deux facteurs : le type de la consonne (simple ou géminé) et l'un des 3 aspects suivants : le lieu d'articulation de la consonne (labiale, dentale, vélaire, etc.), la position dans le mot (initial, intervocalique et finale) et les locuteurs (5 au total). L'objectif est de déterminer si une interaction existe entre la gémination et l'un de ces 3 facteurs. La variable dépendante

correspond aux mesures effectuées sur la durée d'occlusion, la durée du VOT, la durée des fricatives et la durée des voyelles. Suivant les conseils de J. Y. Dommergues, nous avons au préalable calculé la moyenne des cinq répétitions pour chaque locuteur, ainsi le nombre de chaque segment simple et géminé soumis à l'analyse statistique pour chaque contexte est de 80 pour les occlusives (40 pour les sourdes et 40 pour les sonores) et de 70 pour les fricatives (40 pour les sourdes et 30 pour les sonores). Le fichier contenant les mesures sur la durée du relâchement pour les sourdes, par exemple, est composé de 120 entrées (la moyenne des 5 répétitions x 5 locuteurs x 4 places d'articulations x 2 types d'occlusives (simple et géminée) x 3 positions).

## 2.5 Résultats

### 2.5.1 Paramètres temporels

Cette partie est composée de six sous-sections correspondant aux paramètres temporels suivants : la durée de l'occlusion, la durée de l'occlusion pour les sourdes en position initiale absolue, la durée du VOT et du bruit du relâchement, la durée des fricatives, la durée des voyelles précédentes et la durée des voyelles suivantes. L'objectif de cette expérimentation est de montrer si les paramètres ci-dessus jouent un rôle significatif dans l'opposition entre obstruantes simples et géminées.

#### 2.5.1.1 La durée d'occlusion.

Nous allons commencer par les mesures effectuées sur les occlusives sourdes en positions intervocalique et finale. Le test-t ANOVA à un seul facteur montre un effet très significatif du type de la consonne (simple ou géminée) sur la durée de l'occlusion [ $F(1 ; 38) = 58.713$ ,  $p < .0001$ , pour la position intervocalique ;  $F(1 ; 38) = 55.751$ ,  $p < .0001$ , pour la position finale]. Cette tendance a été observée chez tous les locuteurs. En effet aucune différence significative n'existe entre les 5 sujets [ $F(4, 70) = 0.501$ ,  $p = .7351$ ]. Les durées moyennes pour chaque locuteur ainsi que les déviations standards sont résumées dans le tableau (2.2) ci-dessous.

Intervocalique			Finale	
	Simple	Géminé	Simple	Géminé
<b>A_M</b>	71	117	88	140
	21	19	40	32
<b>A_A</b>	59	124	94	189
	26	33	45	20
<b>E_B</b>	79	132	96	168
	32	27	42	32
<b>B_L</b>	72	145	75	170
	31	20	29	33
<b>R_R</b>	73	144	81	171
	31	13	33	41

Tableau 2.2 Durées moyennes (et écarts type) de l'occlusion pour les occlusives simples et géminées sourdes en positions intervocalique et finale pour chacun des cinq locuteurs.

Des différences significatives existent entre les durées d'occlusion des simples et des géminées selon la position qu'elles occupent dans le mot [ $F(1, 78) = 14.369$ ,  $p = .0003$ ]. Comme le montre la figure (2.3) les occlusives en position finale (simples ou géminées) ont une durée d'occlusion plus longue qu'en position intervocalique.

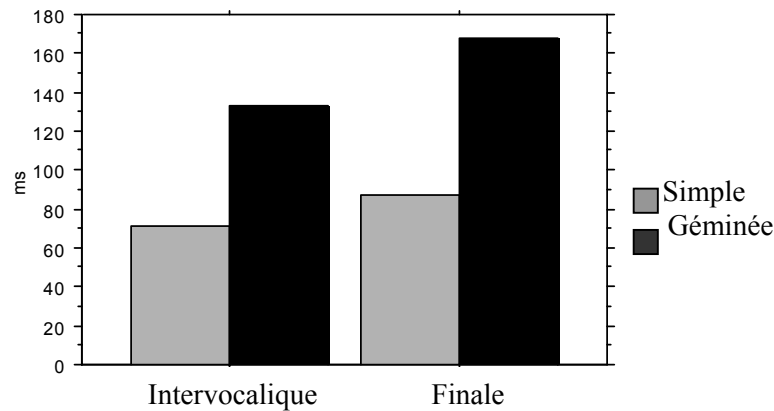


Figure 2.3 Les durées moyennes d'occlusion pour les occlusives simples et géminées sourdes en position intervocalique et finale

Concernant la nature de la consonne, nos analyses statistiques montrent que la différence simple/géminée varie selon la nature de l'occlusive [ $F(3, 72) = 18.075$ ,  $p < .0001$ ]. La comparaison des simples et des géminées pour chaque place d'articulation révèle que les uvulaires /q/ et /qq/, contrairement aux autres classes de segments, ne montrent aucune différence significative en terme de durée d'occlusion entre les simples et les géminées [ $F(1, 98) = 1.950$ ,  $p = .1657$ ]. La figure (2.4) montre clairement que les uvulaires ont un comportement différent des autres classes de segments. Cette tendance a été observée chez tous les locuteurs (fig. 2.5).

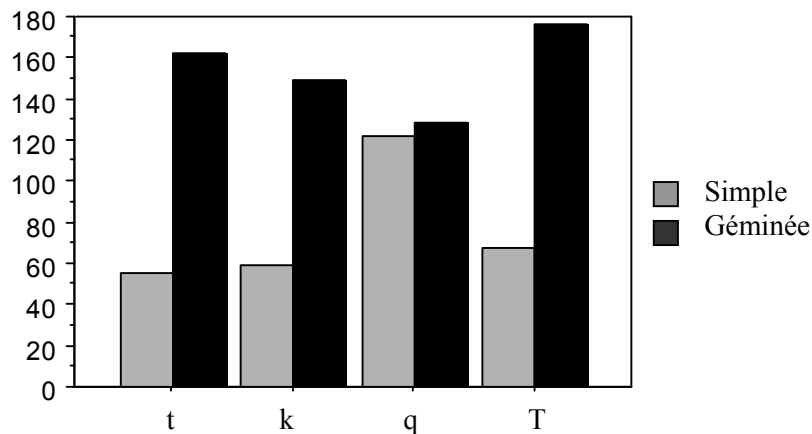


Figure 2.4 Les durées moyennes d'occlusion pour les occlusives simples et géminées sourdes pour les quatre places d'articulation

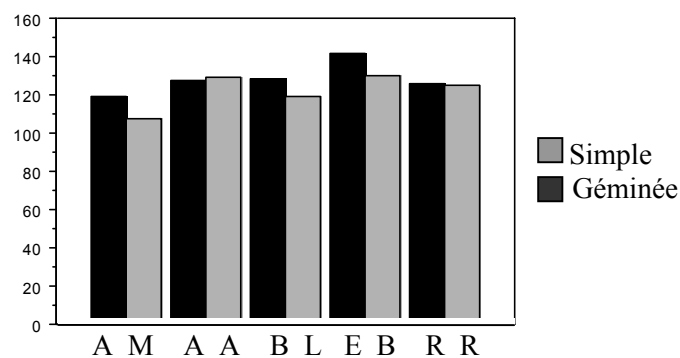


Figure 2.5. Les durées moyennes d'occlusion pour l'occlusive uvulaire sourde pour les cinq locuteurs.

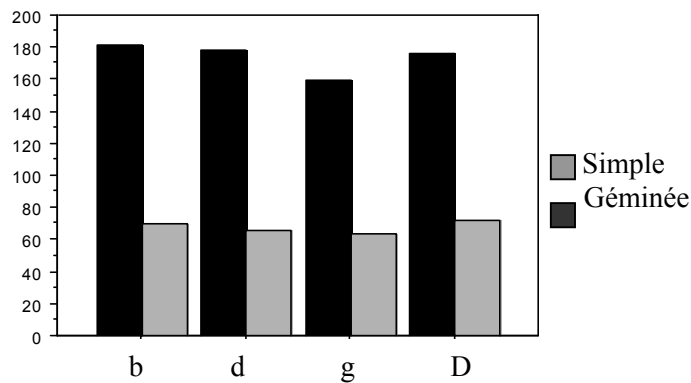
Il est important de signaler que les uvulaires ont une durée presque identique à celle des autres occlusives gémignées. Cela signifie-t-il que le berbère chleuh ne connaît que des uvulaires gémignées ? Nous allons revenir sur cet aspect particulier des uvulaires plus tard et voir si cette classe de segments se comporte de la même manière vis-à-vis des autres paramètres acoustiques. Dans la partie phonologique, nous traiterons des implications phonologiques d'un tel comportement.

Pour les occlusives voisées, nous avons mesuré la durée de l'occlusion pour les trois positions (tableau 2.3).

	Initiale		Intervocalique		Finale	
	Simple	Géminé	Simple	Géminé	Simple	Géminé
<b>A_M</b>	93 10	192 2	58 2	148 13	61 6	185 31
<b>A_A</b>	69 12	207 31	54 7	152 31	82 11	180 37
<b>E_B</b>	60 16	185 10	55 7	138 3	59 11	159 14
<b>B_L</b>	78 3	180 38	59 2	146 19	80 6	172 13
<b>R_R</b>	68 3	205 14	60 11	157 2	66 13	194 17

Tableau 2.3. Durées moyennes (et écarts type) de l'occlusion pour les occlusives simples et gémignées sonores en positions initiale, intervocalique et finale pour chacun des cinq locuteurs.

En position initiale, la durée de l'occlusion des occlusives sonores a été déterminée en se basant sur le début du voisement (voir figure 2.1). Comme pour les occlusives sourdes, la durée de l'occlusion est un paramètre acoustique très significatif permettant de distinguer les occlusives voisées simples de leurs contreparties géminées [ $F(1, 118) = 657.255$ ,  $p < .0001$ ]. Cette différence est significative pour toutes les positions [ $F(1, 38) = 372.342$ ],  $p < .0001$ , pour la position initiale ;  $F(1, 38) = 477.572$ ,  $p < .0001$ , pour la position intervocalique ;  $F(1, 38) = 285.814$ ,  $p < .0001$  pour la position finale ] et tous les locuteurs.



*Figure 2.6. Les durées moyennes d'occlusion pour les occlusives simples et géminées sonores selon les quatre places d'articulation*

Contrairement aux occlusives sourdes, aucune interaction n'a été trouvée entre le type de la consonne (simple ou géminé) et sa place d'articulation (labiale, dentale, vélaire et pharyngale) [ $F(3, 112) = 0.937$ ,  $p = .4252$ ]. Comme le montre la figure (2.6), toutes les places d'articulation présentent une opposition simple/géminée en terme de durée d'occlusion.

La durée de l'occlusion des simples et des géminées est significativement affectée par la position de ces segments dans le mot [ $F(2, 114) = 7.173$ ,  $p = .0012$ ]. Comme pour les occlusives sourdes, les segments mesurés ont une durée d'occlusion plus longue en position finale (70 ms pour les simples et 178 ms pour les géminées) qu'en position intervocalique (58 ms pour les simples et 148 ms pour les géminées). La durée de l'occlusion des simples et des géminées en position initiale (74 ms et 194 ms respectivement) est aussi significativement plus longue qu'en position intervocalique. La comparaison entre la position initiale et finale révèle une différence légèrement significative, la durée de l'occlusion en position initiale étant légèrement plus longue. L'analyse post-hoc (PLSD de Fisher : Tableau 2.4) et la figure (2.7) illustrent ces différences.

	Ecart moyen	Ecart critique	Valeur de p
Initiale, Intervocalique	30.450	7.960	<.0001
Initiale, Finale	9.900	7.960	.0152
Intervocalique, Finale	-20.550	7.960	<.0001

Tableau 2.4. Résultats de l'analyse Post-hoc faite sur les durées d'occlusion des occlusives sonores en position initiale, intervocalique et finale.

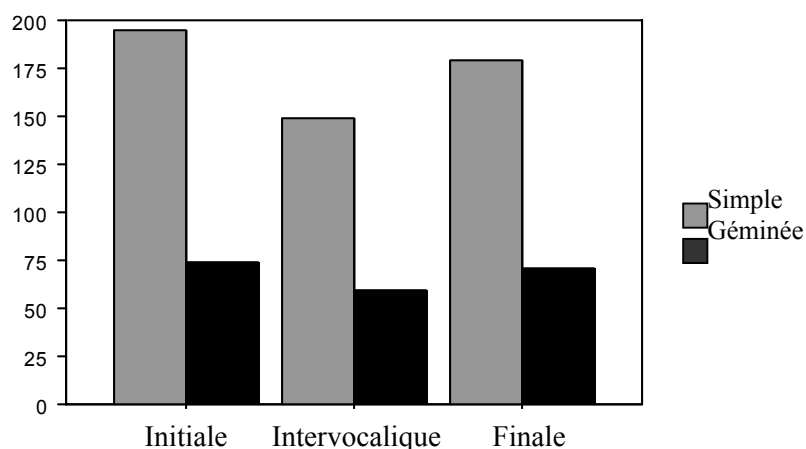


Figure 2.7. Les durées moyennes d'occlusion pour les occlusives simples et gémignées sonores en positions initiale, intervocalique et finale

### 2.5.1.2 Les occlusives sourdes en position initiale absolue

L'absence d'indice acoustique ne nous a pas permis de mesurer la durée de l'occlusion pour les occlusives sourdes en position initiale absolue comme nous l'avons signalé plus haut. Mais d'autres moyens indirects peuvent être utilisés pour mesurer ce paramètre. Nous avons indiqué dans la section (1.5) que Slis (1971), par exemple, a mesuré, à partir d'une expérimentation électromyographique, la durée de la fermeture des lèvres pour les occlusives labiales sourdes (tendues). Ses résultats montrent, pour la position initiale absolue, une durée d'occlusion plus importante pour les tendues que pour les lâches. Une autre manière indirecte de mesurer la durée de l'occlusion est fournie par les mesures aérodynamiques du débit d'air oral. C'est cette méthode que nous avons utilisée. Les résultats de cette expérimentation préliminaire, faite à partir des données d'un seul locuteur (l'auteur), sont fournis ci-dessous.

Les mesures du débit d'air oral ont été prises à l'hôpital Tenon à Paris, sous la direction du docteur B. Roubeau, en utilisant la station EVA2. Cet appareil est composé d'un micro-ordinateur PC, auquel sont associés des capteurs acoustiques et aérodynamiques ainsi

que des instruments de mesure<sup>1</sup>. Le débit d'air oral a été enregistré simultanément avec le signal audio (ainsi qu'avec le signal électroglottographique). Pour effectuer les mesures du débit d'air oral, nous avons utilisé un masque étanche qui recouvre uniquement la bouche. Le logiciel Phonedit 3.71 a été utilisé pour pouvoir visualiser les données et effectuer les mesures de durée de l'occlusion orale.

Les formes analysées sont les mêmes que celles contenant les occlusives sourdes en position initiale de la liste (2.1, p. 51). Chaque forme a été répétée six fois en isolation. La figure ci-dessous qui correspond à la tenue de l'occlusion d'une vélaire géminée sourde illustre la méthode que nous avons utilisée pour mesurer ce paramètre. L'occlusion orale correspond à la durée pendant laquelle l'air est bloqué au niveau de la cavité orale.

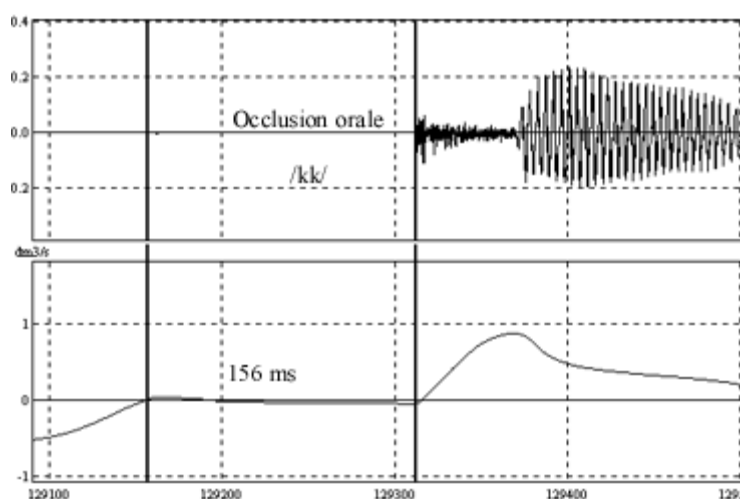
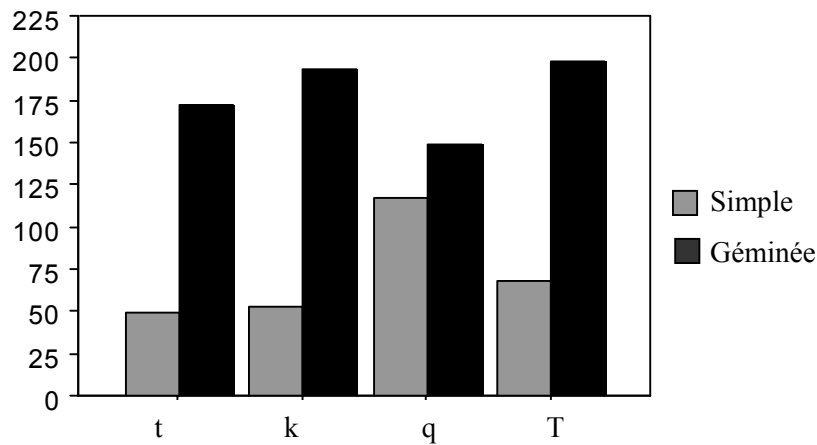


Figure 2.8. Illustration de la méthode utilisée pour mesurer la durée d'occlusion en position initiale absolue à partir du signal du débit d'air oral.

Les résultats de nos mesures reflétés par la figure 2.9 indiquent très clairement que les géminées sourdes sont produites avec une durée d'occlusion orale largement supérieure à celle des simples. La seule exception concerne une fois encore le cas des uvulaires occlusives.

<sup>1</sup>Voir <http://www.lpl.univ-aix.fr/lpl/valorisation/eva/eva.htm> sur le fonctionnement de la station EVA 1 et 2.





*Figure 2.9. Les durées moyennes d'occlusion pour les occlusives simples et gémignées sourdes à l'initiale absolue.*

A l'exception de la paire uvulaire, les gémignées sont produites avec une occlusion qui dure en moyenne trois fois plus longtemps que celle des simples. Nos mesures indiquent que la différence moyenne entre les simples et les gémignées est de 131 ms. Rappelons qu'un tel écart n'a pas été observé pour la position intervocalique (79 ms) et finale (106 ms). Nous ne pouvons pas tirer de conclusions certaines de cet aspect des occlusives à l'initiale, puisque nos données sont limitées à un seul sujet. Mais si cette tendance se confirme pour d'autres locuteurs, cela impliquerait que d'autres mécanismes influencent probablement la durée de l'occlusion dans cette position. Une possibilité est que cet allongement est dû au phénomène potentiellement universel du renforcement qui caractérise la position initiale du mot (cf. Fougeron & Keating 1996). Mais dans ce cas là, cet allongement devrait normalement affecter aussi bien les simples que les gémignées. Or nos résultats montrent que la durée de l'occlusion des simples est la même en position initiale qu'en position intervocalique, par exemple, voire légèrement plus courte. Le fait que cet allongement affecte plus particulièrement les gémignées est probablement dû à un renforcement articulatoire inhérent aux occlusives gémignées sourdes dans cette position. On peut en effet postuler que si le corrélat principal de l'opposition simple/gémignée manque de proéminence perceptuelle, elle peut être renforcée par des gestes articulatoires secondaires (cf. Keyser et Stevens 2003). C'est le cas des occlusives sourdes à l'initiale où les différences de durée d'occlusion ne peuvent être perçues. Nous allons développer cette hypothèse lors de l'interprétation de tous les corrélats de la gémination que nous aurions dégagés à partir de nos études acoustiques et articulatoires.

Concernant les uvulaires, les mesures effectuées sur la position initiale, même si elles sont limitées à un seul locuteur, confirment ce que nous avons observé pour les autres positions. Les uvulaires ne semblent pas présenter d'opposition entre une série simple et une série géminée. Une autre caractéristique de cette consonne, que reflète la figure (2.4) aussi, est que sa durée d'occlusion est comprise entre celle des simples et des géminées des autres lieux d'articulation même si elle est beaucoup plus proche de la géminée que de la simple.

### 2.5.1.3 La durée du VOT et du bruit de relâchement

Les valeurs moyennes du VOT pour les simples et les géminées sourdes en positions initiale et intervocalique pour les cinq locuteurs sont résumées dans le tableau (2.5) et la figure (2.10).

	Initiale		Intervocalique	
	Simple	Géminé	Simple	Géminé
<b>A_M</b>	43 <i>14</i>	43 <i>14</i>	40 <i>8</i>	48 <i>18</i>
<b>A_A</b>	45 <i>18</i>	46 <i>18</i>	47 <i>18</i>	51 <i>21</i>
<b>E_B</b>	38 <i>14</i>	39 <i>9</i>	44 <i>14</i>	43 <i>14</i>
<b>B_L</b>	41 <i>11</i>	38 <i>15</i>	45 <i>10</i>	42 <i>11</i>
<b>R_R</b>	52 <i>16</i>	48 <i>14</i>	43 <i>15</i>	43 <i>12</i>

Tableau 2.5. Durées moyennes (et écart type) du VOT des occlusives sourdes simples et géminées en position initiale et intervocalique pour les 5 locuteurs.

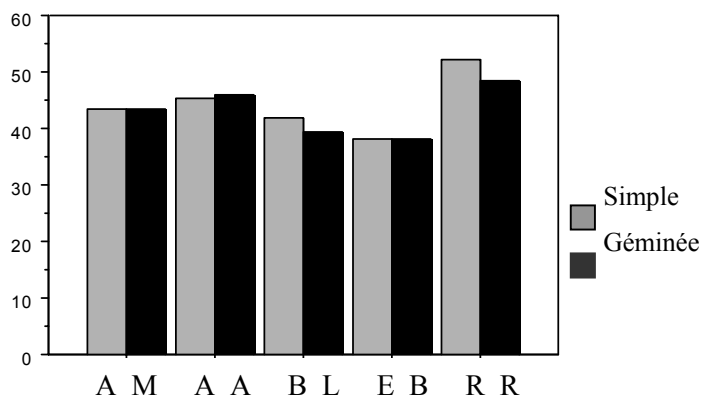


Figure 2.10. Les durées moyennes du VOT pour les occlusives simples et géminées sourdes pour les cinq locuteurs

Le test-t à un seul facteur montre que le VOT ne joue aucun rôle dans l'opposition entre simples et géminées [ $F(1, 38) = 0.055$ ,  $p = .8156$ , pour la position initiale ;  $F(1, 38) = 0.221$ ,  $p = .6409$ , pour la position intervocalique]. Notez que le VOT est soit quasiment identique pour les simples et les géminées (le cas des locuteurs A\_M, A\_A et E\_B) ou légèrement plus bas

pour les géménées. Nos analyses statistiques effectuées sur les valeurs du VOT des occlusives sourdes selon leurs places d'articulation (qu'elles soient simples ou géménées) montrent des différences importantes. Le test ANOVA à un facteur montre que la valeur du VOT d'une occlusive dépend du lieu d'articulation de cette consonne [ $F(3, 36) = 27.575$ ,  $p < .0001$ , pour la position initiale ;  $F(3, 36) = 40.577$ ,  $p < .0001$ , pour la position intervocalique.] /T/ et dans une moindre mesure /q/ ont des VOTs plus courts que /t/ et /k/ comme le montre la figure (2.11). Cette observation confirme la tendance générale observée dans les langues ayant les mêmes places d'articulation, comme l'arabe classique et les différentes variantes de l'arabe dialectal.

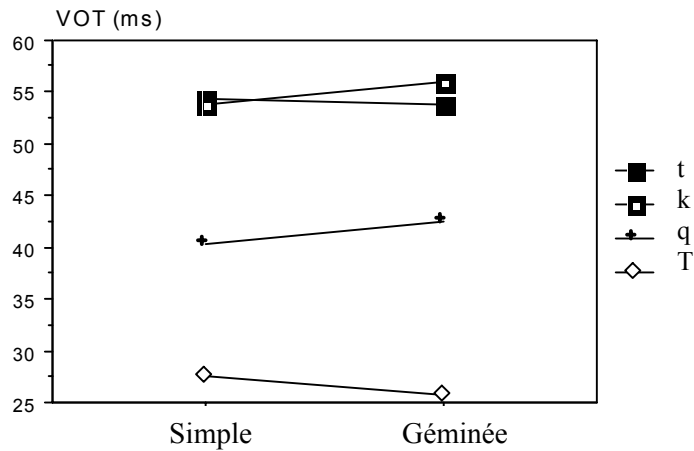


Figure 2.11. Durées moyennes des VOTs des occlusives sourdes [t, k, q, T] simples et géménées.

Les tests PLSD de Fisher montrent que, hormis la comparaison dentales vs. vélaires, toutes les autres comparaisons deux à deux entre les occlusives sourdes sont très significativement différentes. Le tableau ci-dessous illustre ces comparaisons :

	Ecart moyen	Ecart critique	Valeur de p
t vs. k	-8.50	4.793	= .2980
t vs. q	12.60	4.793	<.0001
t vs. T	27.35	4.793	<.0001
k vs. q	13.45	4.793	<.0001
k vs. T	28.20	4.793	<.0001
T vs. q	14.75	4.793	<.0001

Tableau 2.6. Résultats de l'analyse Post-hoc faite sur les durées du VOT des occlusives sourdes

Pourquoi /t/ et /k/ ont-ils des VOTs plus importants que /q/ et surtout /T/ ? Nous reviendrons sur cette question importante dans la partie physiologique et nous essayerons de développer une analyse globale qui rend compte de cet aspect et qui expliquerait aussi pourquoi les simples et les géminées ont des VOTs (ou des durées d'aspiration) quasiment identiques.

Nous avons vu que les simples et les géminées ont des durées de bruit du relâchement quasiment identiques en position initiale et intervocalique. Qu'en est-il en position finale ? Là aussi, le test-t à un seul facteur montre que la durée du bruit du relâchement ne joue aucun rôle dans l'opposition entre simples et géminées [ $F(1, 38) = 0.340$ ,  $p = .5634$ ] :

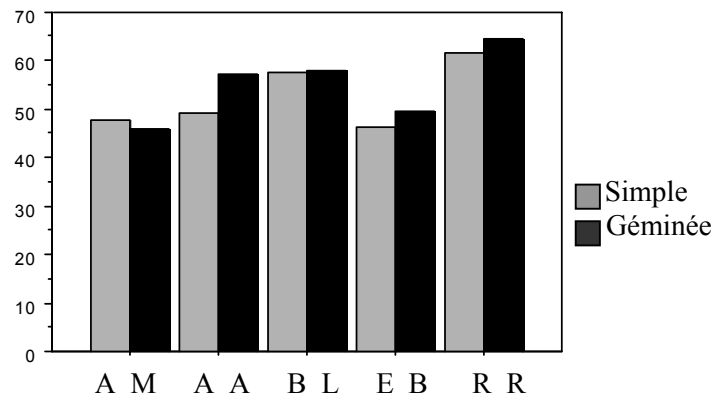


Figure 2.12. Les durées moyennes du bruit de relâchement pour les occlusives simples et géminées sourdes finales pour les cinq locuteurs

Mais contrairement aux autres positions, aucune interaction n'a été trouvée entre la durée du bruit du relâchement et le lieu d'articulation de la consonne [ $F(3, 36) = 2.322$ ,  $p = .0915$ ]. Les tests PLSD de Fisher montrent que, seule la différence [t vs. q] est légèrement significative ( $p = .0152$ ), la dentale ayant un bruit de relâchement légèrement supérieur à celui de la vélaire. Les autres oppositions ne reflètent aucune différence significative :

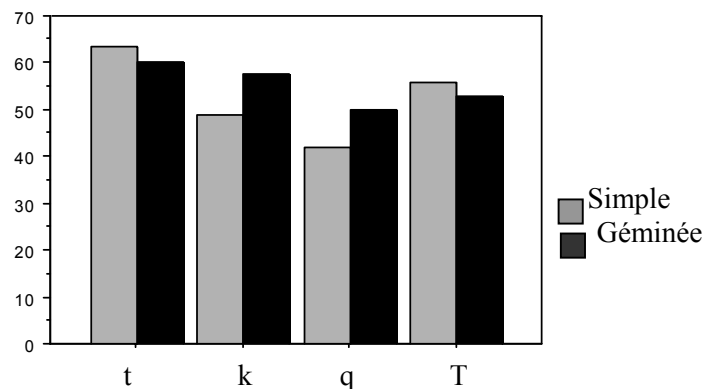


Figure 2.13. Les durées moyennes du bruit de relâchement pour les occlusives simples et géminées sourdes finales selon les quatre places d'articulation.

Considérons maintenant la durée du bruit du relâchement pour les occlusives sonores. Mais rappelons tout d’abord les quelques problèmes que nous avons rencontrés lors de l’étiquetage de ce paramètre acoustique. Certaines occlusives simples en position initiale, intervocalique ou finale ont été réalisées sans relâchement (voir section (2.5.2.2)). Nous les avons dans ce cas là exclu de nos mesures et calculé la moyenne des réalisations restantes.

Les occlusives géminées sont réalisées avec un bruit de relâchement facile à étiqueter. Malgré cela, nous avons dû exclure de nos mesures toutes les réalisations de B\_L contenant la géminée /bb/ finale car il les réalise en insérant un chva après le relâchement. Nous allons traiter de cette tendance qu’ont certains locuteurs chleuhs à insérer un chva en position finale dans la section sur le statut du chva en berbère chleuh. La comparaison entre les durées du bruit de relâchement des simples et des géminées révèle des différences significatives en position initiale et intervocalique [ $F(1, 38) = 18.963$ ,  $p < .0001$ , pour la position initiale ;  $F(1, 38) = 10.920$ ,  $p = .0021$ , pour la position intervocalique]. Par contre, la durée du bruit de relâchement ne permet pas de distinguer les simples des géminées en position finale [ $F(1, 28) = 1.186$ ,  $p = .2855$ ]. Les valeurs moyennes pour les cinq locuteurs dans les trois positions sont résumées dans le tableau (2.7) et les figures (2.14) et (2.15).

	Initiale		Intervocalique		Finale	
	Simple	Géminé	Simple	Géminé	Simple	Géminé
<b>A_M</b>	16 <i>6.557</i>	32 <i>7.594</i>	22 <i>11.818</i>	39 <i>8.042</i>	33 <i>12.166</i>	34 <i>19.630</i>
<b>A_A</b>	12 <i>2.217</i>	23 <i>11.705</i>	13 <i>4.646</i>	23 <i>10.626</i>	31 <i>8.737</i>	42 <i>26.312</i>
<b>E_B</b>	15 <i>4.655</i>	24 <i>10.308</i>	14 <i>3.594</i>	16 <i>9.983</i>	37 <i>7.211</i>	38 <i>6.245</i>
<b>B_L</b>	15 <i>3.512</i>	22 <i>8.699</i>	16 <i>4.856</i>	28 <i>10.145</i>	28 <i>12</i>	37 <i>2.309</i>
<b>R_R</b>	17 <i>2.517</i>	24 <i>9.708</i>	17 <i>2.217</i>	26 <i>10.033</i>	28 <i>2.646</i>	27 <i>2.517</i>

Tableau 2.7. Durées moyennes (et écarts type) du bruit de relâchement des occlusives simples et géminées sonores en position initiale, intervocalique et finale pour les 5 locuteurs.

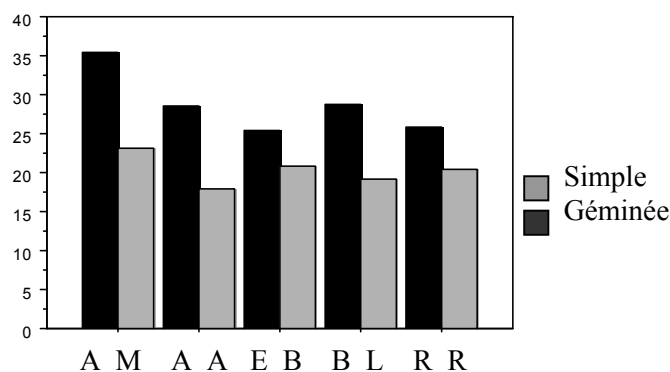


Figure 2.14. Les durées moyennes du bruit de relâchement pour les occlusives simples et gémignées sonores pour les cinq locuteurs

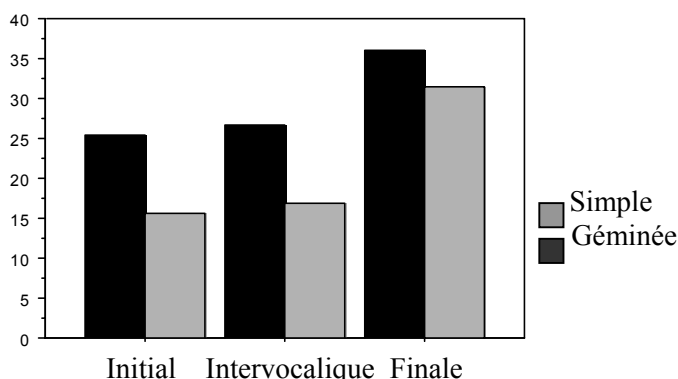


Figure 2.15. Les durées moyennes du bruit de relâchement pour les occlusives simples et gémignées sonores selon les trois positions.

Une interaction a été trouvée entre le type de la consonne (simple/gémignée) et la nature de la consonne en position initiale [ $F(3, 32) = 8.040, p = .0004$ ]. Nous avons, dans ce cas-là, exploré l'effet de la durée du bruit de relâchement sur chaque lieu d'articulation et nous avons trouvé que ce critère ne permet pas de distinguer entre les labiales simples et gémignées [ $F(1, 8) = 1.994, p = .1956$ ] ainsi qu'entre les pharyngales simples et gémignées [ $F(1, 8) = 4.552, p = .0654$ ]. Mais il permet par contre de distinguer entre les dentales [ $F(1, 8) = 22.785, p = .0014$ ] et entre les vélaires [ $F(1, 8) = 84.152, p < .0001$ ] simples et gémignées. Aucune interaction n'a été trouvée entre la gémination et la nature de la consonne en position intervocalique. Ceci indique que la durée du bruit de relâchement est distinctive pour toutes les consonnes dans cette position ; même pour /D/ et /DD/, la différence de durée ne dépasse pas les 6 ms ce qui est une différence très peu significative d'un point de vue perceptif.

Un ensemble de remarques est à faire à propos de ces résultats. Tout d'abord contrairement à leurs contreparties sourdes, les gémignées sonores semblent s'opposer, en positions initiale et

intervocalique, aux simples correspondantes en terme de durée du bruit de relâchement. Mais cette différence n'est pas systématique et ne concerne en position initiale par exemple que les dentales et les vélaires. En position intervocalique, où la différence est significative, certaines géminées présentent des durées très légèrement supérieures à leurs contreparties simples. Des variations ont été observées parmi les locuteurs aussi. E\_B, par exemple, comme le montre le tableau (2.7), ne produit qu'une différence de 2 ms entre la géminée et la simple en position intervocalique. Cet ensemble de remarques sera traité plus loin. Mais disons le tout de suite, le fait que les géminées se réalisent avec un bruit de relâchement plus important est dû à la tendance qu'ont ces segments à se dévoiser vers la fin de leurs tenues. Les différentes variations signalées ci-dessus ne sont en réalité que le reflet des variations qui affectent le taux de dévoisement des géminées selon les locuteurs et les différentes places d'articulation. Nous allons voir plus bas, que E\_B, par exemple, qui n'oppose pas les simples aux géminées en position intervocalique, est le sujet qui dévoise le moins parmi les cinq locuteurs. La différence entre les différentes places d'articulation s'explique aussi par la tendance quasi universelle qu'ont les occlusives postérieures à se dévoiser plus facilement que les occlusives antérieures (Ohala 1983, Vaissière 1997). Nous allons revenir sur les raisons aérodynamiques de ce dévoisement dans la section (2.5.2.3).

Plusieurs études acoustiques sur différentes langues ont montré que les occlusives sourdes ont une durée d'occlusion plus longue que leurs contreparties voisées. Fischer-Jørgensen (1976), à partir des données de l'allemand du nord, a trouvé que la durée d'occlusion des segments /p, t, k/ est en moyenne de 44 ms plus longue que celle de /b, d, g/. De telles différences significatives ont aussi été observées par Haag (1979) et Kohler (1979, 1982). On attribue généralement la durée plus importante des occlusives sourdes, comparées à leurs contreparties sonores, à une plus grande force d'articulation les caractérisant. Ceci est plausible pour l'allemand où c'est effectivement la tension et non pas le voisement qui permet principalement de distinguer les sourdes des voisées (cf. Jessen 1998). Qu'en est-il des langues où l'opposition est plutôt rendue principalement par le voisement ? Ham 1998, à partir des données de l'arabe levantin, a observé la même tendance mais avec des écarts moins importants. Les occlusives sourdes ont une durée d'occlusion plus longue que leurs contreparties sonores malgré des variations importantes selon les contextes (intervocalique ou finale). Ham a aussi comparé les sourdes et les voisées des simples et des géminées et a trouvé que cette différence est plus importante entre les simples qu'entre les géminées. Louali



et Maddieson (1999), à partir des données de plusieurs dialectes berbères, ont trouvé des différences significatives de durée d'occlusion entre les sourdes et les voisées aussi bien pour les simples que pour les géménées. Et là aussi, comme pour l'arabe levantin, la différence est plus importante entre les occlusives sourdes et voisées simples (14 ms) qu'entre les géménées (8 ms).

Pour notre part, nous avons comparé la durée d'occlusion des occlusives dentales et vélaires sourdes et voisées /t et k vs. d et g/ et /tt et kk vs. dd et gg/. Nos résultats n'indiquent aucune différence significative entre la durée d'occlusion des sourdes et celle des voisées [ $F(1, 78) = .408, p = .5246$ ]. Les occlusives voisées sont même en moyenne de 7 ms plus longues que les sourdes.

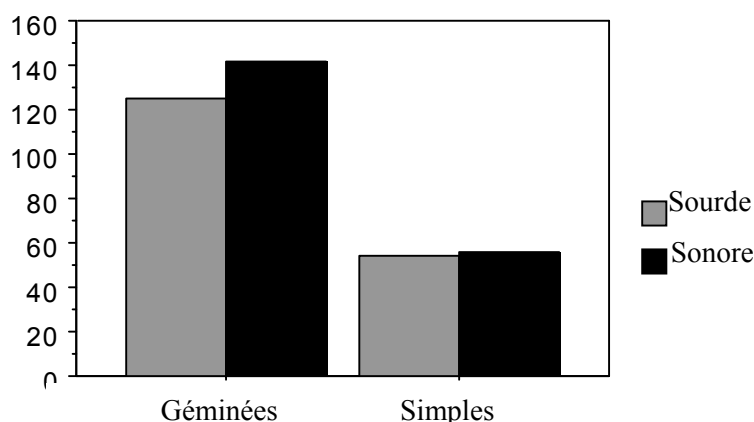


Figure 2.16. Les durées moyennes d'occlusion pour les dentales et vélaires simples et géménées sourdes et sonores.

Notez que ce résultat est à l'opposée de ce qui est observée dans les autres langues, où ce sont plutôt les sourdes qui sont généralement plus longues. Une autre dissemblance avec les autres langues concerne la différence entre les simples et les géménées. Nos résultats indiquent que la différence entre sourdes et voisées est plus importante entre les occlusives géménées (15 ms) qu'entre les occlusives simples (4 ms). Une deuxième comparaison concerne le ratio des simples aux géménées pour les sourdes et les voisées. Ham (1998) a trouvé pour l'arabe de Levantine que ce ratio est plus large pour les voisées que pour les sourdes. Les ratios indiqués dans le tableau (8) montrent que c'est aussi le cas en berbère.

	Sourdes	Sonores
<b>Intervocalique</b>	1:1.88	1:2.55
<b>Finale</b>	1:1.91	1:2.54

Tableau 2.8. Les ratios des simples aux géménées pour les occlusives sourdes et les sonores en position initiale et intervocalique

Rappelons que cela signifie uniquement que la différence de durée entre les simples et les géminées est plus importante pour les occlusives sonores que pour les sourdes, et non pas que les géminées voisées sont plus longues que leurs contreparties sourdes en terme de durée absolue.

### 2.5.1.4 La durée des fricatives

Comme pour les occlusives, nous allons d'abord nous intéresser aux fricatives sourdes simples et géminées et puis à leurs contreparties sonores. La durée des fricatives sourdes /f, s, ʃ, χ/ a été comparée à celle des géminées correspondantes /ff, ss, ʃʃ, χχ/ pour les cinq locuteurs et selon les trois positions. Le test ANOVA à un seul facteur montre que la durée des géminées est significativement plus longue que celle des simples [ $F(1, 38) = 109.371$ ,  $p < .0001$ , pour la position initiale ;  $F(1, 38) = 275.721$ ,  $p < .0001$ , pour la position intervocalique ;  $F(1, 38) = 244.890$ ,  $p < .0001$  pour la position finale]. Cette tendance a été observée chez tous les locuteurs. Aucune différence significative n'a en effet été trouvée entre les 5 sujets [ $F(4, 110) = 1.897$ ,  $p = .1161$ ]. Les durées moyennes pour chaque locuteur selon les trois positions, ainsi que les déviations standards sont résumées dans le tableau (2.9) ci-dessous.

	Initiale		Intervocalique		Finale	
	Simple	Géminé	Simple	Géminé	Simple	Géminé
<b>A_M</b>	146 <i>6.500</i>	220 <i>22.692</i>	131 <i>6.021</i>	190 <i>14.720</i>	149 <i>11.587</i>	279 <i>22.554</i>
<b>A_A</b>	131 <i>18.118</i>	247 <i>32.428</i>	130 <i>10.996</i>	214 <i>12.517</i>	169 <i>6.898</i>	324 <i>34.588</i>
<b>E_B</b>	127 <i>18.839</i>	233 <i>33.915</i>	127 <i>17.369</i>	196 <i>4.082</i>	159 <i>23.031</i>	280 <i>33.096</i>
<b>B_L</b>	127 <i>21.930</i>	210 <i>22.398</i>	141 <i>8.832</i>	192 <i>11.615</i>	146 <i>11.587</i>	256 <i>30.966</i>
<b>R_R</b>	143 <i>11.790</i>	265 <i>63.830</i>	136 <i>7.681</i>	212 <i>11.690</i>	155 <i>10.689</i>	313 <i>10.996</i>

Tableau 2.9. Durées moyennes (et écarts type) des fricatives simples et géminées sonores en position initiale, intervocalique et finale pour les 5 locuteurs.

La durée des fricatives (simples ou géminées) est significativement affectée par la position de ces segments dans le mot [ $F(2, 114) = 53.979$ ,  $p < .0001$ ]. Comme pour les occlusives, c'est principalement la position finale qui se caractérise par un allongement de la durée. Ces différences sont encore plus évidentes et plus importantes quand on compare les géminées entre elles.

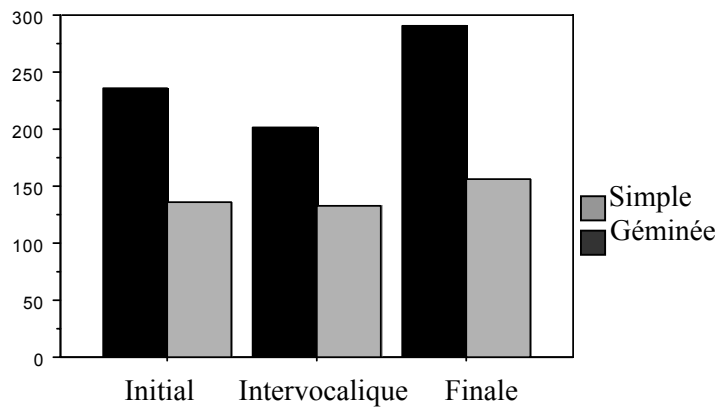


Figure 2.17. Les durées moyennes des fricatives simples et gémignées selon les trois positions.

L'analyse post-hoc (PLSD de Fisher : tableau 2.10) montre qu'aucune différence significative n'existe entre les simples en positions initiale et intervocalique. La comparaison de la position finale avec ces deux positions indique par contre des différences significatives. Les segments en position finale sont toujours réalisés avec une durée significativement plus longue. Pour les gémignées, la comparaison entre les trois positions présente toujours des différences significatives, même si l'écart entre la position initiale et intervocalique est moins important :

	Simple			Gémigné		
	Ecart moyen	Ecart critique	Valeur de p	Ecart moyen	Ecart critique	Valeur de p
Initial - Intervocalique	2.200	9.099	=.6301	34.650	20.102	=.0011
Initiale - Finale	-20.350	9.099	<.0001	-55.100	20.102	<.0001
Intervocalique - Finale	-22.550	9.099	<.0001	-89.750	20.102	<.0001

Tableau 2.10. Résultats de l'analyse Post-hoc faite sur les durées des fricatives sourdes en position initiale, intervocalique et finale.

Nous avons voulu savoir si, comme pour les occlusives sourdes, une interaction existe entre la gémination et la nature des fricatives. Plus particulièrement, nous avons voulu savoir si les uvulaires fricatives se comportent de la même manière que leurs contreparties occlusives. Le test-t à deux facteurs montre qu'aucune interaction n'existe entre la gémination et la nature des fricatives [ $F(3, 112) = 0.086$ ,  $p = .9674$ ]. Toutes les fricatives présentent donc des différences significatives en terme de durée entre les simples et les gémignées.

Concernant les fricatives sonores, le test ANOVA à un seul facteur indique, comme pour les sourdes, que la durée joue un rôle majeur dans l'opposition simple/gémignée [ $F(1, 28) = 870.751$ ,  $p < .0001$ , pour la position initiale ;  $F(1, 28) = 59.796$ ,  $p < .0001$ , pour la position intervocalique ;  $F(1, 28) = 95.329$ ,  $p < .0001$  pour la position finale] et ce dans les trois positions et pour les 5 locuteurs :

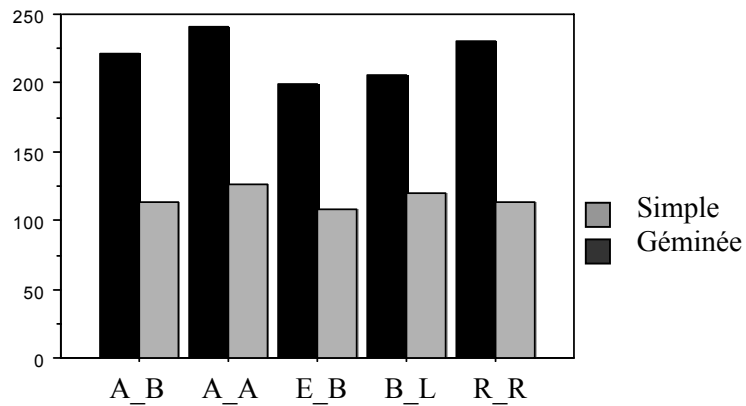


Figure 2.18. Les durées moyennes des fricatives simples et gémignées sonores pour les cinq sujets.

Concernant l'influence du contexte, nos résultats montrent que la durée des fricatives est aussi très significativement affectée par la position de ces segments dans le mot [ $F(2, 84) = 33.659$ ,  $p < .0001$ ].

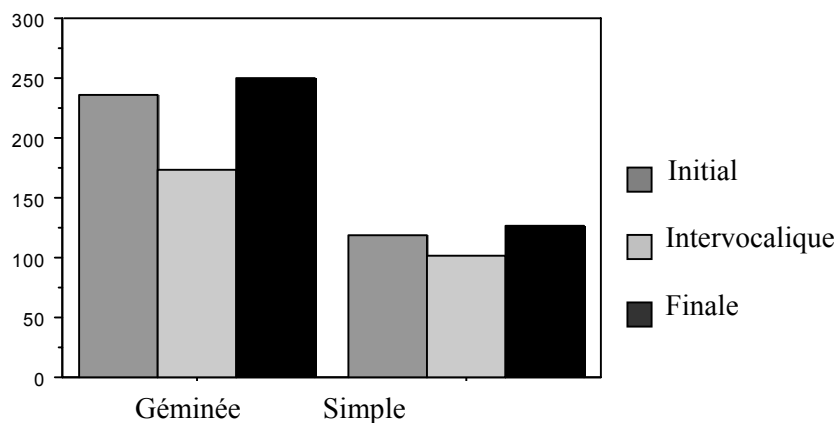


Figure 2.19. Les durées moyennes des fricatives simples et gémignées sonores selon les trois positions.

Aussi bien pour les simples que pour les gémignées, les segments en position initiale et finale ont une durée plus longue qu'en position intervocalique. Les tests PLSD de Fisher illustrent ces différences :

	Ecart moyen	Ecart critique	Valeur de p
Initial - Intervocalique	39.967	13.139	<.0001
Initiale - Finale	-11.733	13.139	=.0794
Intervocalique - Finale	-51.700	13.139	<.0001

Tableau 2.11. Résultats de l'analyse Post-hoc faite sur les durées des fricatives sonores en position initiale, intervocalique et finale.

Nous avons voulu savoir, si à l'instar des occlusives sourdes, une interaction existe entre la gémiation et la nature des fricatives sonores. Plus particulièrement, nous avons voulu savoir si les uvulaires fricatives sonores /R/ et /RR/ se comportent de la même manière que leurs contreparties occlusives, qui comme nous l'avons indiqué plus haut, n'opposent pas les simples aux géménées en terme de durée. Le test-t à deux facteurs indique qu'aucune interaction n'existe entre la gémiation et le lieu d'articulation des fricatives [ $F(2, 84) = 0.023$ ,  $p = .9774$ ]. Toutes les fricatives présentent donc une différence significative entre la simple et la géminée. Mais l'examen de la figure (2.20) ci-dessous, qui résume les durées des trois fricatives simples et géménées, fait ressortir des différences assez intéressantes. En position intervocalique en effet, les durées des uvulaires /R/ et /RR/ sont significativement différentes de celles des dentales et des alvéopalatales.

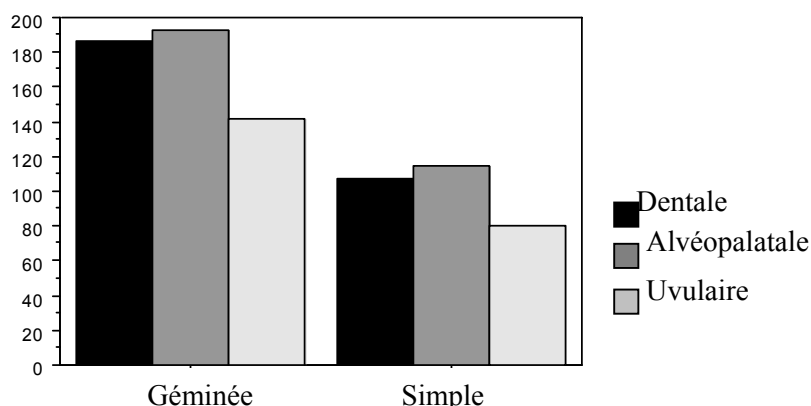


Figure 2.20. Les durées moyennes des fricatives /z, ʒ, R/ simples et géménées sonores.

La durée moyenne de /R/ simple et de sa contrepartie géminée /RR/ est de 80 ms et 141 ms respectivement. Les durées des dentales et des alvéopalatales sont respectivement de 107 et 115 ms pour les simples et de 186 ms et 192 ms pour les géménées. La différence de durée entre uvulaire simple/géminée n'est que très légèrement significative pour certains locuteurs comme c'est le cas pour E\_B [ $F(1, 8) = 10.348$ ,  $p = .0123$ ], avec une différence moyenne entre la simple et la géminée de 33 ms au lieu de 78 ms pour les autres fricatives. Cet aspect

des uvulaires /R/ et /RR/, ajouté aux cas de leurs contreparties sourdes /q/ et /qq/, reflète un aspect particulier des uvulaires en berbère chleuh auquel nous allons revenir plus loin. Nous traiterons des implications phonologiques d'un tel comportement dans la section (5.3.2.3).

### 2.5.1.5 La durée de la voyelle précédente

Cette section présente les résultats des durées des voyelles précédant les simples et géminées en position intervocalique et finale. Nous nous intéresserons tout d'abord aux durées de la voyelle précédant les occlusives sourdes et sonores. La durée des voyelles précédant les fricatives sera présentée plus loin. L'influence de la position et le voisement sur les durées des voyelles sera aussi analysée.

La durée de la voyelle /i/ précédant les occlusives sourdes /t, k, q, T/ a été comparée à celle précédant les géminées correspondantes /tt, kk, qq, TT/ pour les cinq locuteurs dans les deux positions. Le test ANOVA à un seul facteur montre que la durée de la voyelle est significativement plus courte devant une géminée que devant une simple [ $F(1, 38) = 8,709$ ,  $p=.0054$ , pour la position intervocalique ;  $F(1, 38) = 12.803$ ,  $p=.001$ , pour la position finale]. Cette tendance a été observée chez tous les locuteurs. En effet, aucune différence significative n'existe entre les 5 sujets [ $F(4, 70) = 3.085$ ,  $p = .0213$ ]. Les durées moyennes pour chaque locuteur selon les deux positions ainsi que les écarts types sont résumés dans le tableau (2.12) et reflétés par la figure (2.21) ci-dessous.

	Intervocalique		Finale	
	Simple	Géminé	Simple	Géminé
<b>A_M</b>	84 <i>8.421</i>	78 <i>4.243</i>	96 <i>10.874</i>	83 <i>11.605</i>
<b>A_A</b>	79 <i>14.535</i>	66 <i>10.630</i>	87 <i>15.945</i>	66 <i>11.916</i>
<b>E_B</b>	92 <i>19.070</i>	77 <i>7.967</i>	98 <i>22.068</i>	82 <i>9.708</i>
<b>B_L</b>	79 <i>22.708</i>	63 <i>12.258</i>	90 <i>27.544</i>	74 <i>13.241</i>
<b>R_R</b>	73 <i>5.852</i>	63 <i>10.376</i>	90 <i>12.339</i>	71 <i>13.745</i>

Tableau 2.12. Durées moyennes (et écart type) précédant les occlusives simples et géminées en position intervocalique et finale pour les 5 locuteurs.



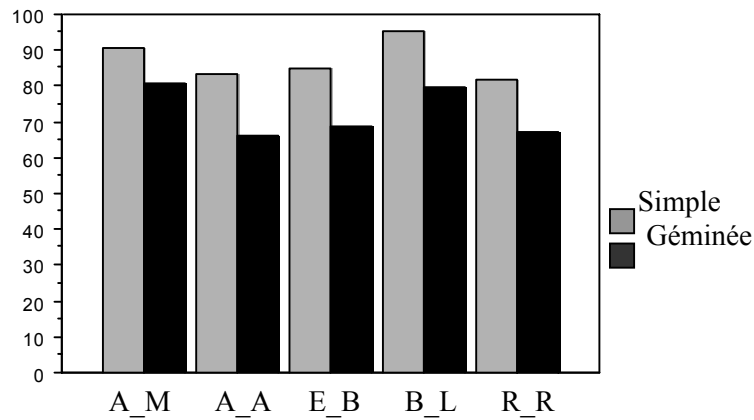


Figure 2.21. Les durées moyennes des voyelles précédant les occlusives sourdes simples et gémignées pour les 5 locuteurs

Comme pour les autres paramètres, des différences significatives existent entre les durées de la voyelle selon la position qu'elle occupe dans le mot : la voyelle en position finale (précédant une simple ou une gémignée) a une durée plus longue qu'en position médiane [ $F(1, 78) = 5.290$ ,  $p = .0241$ ]. Concernant l'influence de la nature de la consonne, nos analyses statistiques montrent que la différence de durée de la voyelle devant simple/gémignée varie selon la nature de l'occlusive [ $F(3, 72) = 4.173$ ,  $p = .0088$ ]. La comparaison des durées de la voyelle pour chaque place d'articulation révèle que devant les uvulaires /q/ et /qq/, contrairement aux autres classes de segments, les voyelles ne présentent aucune différence significative [ $F(1, 98) = 0.302$ ,  $p = .5837$ ]. La figure (2.22) illustre ce comportement, qui est différent de celui observé pour les autres classes de segments.

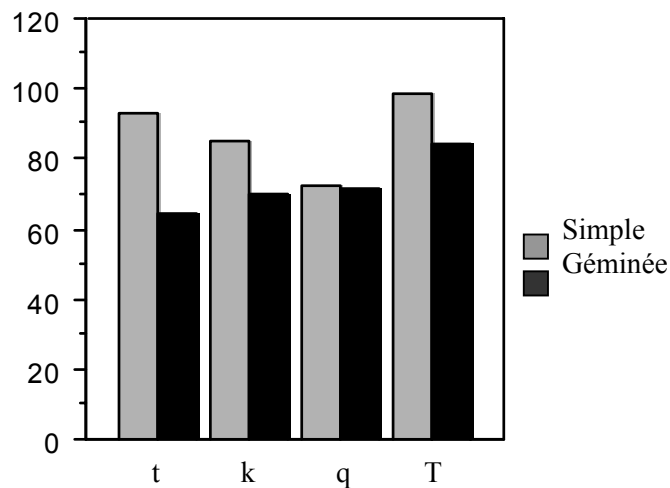


Figure 2.22. Les durées moyennes des voyelles précédant les occlusives sourdes simples et gémignées pour chaque place d'articulation.

Comme le montre cette figure, la durée de la voyelle devant les uvulaires simples et géminées est la même et est quasi identique à celle devant les autres occlusives géminées. Rappelons, qu'en plus de la durée de la voyelle, les uvulaires ne s'opposent pas non plus en terme de durée d'occlusion. Nous avons mis de côté le cas des uvulaires et avons analysé statistiquement les différences de durée vocalique pour les trois autres places d'articulation. Les résultats indiquent une différence très significative :  $[F(1, 58) = 27.672, p < .0001]$ . Les voyelles précédant les géminées sont de 23 ms en moyenne plus courtes que devant les simples.

Nous avons effectué les mêmes analyses statistiques sur les durées des voyelles précédant les occlusives sonores pour savoir si la gémination a une influence sur cette durée. Le test-t ANOVA à un seul facteur montre là aussi, que la voyelle s'abrège devant les géminées  $[F(1, 38) = 37.295, p < .0001]$ , pour la position intervocalique ;  $F(1, 38) = 10.395, p = .0026$ , pour la position finale]. L'abrègement de la voyelle devant une géminée concerne tous les locuteurs. Comme c'est le cas devant les occlusives sourdes, les voyelles sont significativement plus longue en position finale qu'en position médiane  $[F(1, 78) = 17.744, p < .0001]$ . Par contre aucune interaction n'a été trouvée entre le type de la consonne (simple ou géminée) et le lieu d'articulation de la consonne  $[F(3, 72) = 0.168, p = .9176]$ . Cela indique que la voyelle s'abrège devant toute occlusive sonore géminée quelle que soit sa place d'articulation.

Il a été largement observé que les voyelles sont plus brèves devant les sourdes que devant les sonores (House & Fairbanks 1953 ; Delattre 1962 ; Chen 1970 ; Klatt 1973 ; Port et al. 1980 ; Port 1981 ; Keating 1985)<sup>2</sup>. Nous avons voulu savoir si le berbère présente le même phénomène. Nous avons donc comparé la durée des voyelles devant les sourdes et devant les sonores. Pour ce faire, nous avons comparé les voyelles dans le contexte des occlusives simples qui partagent les mêmes places d'articulation, i.e. /Vt vs. Vd/, /Vk vs. Vg/ et /VT vs. VD/. Le test ANOVA à un seul facteur montre qu'effectivement en berbère chleuh aussi, les voyelles tendent à s'abrèger devant les occlusives sourdes  $[F(1, 58) = 10.487, p = .0020]$ . Seul un locuteur (A\_A) a réalisé les voyelles devant les sourdes et les voisées avec une même durée, comme le montre la figure (2.23) :

---

<sup>2</sup> Voir Mitleb (1983) pour des résultats contraires à partir des données sur l'arabe.

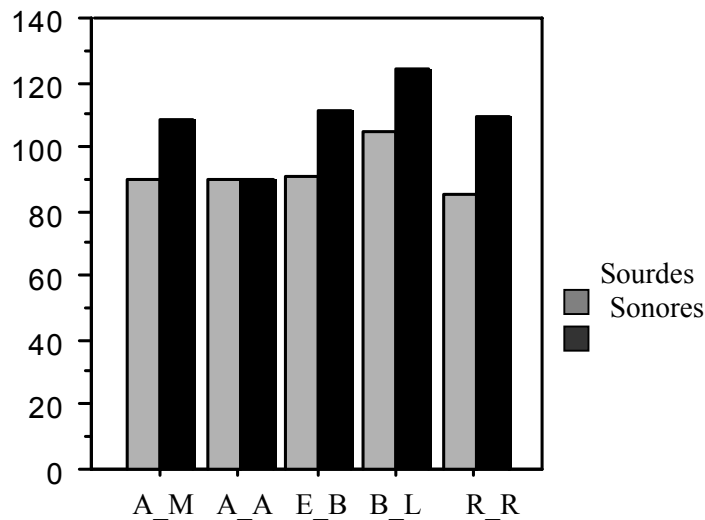


Figure 2.23. Les durées moyennes des voyelles précédant les occlusives sourdes et sonores simples pour les cinq locuteurs.

L'analyse de la durée des voyelles devant les fricatives sourdes (simples et géminées) indique une tendance d'abrègement vocalique devant les géminées [ $F(1, 38) = 10.913$ ,  $p = .0021$  en position intervocalique et  $F(1, 38) = 8.479$ ,  $p = .0060$  en position finale]. Aucune interaction n'a été trouvée entre la gémination et le lieu d'articulation des fricatives [ $F(3, 32) = 1.016$ ,  $p = .3985$ , pour la position intervocalique, et  $F(3, 32) = 0.863$ ,  $p = .4704$  pour la position finale]. De même, aucune interaction n'a été observée entre la gémination et les locuteurs [ $F(4, 30) = 0.816$ ,  $p = .5249$ , pour la position intervocalique, et  $F(4, 30) = 0.139$ ,  $p = .9664$  pour la position finale]. Mais il nous semble important de signaler qu'un locuteur (E\_B) ne produit qu'une différence marginale entre les durées de la voyelle précédant les simples et les géminées (7 ms en moyenne). La figure (2.24) illustre cet aspect :

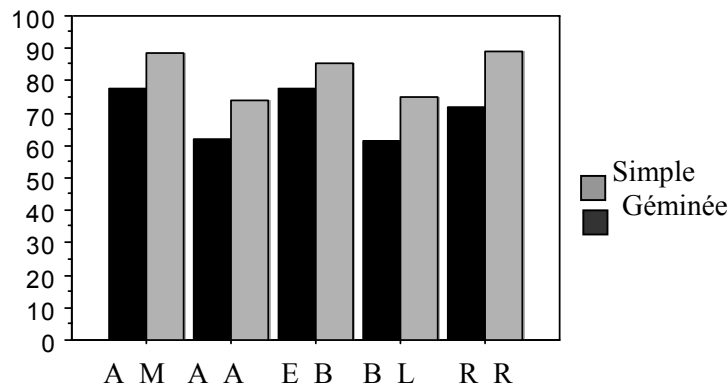


Figure 2.24. Les durées moyennes des voyelles précédant les fricatives sourdes simples et géminées pour les cinq locuteurs

Concernant les fricatives sonores, là aussi la voyelle est significativement plus brève devant les géménées [F(1, 58) = 10.050,  $p = .0024$ ]. Mais contrairement aux fricatives sourdes, une interaction a été trouvée entre la géménation et le lieu d'articulation des fricatives en position intervocalique [F(2, 144) = 5.028,  $p = .0077$ ]. La comparaison des durées de la voyelle pour chaque place d'articulation révèle que les durées de la voyelle devant les uvulaires /R/ et /RR/, contrairement aux autres classes de segments, ne montrent aucune différence significative [F(1, 48) = 0.424,  $p = .5181$ ]. La figure (2.25) illustre le comportement particulier des voyelles devant ces segments.

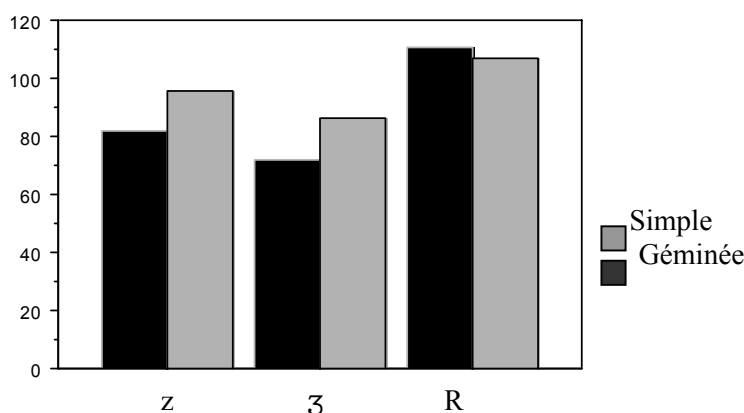


Figure 2.25. Les durées moyennes des voyelles précédant les fricatives sonores simples et géménées.

Comme le montre la figure ci-dessus, la durée de la voyelle devant une uvulaire géminée est en moyenne légèrement plus longue que devant sa contrepartie non géminée. Cette tendance a été observée chez les 5 locuteurs. Pour la position finale par contre aucune interaction entre la géménation et la nature de la consonne n'a été trouvée. L'influence de la position dans le mot sur la durée des voyelles a été là aussi clairement affirmée, les voyelles devant les fricatives en position finale étant significativement plus longues que devant les fricatives intervocaliques [F(1, 58) = 10.899,  $p = .0017$ ]. La comparaison entre les occlusives et les fricatives, indique que, contrairement aux occlusives, la différence de durée vocalique moyenne devant les simples et les géménées fricatives n'est que de 12 ms. Pour les occlusives, la voyelle s'abrège en moyenne de 23 ms devant les géménées.

### 2.5.1.6 La durée de la voyelle suivante

Selon Local & Simpson (1999), à partir des données sur le malayalam, la gémination a une influence non seulement sur la durée des voyelles précédentes mais aussi sur les voyelles suivantes. Nous avons voulu vérifier si c'est aussi le cas pour le berbère et avons donc comparé les durées des voyelles suivant les obstruantes simples aux durées des voyelles suivant les obstruantes géménées. Pour les occlusives sourdes aucune différence de durée n'a été observée entre les voyelles suivant les simples et celles suivant les géménées aussi bien en position initiale qu'en position intervocalique [ $F(1, 78) = .128, p = .7218$ ]. La même tendance a été observée pour les voyelles suivant les occlusives sonores et les fricatives [ $F(1, 78) = .165, p = .6854$ , devant les occlusives sonores,  $F(1, 78) = .019, p = .8913$ , devant les fricatives sourdes, et  $F(1, 58) = .143, p = .7245$ , devant les fricatives sonores]. Les figures (2.25) et (2.26) ci-dessous illustrent l'absence de différence devant les occlusives sourdes et les fricatives sourdes respectivement.

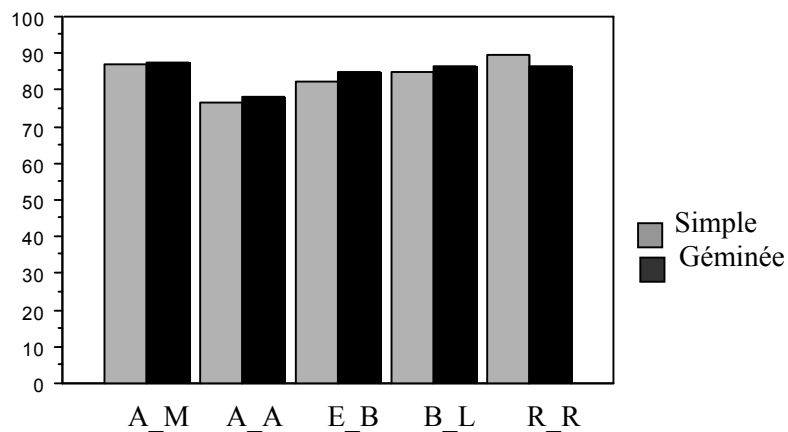


Figure 2.24. Les durées moyennes des voyelles suivant les occlusives sourdes simples et géménées pour les cinq locuteurs.

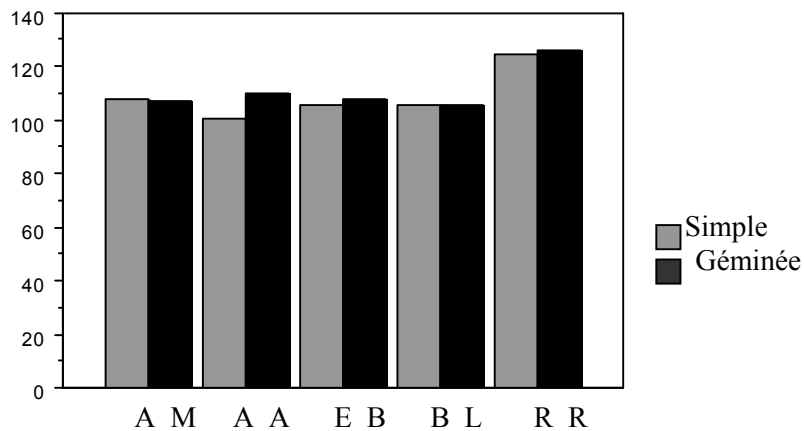


Figure 2.25. Les durées moyennes des voyelles suivant les fricatives sourdes simples et géménées pour les cinq locuteurs.

A l'évidence, l'aspect simple ou géminé des obstruantes n'a aucune influence sur la durée de la voyelle suivante en berbère chleuh.

#### **2.5.1.7 Synthèse et conclusion**

Avant de traiter des paramètres non temporels, résumons les résultats que nous avons obtenus jusqu'ici. Le berbère chleuh distingue les simples et les géminées principalement en terme de durée (la durée de l'occlusion pour les occlusives). La durée du VOT pour les occlusives sourdes est quasiment la même que le segment soit simple ou géminé. Nous fournirons une explication à cette absence de différence dans la partie photoglottographique. Pour les occlusives sonores, par contre, les géminées sont généralement réalisées avec un bruit de relâchement significativement plus long que celui des simples correspondantes. Les raisons d'une telle différence seront développées dans la section (2.5.2.3) sur le dévoisement des géminées. L'aspect géminé des obstruantes abrège la durée de la voyelle précédente d'une manière plus significative pour les occlusives que pour les fricatives. La gémination n'a par contre aucune influence sur la durée des voyelles suivantes. Les uvulaires /q, qq/ et /R, RR/ ont un comportement différent. Nous n'avons trouvé aucune différence de durée d'occlusion entre /q/ et /qq/. Les deux étant produites avec une durée d'occlusion quasi identique. Aussi, la voyelle s'abrège aussi bien devant /q/ que devant la géminée /qq/. Nous avons conclu à partir de ces résultats que les uvulaires occlusives se réalisent principalement comme des géminées en chleuh. Concernant les fricatives sonores, nos résultats indiquent que certains locuteurs ne produisent qu'une différence de durée légèrement significative entre /R/ et /RR/. Les durées de la voyelle devant ces uvulaires fricatives sonores, contrairement aux autres classes de segments, ne montrent aucune différence significative.

### **2.5.2 Paramètres non temporels**

Selon plusieurs auteurs, un ensemble de paramètres non temporels permet aussi de distinguer les segments géminés de leurs contreparties simples (voir section (1.2.1)). Parmi ces paramètres, on cite souvent l'amplitude et la qualité du burst, la qualité de l'occlusion, le F0 et les valeurs formantiques des voyelles adjacentes ainsi que le dévoisement des géminées sonores. Dans cette section, nous allons traiter brièvement de quelques uns de ces paramètres en commençant par l'influence supposée de l'aspect géminé des consonnes sur les valeurs formantiques des voyelles adjacentes.

#### **2.5.2.1 Les valeurs formantiques des voyelles**

Selon Shrotriya et al. (1995), d'après une étude sur les géminées en hindi, la valeur des fréquences formantiques des voyelles varie selon la nature simple ou géminée des consonnes suivantes. Ils considèrent ces variations comme des manifestations du trait de tension qui caractérise les segments géminés. Pour notre part, nous avons mesuré les fréquences F1, F2 et F3 des voyelles précédant et suivant les occlusives et les fricatives simples et géminées dans les trois positions initiale, intervocalique et finale. Les valeurs relevées correspondaient à la moyenne de chaque fréquence. N'ayant observé aucune différence selon les trois positions, nous présenterons ci-dessous uniquement les résultats obtenus pour la position intervocalique. Nous avons effectué deux séries d'analyses statistiques. La première série est un ensemble de tests ANOVA à un seul facteur (gémiation) pour déterminer si les valeurs formantiques varient selon l'aspect simple ou géminé des obstruantes précédant ou suivant les voyelles. La deuxième série est un autre ensemble de tests ANOVA à un seul facteur (lieu d'articulation). L'objectif est de déterminer si le lieu d'articulation des obstruantes influence les valeurs formantiques des voyelles adjacentes.

Commençons par la première série, celle qui nous intéresse le plus pour cette étude. L'aspect simple ou géminé n'a aucune influence sur les valeurs formantiques des voyelles précédentes pour les occlusives sourdes [ $F(1, 38) = 0.37$ ,  $p = .8488$  pour F1,  $F(1, 38) = 0.493$ ,  $p = 4.870$  pour F2,  $F(1, 38) = 0.272$ ,  $p = .6024$  pour F3]. La même absence de différence caractérise les valeurs formantiques des voyelles précédant les occlusives sonores et les fricatives sourdes et sonores. Concernant les voyelles suivant les simples et les géminées, là où Shrotriya et al. (1995) ont trouvé pour le hindi une influence significative de la gémiation, nos mesures n'indiquent là aussi aucune différence significative. Pour illustrer cette absence de différence, nous présenterons les résultats de l'analyse ANOVA effectuée sur les voyelles suivant les

fricative sourdes :  $[F(1, 38) = 0.256, p = .6136$  pour F1,  $F(1, 38) = 1.136, p = .2878$  pour F2,  $F(1, 38) = .024, p = .8777$  pour F3]. La même tendance caractérise toutes les autres obstruantes. A l'évidence, la gémation n'a aucune influence sur les valeurs formantiques des voyelles adjacentes.

Des différences significatives, par contre, ont été observées en comparant les valeurs formantiques des voyelles selon les différentes places d'articulation des consonnes adjacentes. Nous allons considérer ci-dessous uniquement le cas des occlusives en position intervocalique. Nos analyses ANOVA, pour les voyelles précédant les occlusives sourdes, indiquent que les valeurs de F1, F2 et F3 varient significativement selon le lieu d'articulation des occlusives [ $F(3, 36) = 16.288, p < .0001$  pour F1,  $(3, 36) = 4.615, p < .0078$  pour F2,  $F(3, 36) = 14.742, p < .0001$  pour F3]. Les analyses post-hoc (PLSD de Fisher) montrent que les valeurs formantiques de la voyelle précédant /q, T/ sont significativement différentes des valeurs de la même voyelle précédant /t, k/. Seules les comparaisons entre /q/ et /T/ d'un côté et entre /k/ et /t/ de l'autre ne sont pas significatives :

	F1	F2	F3
t vs. k	= .5596	= .6066	= .5417
t vs. q	<.0001	<.0001	<.0001
t vs. T	<.0001	<.0001	<.0001
k vs. q	<.0001	<.0001	<.0001
k vs. T	<.0001	<.0001	<.0001
q vs. T	= .1547	= .1715	= .0889

*Tableau 2.13. Résultats de l'analyse Post-hoc faite sur les valeurs formantiques (F1, F2, F3) des voyelles précédant les occlusives sourdes en position intervocalique.*

L'uvulaire et la dentale pharyngale ont la même influence sur les valeurs formantiques des voyelles précédentes, elles élèvent le F1 et abaissent le F2 et le F3 comme le montrent les figures ci-dessous. Les mêmes corrélats acoustiques caractérisent les valeurs formantiques des voyelles suivant les occlusives sourdes. L'uvulaire /q/ et la dentale emphatique /T/ élèvent le F1 et abaissent le F2 et le F3 de la voyelle suivante.



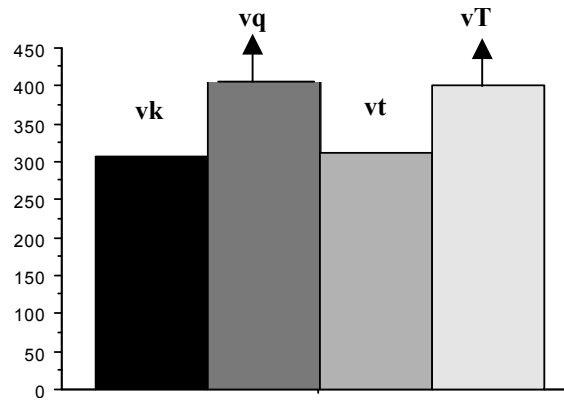


Figure 2.28. Les valeurs moyennes de **F1** de la voyelle suivant les différentes occlusives sourdes.

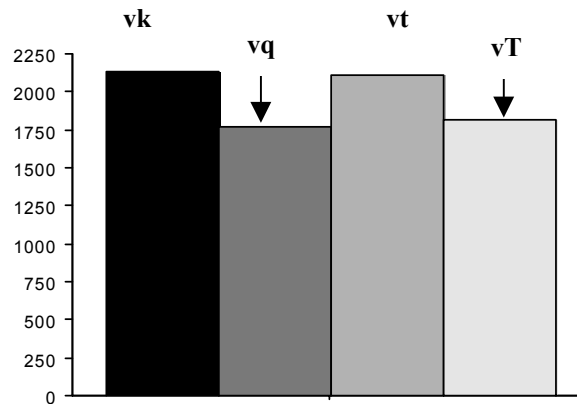


Figure 2.29. Les valeurs moyennes de **F2** de la voyelle suivant les différentes occlusives sourdes

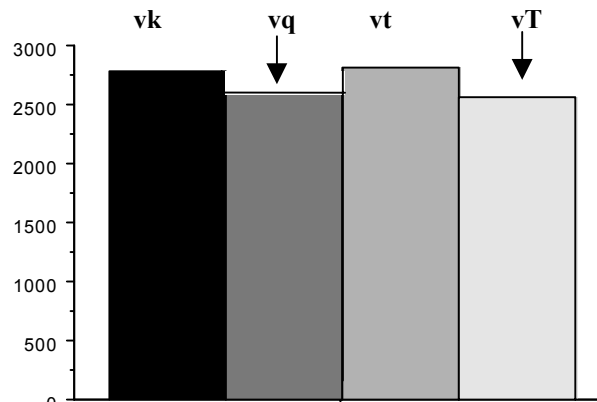


Figure 2.30. Les valeurs moyennes de **F3** de la voyelle suivant les différentes occlusives sourdes.

Concernant les occlusives sonores /b, d, g, D/, la dentale emphatique a la même influence sur les valeurs formantiques des voyelles suivantes et précédentes que sa contrepartie sourde (i.e. élévation de F1 et abaissement de F2 et F3). Rappelons que la contrepartie voisée de l'uvulaire occlusive sourde /G/ n'existe pas en chleuh. Les analyses Post-hoc (PLSD de Fisher) montrent que les valeurs formantiques de la voyelle précédant /D/ sont significativement différentes des valeurs de la même voyelle précédant /b, d, g/.

	F1	F2	F3
b vs. d	= .4308	= .7979	= .1596
b vs. g	= .7515	= .1188	= .0754
b vs. D	<.0001	<.0001	<.0001
d vs. g	= .2696	= .0698	= .0657
d vs. D	<.0001	<.0001	<.0001
g vs. D	<.0001	<.0001	<.0001

*Tableau 2.14. Résultats de l'analyse Post-hoc faite sur les valeurs formantiques (F1, F2, F3) des voyelles précédant les occlusives sonores en position intervocalique.*

Pour résumer nos résultats, la seule influence sur les valeurs formantiques des voyelles que nous avons observée est celle liée aux différents lieux d'articulations des obstruantes adjacentes. L'aspect simple ou géminé de ces consonnes n'a aucun impact sur ces valeurs.

### 2.5.2.2 La qualité de l'occlusion et du burst

McKay (1980) pour le rembranga, Jaeger (1983) pour le zapotec et le jawon, Local et Simpson (1988) pour le malayalam ainsi que Arvaniti & Tserdanelis (2000, 2001) pour le chypriote ont tous observé que les géménées se distinguent des simples par la qualité de l'occlusion. Les occlusives simples sont généralement réalisées avec une occlusion incomplète tandis que les géménées sont systématiquement produites avec une occlusion complète. Cet aspect de l'occlusion est considéré comme une manifestation d'une articulation forte caractérisant les géménées. Nous allons analyser cet aspect pour nos données en procédant à une évaluation des caractéristiques spectrographiques de l'occlusion pour toutes les occlusives sourdes et sonores simples et géménées que contient notre corpus. Si les occlusives simples sont produites avec moins de force articulaire, elles devraient présenter plus d'occlusions imparfaites que leurs contreparties géménées. Lavoie (2001) a testé la même prédiction en anglais et a trouvé que : « [...] *incomplete seals suggest that they signal weakness in English non-pre-stress consonants.* » (ibid : 130).

Certaines occlusives simples du berbère chleuh sont réalisées avec une occlusion incomplète, laissant ainsi échapper un bruit de friction pendant l'occlusion. La figure (2.31) illustre le cas d'un /b/ intervocalique réalisé avec un bruit de friction pendant l'occlusion. La figure (2.32) illustre le cas d'une occlusion parfaite pendant la tenue de sa contrepartie géminée.

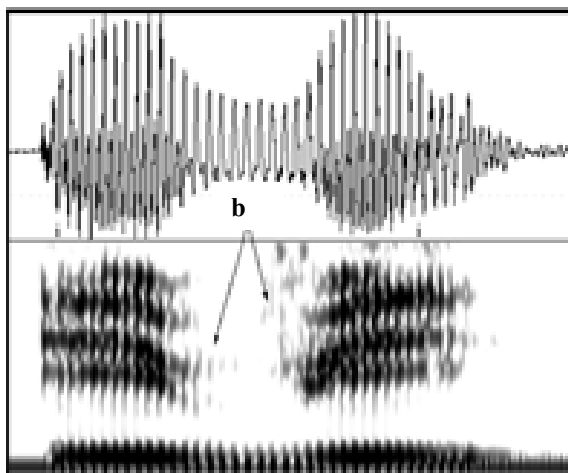


Figure 2.31. Le signal et le spectrogramme (échelle : 0 -5KHz) de /b/ intervocalique avec occlusion incomplète

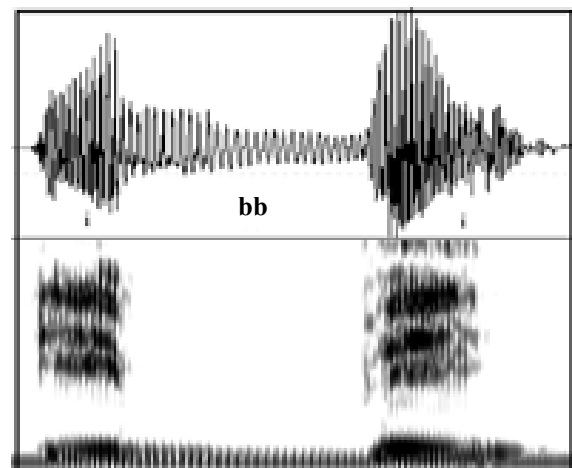


Figure. 2.32. Le signal et le spectrogramme (échelle : 0 -5KHz) de /bb/ intervocalique avec occlusion complète

Le tableau (2.15) ci-dessous, indique les positions qui ont le plus grand nombre d’occlusions imparfaites selon l’aspect simple ou géminé des occlusives.

	Initiale	Intervocalique	Finale
Occlusives simples sourdes (300)	1	17	12
Occlusives géminées sourdes (300)	0	0	0
Occlusives simples sonores (300)	9	42	33
Occlusives géminées sonores (300)	0	0	0

*Tableau 2.15. Le nombre d’occlusives réalisées avec occlusions incomplètes selon les trois positions. Le chiffre entre parenthèses indique le nombre total des répétitions des 5 locuteurs.*

Les occlusives géminées sont systématiquement produites avec une occlusion complète. Les simples, selon les positions, sont parfois produites avec une occlusion qui laisse échapper un bruit de friction. Mais ces réalisations demeurent très limitées. Le plus grand nombre de réalisations avec occlusion incomplète ont été réalisées pendant la tenue des occlusives sonores simples intervocaliques. Mais elles ne constituent que 12% de la totalité des 300 réalisations produites dans cette position. Une raison qui peut probablement expliquer le nombre très important de segments simples avec occlusion complète est liée au mode d’enregistrement de nos données. La réalisation de chaque forme en isolation peut inciter les locuteurs à produire des formes d’une manière plus soutenue que pendant la parole spontanée ou si les mots étaient inclus dans une phrase cadre.

Le nombre d’occlusions imparfaites varie selon le lieu d’articulation des occlusives. Les occlusives uvulaires et dentales, à l’exception de deux répétitions de /d/ intervocalique, sont toujours produites avec une occlusion complète. Les autres réalisations avec occlusion imparfaite sont produites pendant la tenue de la labiale /b/ et des vélaires /k, g/. Nos résultats sont en accord avec la tendance générale observée dans d’autres langues selon laquelle les labiales et les vélaires sont plus faibles que les dentales (Foley 1977, Lavoie 2001, Ohala 2002). Ces observations vont à l’encontre des prédictions de Kohler (1991, 1995) concernant l’échelle de l’effort articulatoire et l’instabilité supposée des gestes articulatoires pendant la tenue des dentales.

Pour résumer, les géminées, contrairement aux segments simples, sont systématiquement produites avec des occlusions complètes. Les simples, notamment la labiale et les vélaires, sont parfois réalisées avec une occlusion incomplète laissant échapper un bruit de friction pendant l’occlusion.

Deux aspects seront considérés ci-dessous concernant la qualité du burst : les occlusives sans bursts et les bursts multiples. Le burst peut être interprété comme un corrélat de renforcement d'une occlusive (Stevens & Keyser 1989). Selon Lavoie (2001 : 131) : « [...] *the lack of a noise burst results in weaker manifestation of a stop* ».

Nous avons examiné tous les spectrogrammes des occlusives sourdes et sonores, simples et géminées et avons noté la présence ou l'absence du burst. Notre hypothèse est que l'absence d'un burst reflète une réalisation lâche d'une consonne. Le premier aspect important que nous avons relevé est que toutes les occlusives géminées, sourdes ou sonores, sont produites avec un burst indiquant ainsi que ces consonnes sont réalisées avec une articulation forte. Concernant les occlusives simples, seules les voisées sont parfois réalisées sans burst. Nous reproduisons ci-dessous les spectrogrammes de /b/ final produit sans burst et celui de sa contrepartie géminée produit avec burst.

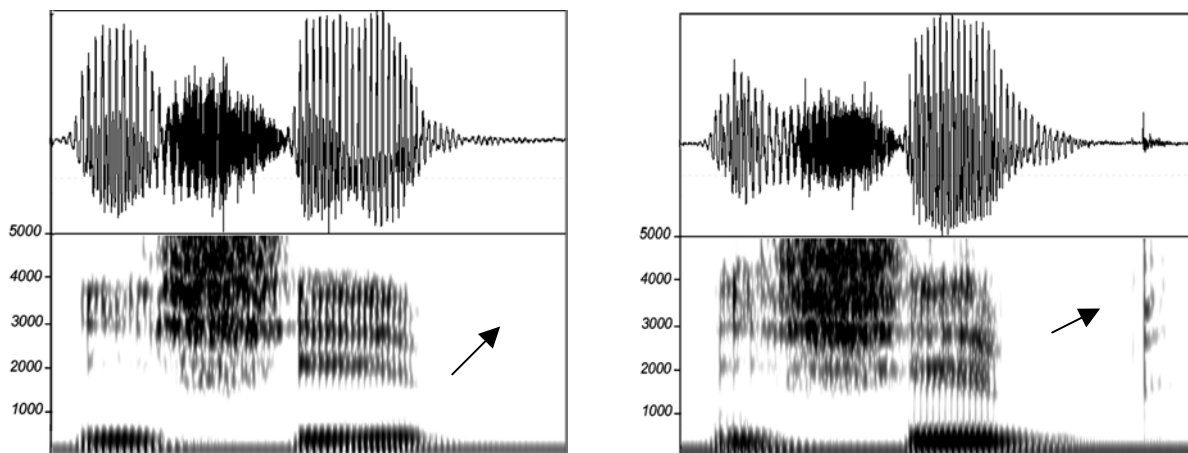


Figure 2.33. Le signal et le spectrogramme de deux réalisations de la bilabiale simple et géminée en position finale. Les flèches indiquent l'absence du relâchement pour la simple (à gauche) et sa présence pour la géminée (à droite).

L'absence du burst caractérise plus particulièrement la bilabiale /b/. A\_M réalise cette occlusive sans relâchement dans les trois positions. Les quatre autres sujets A\_A, E\_B, B\_L et R\_R produisent la même occlusive sans burst en position finale. Les trois autres occlusives, la dentale /d/ incluse, sont aussi parfois réalisées sans burst en position finale. C'est le cas de A\_A pour la dentale (deux réalisations sur cinq) et la vélaire (trois réalisations sur cinq) et E\_B pour la dentale emphatique (trois réalisations sur cinq). L'absence du burst pour certaines occlusives sonores peut être considérée comme une manifestation d'une articulation moins forte. Mais le fait que ces réalisations concernent plus particulièrement la position

finale est très probablement dû à la faiblesse qui caractérise la position coda comparée à l'attaque.

Le deuxième aspect que nous avons examiné concerne les bursts multiples. Nous avons procédé de la même manière que lors de l'analyse des deux aspects traités ci-dessus et avons examiné tous les spectrogrammes des occlusives simples et géminées. Nous avons relevé les cas des occlusives produites avec des bursts multiples. Une première constatation est que seules les vélaires et les uvulaires présentent une telle caractéristique. La deuxième observation importante est qu'aussi bien les simples que les géminées peuvent se produire avec des bursts multiples comme le montrent les figures ci-dessous.

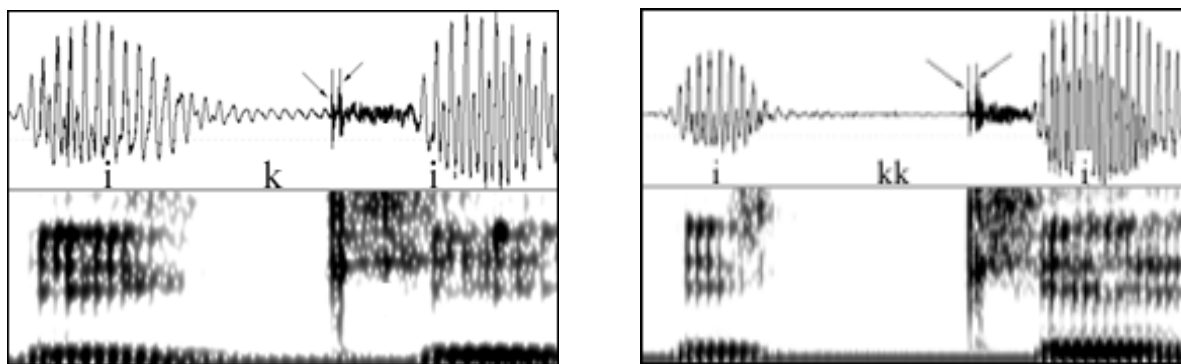


Figure 2.34. Le signal et le spectrogramme de deux réalisations de vélaire simple et géminée sourde en position intervocalique. Les flèches indiquent les bursts multiples.

L'interprétation que l'on peut faire des bursts multiples n'est pas évidente. Le fait qu'ils caractérisent aussi bien les simples que les géminées rend toute interprétation relative. Il peut en effet aussi bien s'agir de la manifestation d'une articulation forte. Ils peuvent aussi être la manifestation d'une réalisation faible ou lâche. Pour Lavoie (2001 : 134) qui a analysé cet aspect pour les occlusives de l'anglais et de l'espagnole : « *A multiple burst might be the mark of a stronger consonant due to greater pressure buildup from additional articulatory force and a longer release. But a multiple burst might also indicate laziness, poor control, or a sloppy release.* ».

### 2.5.2.3 Le dévoisement des géménées

Pour des raisons aérodynamiques évidentes, le voisement des géménées est plus difficile à maintenir. C'est pour cela qu'on constate très souvent un dévoisement partiel des géménées. Pendant le voisement, le flux d'air passe à travers la glotte et s'accumule au niveau de la cavité orale jusqu'au point où la pression orale devient égale à la pression sousglottique ; à ce stade-là le flux d'air transglottique s'arrête et le voisement cesse (Ohala 1983 : 194-195). En effet, pour qu'il y ait voisement il faut que la pression d'air sousglottique soit supérieure à la pression supraglottique. Ohala (2003) schématise cet écart entre les deux pressions dans la figure (2.35) ci-dessous :

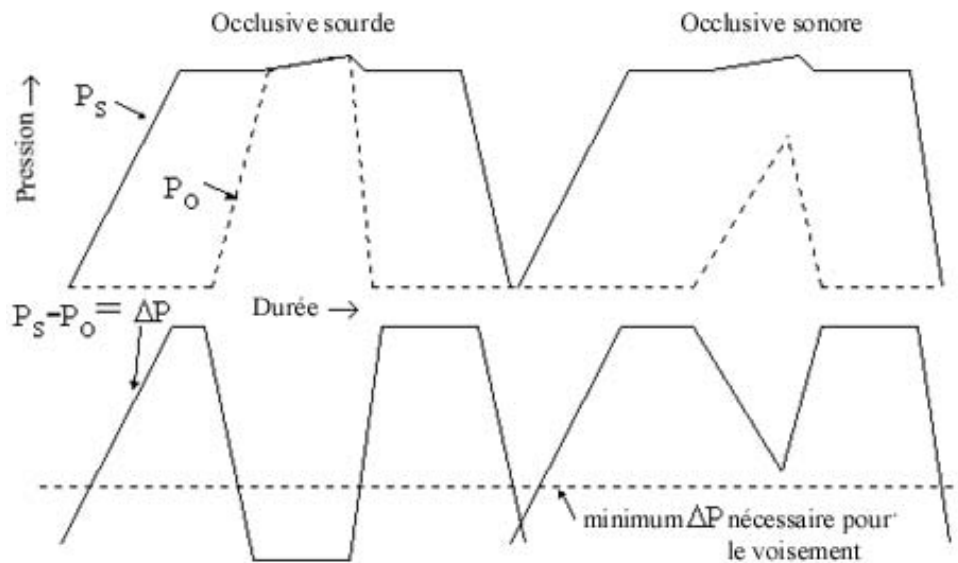


Figure 2.35. Schéma illustrant les différences de pression ( $\Delta P$ ) entre la pression sousglottique ( $P_s$ ) et la pression orale ( $P_o$ ) pendant la tenue des occlusives sourdes et voisées (d'après Ohala 2003)  
[http://trill.berkeley.edu/PhonLab/classes/ling110/PowerPoint/9sep/9\\_sep\\_03\\_aero2.ppt](http://trill.berkeley.edu/PhonLab/classes/ling110/PowerPoint/9sep/9_sep_03_aero2.ppt)

Une fermeture complète du conduit vocal conduit à une augmentation de la pression intraorale. Avec une occlusion totale qui dure plus longtemps, le minimum nécessaire de différence de pression peut être dépassé, autrement dit l'augmentation de la pression intraorale réduit ( $\Delta P$ ) au dessous d'un seuil critique (1~2 cm H<sub>2</sub>O selon Ohala & Riordan 1979), le courant d'air s'arrête et le voisement cesse. Dans ce cas de figure, les cordes vocales s'arrêtent de vibrer même si elles maintiennent toujours une posture accolée.

La présence d'occlusives géménées voisées dans notre corpus indique que les locuteurs emploient certaines stratégies pour maintenir malgré tout le voisement. Son maintien pendant la tenue des géménées est surprenant, mais il n'est pas propre aux géménées berbères. Une telle configuration a déjà été signalée au moins pour trois langues : le bougi, le madourais et le toba batak (Cohn et al., 1999). Pour avoir un voisement optimal, il faut que la pression orale

soit la plus basse possible pour maintenir ( $\Delta P$ ) au dessus du seuil critique. Toute stratégie doit donc avoir comme conséquence de baisser la pression intraorale. Pour baisser cette pression, il faut élargir la cavité orale. Cette expansion active de la cavité orale peut se faire en abaissant le larynx, en abaissant la mâchoire ou en augmentant l'élévation du voile du palais. Toutes ces stratégies, qui nécessitent un effort articulatoire important, ont pour but une accumulation d'air au niveau de la cavité orale.

Nous avons comparé les durées de voisement entre les occlusives simples et géminées et avons effectivement observé une large tendance à un dévoisement partiel des géminées. Le tableau ci-dessous résume le nombre de réalisations avec dévoisement (sur 5) pour chaque locuteur. Les trois chiffres alignés dans chaque case correspondent aux nombres de réalisations avec dévoisement en position initiale, intervocalique et finale respectivement. Le total de ces réalisations est indiqué pour chaque locuteur et chaque place d'articulation. Les pourcentages sont aussi indiqués.

	<b>bilabiale</b>	<b>dentale</b>	<b>vélaire</b>	<b>emphatique</b>	<b>Pourcentage</b>
<b>A M</b>	5 ; 4 ; 5	5 ; 5 ; 5	5 ; 5 ; 5	5 ; 5 ; 5	<b>98 %</b>
<b>E B</b>	0 ; 0 ; 2	0 ; 0 ; 3	2 ; 2 ; 5	0 ; 0 ; 3	<b>28 %</b>
<b>A A</b>	0 ; 0 ; 5	5 ; 1 ; 5	3 ; 5 ; 5	0 ; 0 ; 5	<b>56 %</b>
<b>B L</b>	5 ; 5 ; 5	5 ; 5 ; 5	5 ; 5 ; 5	5 ; 5 ; 5	<b>100 %</b>
<b>R R</b>	2 ; 1 ; 4	2 ; 2 ; 5	2 ; 2 ; 5	3 ; 2 ; 5	<b>58 %</b>
<b>Pourcentage</b>	<b>57 %</b>	<b>72 %</b>	<b>80 %</b>	<b>64 %</b>	

Tableau 2.16. Le nombre de géminées réalisées avec dévoisement pour les cinq locuteurs et dans les trois positions (sur 5 répétitions). Les pourcentages sont indiqués en gras

Les spectrogrammes ci-dessous illustrent deux réalisations de la géminée /dd/, avec voisement complet et partiel respectivement. Notez les différences de durée du bruit de relâchement qui résultent de ce dévoisement.

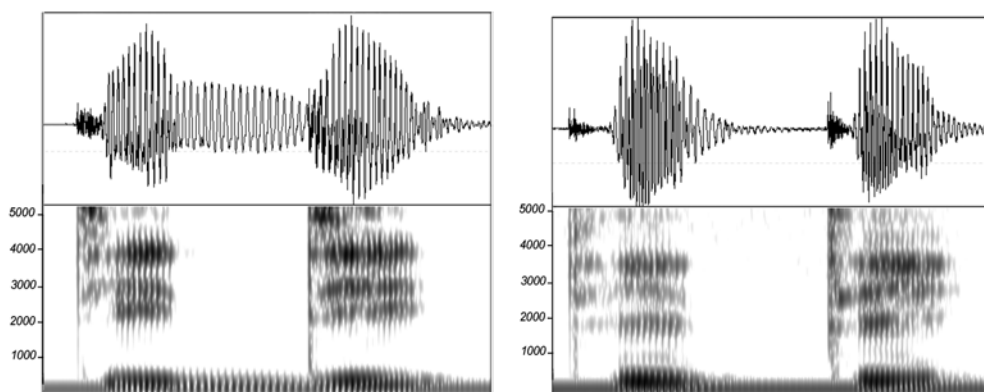


Figure 2.36. Le signal et le spectrogramme de deux réalisations de la dentale géminée voisée en position intervocalique, l'une avec voisement (à gauche) et l'autre avec dévoisement partiel (à droite).



Des variations existent selon les locuteurs, les places d'articulation et les contextes des gémées dans le mot. Les variations interlocuteurs ne semblent pas refléter des différences entre différents parlers chleuhs, puisque différents locuteurs appartenant à des aires géographiques différentes dévoient dans une même proportion. Le pourcentage des réalisations avec dévoisement semble augmenter à mesure que le point de constriction recule dans la cavité orale.

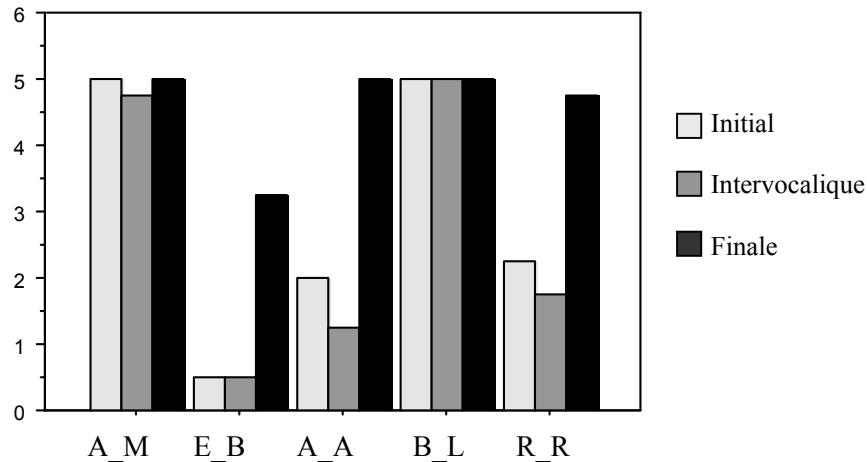


Figure 2.37. Le nombre de gémées réalisées avec dévoisement (sur 5) pour les cinq locuteurs et dans les trois positions.

Cet aspect est conforme à la tendance générale observée dans les autres langues ; les occlusives postérieures ont plus tendance à se dévoiser que les occlusives antérieures (Ohala 1983, Vaissière 1997). Parmi les facteurs qui favorisent le voisement, outre la durée moins importante de l'occlusion, est le volume et la longueur du conduit vocal entre le lieu de constriction et les cordes vocales. Le volume entre le lieu de constriction et la source de voisement étant réduit pour la vélaire, comparé à la bilabiale, la pression d'air intraorale augmente plus rapidement et réduit ainsi la différence de pression ( $\Delta P$ ) au dessous du seuil critique ; dès lors, le courant d'air s'arrête et par conséquent, le voisement aussi. Selon Ohala (2003) : « *The absolute absence of /g/ in some languages, the statistical infrequency of it in others, and its phonetic devoicing in others are all manifestations of the same basic universal factor.* »

Le nombre de réalisations avec voisement varie aussi selon la position dans le mot. C'est la position finale qui favorise le plus le dévoisement. En effet, sur les 100 répétitions de gémées finales, 89 ont été produites avec dévoisement. Nous allons revenir sur cet aspect

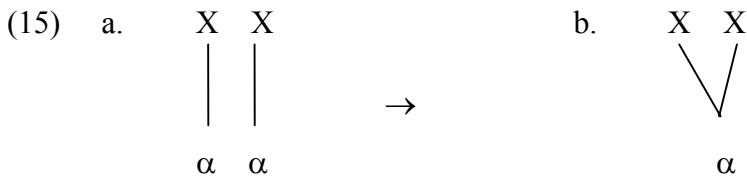
dans la partie physiologique de ce travail et tenter d'expliquer les raisons qui font que les géminées se dévoient beaucoup plus facilement dans cette position.

#### **2.5.2.4 Synthèse et conclusion**

Pour résumer, notre analyse d'un ensemble de paramètres acoustiques non temporels n'a pas permis de dégager un paramètre permettant de distinguer systématiquement les simples des géminées. Nous avons relevé des tendances caractérisant une série à l'exclusion de l'autre. L'aspect simple ou géminé des obstruantes n'a aucune influence sur les valeurs formantiques des voyelles adjacentes. Les occlusives simples, contrairement aux géminées, sont parfois réalisées avec une occlusion incomplète et parfois sans burst. Ces deux caractéristiques peuvent être considérées comme la manifestation d'une articulation relâchée. Les bursts multiples caractérisent aussi bien les simples que les géminées. Le dernier aspect examiné concerne le dévoisement partiel qui affecte les occlusives géminées sonores. Suivant Ohala (1983, 2003), nous avons considéré ce dévoisement comme une conséquence de la durée plus longue de l'occlusion des géminées.



Pour rendre compte de l'homophonie, Dell et Elmedlaoui (1997b) postulent la règle suivante :



Cette règle qui change la représentation (15)a en une représentation (15)b rend compte de l'égalité de durée entre (14)a et (14)b en maintenant la structure prosodique inchangée. C'est cette représentation de surface identique que nous allons examiner ci-dessous en mesurant la durée (de l'occlusion pour les vélaires) des différents types de géménés.

Commençons par les géménés occlusives vélaires. Nos mesures n'indiquent aucune différence significative de durée d'occlusion entre ces trois types de géménés [ $F(2, 117) = .480, p = .6201$ ]. Cette absence de différences est illustrée par la figure (2.38) ci-dessous :

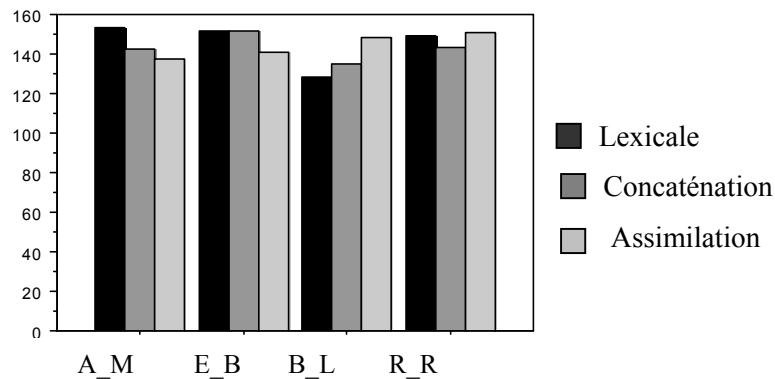


Figure 2.38. Les durées moyennes de l'occlusion pour les trois types de géménés occlusives vélaires sourdes.

Les mesures sur la durée de la voyelle précédant les différents types de géménés occlusives n'indiquent là aussi aucune différence significative [ $F(2, 117) = 2.683, p = .0726$ ]. Seul B\_L réalise une durée de la voyelle plus longue devant une géménée issue d'une concaténation, comparée à la durée de la voyelle précédant les deux autres sortes de géménés [ $F(2, 27) = 10.023, p = .0006$ ]. Les résultats de nos mesures sont illustrés par la figure (2.39). Il est important de signaler que la durée de cette voyelle est quasiment la même que celle qui précède les segments simples. Autrement dit, B\_L abrège la voyelle devant la géménée tautomorphémique ou issue d'une assimilation complète mais pas devant une géménée qui résulte d'une concaténation de deux segments simples identiques.

<sup>3</sup> Voici la traduction des trois phrases respectivement : « il a emmené l'argent », « il vaut mieux pour toi » et « il vaut mieux qu'il te ramène ».

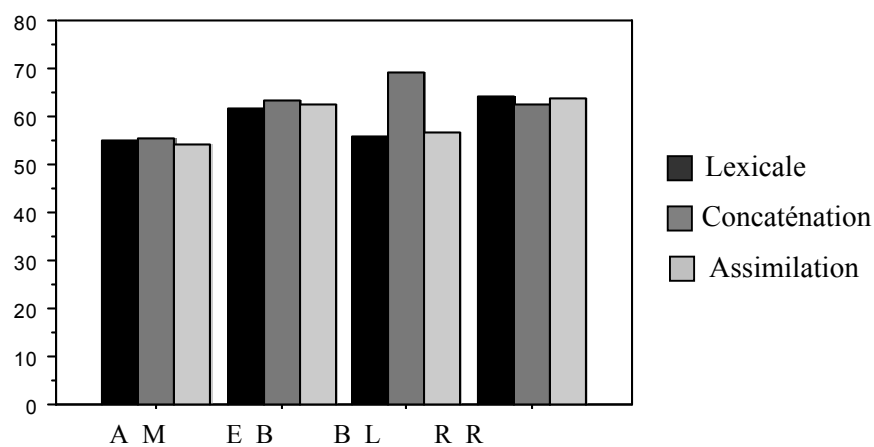


Figure 2.39. Les durées moyennes de la voyelle précédant les trois types de gémées occlusives vélaires sourdes

Concernant les fricatives, nous n'avons observé aucune différence significative dans aucun des paramètres acoustiques mesurés. [ $F(1, 78) = .067$ ,  $p = .7972$ ) pour la durée des fricatives,  $F(1, 78) = .369$ ,  $p = .5456$ ) pour la durée de la voyelle précédente.]. L'absence de différence acoustique entre ces deux paramètres est illustrée par les deux figures (2.40) et (2.41) ci-dessous.

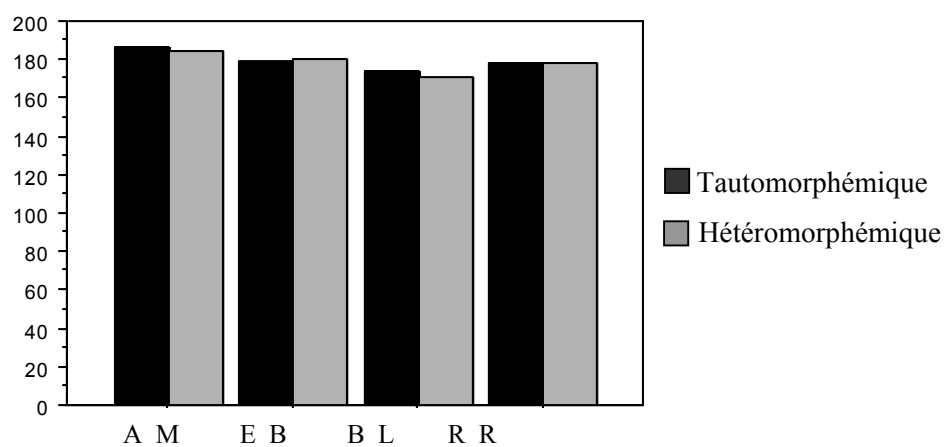
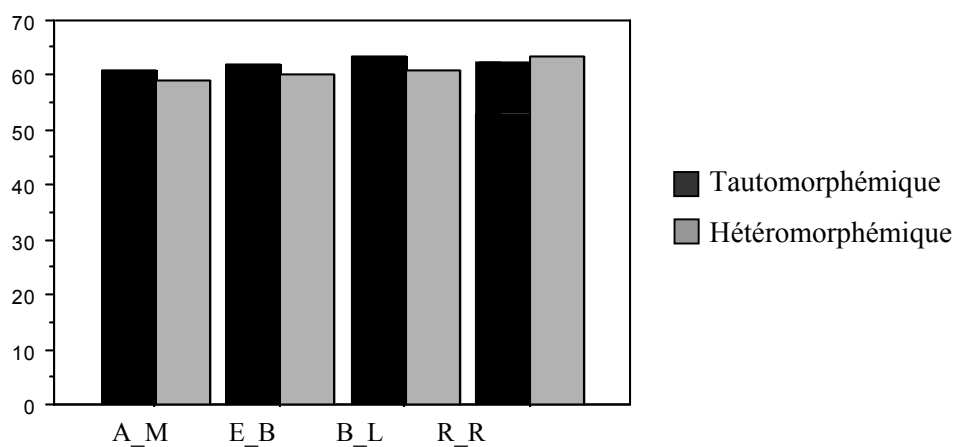


Figure 2.40. Les durées moyennes des fricatives gémées tautomorphémique et hétéromorphémique



*Figure 2.41. Les durées moyennes de la voyelle précédant les géménées tautomorphémique et hétéromorphémique*

L'absence de différence de durée entre les géménées de différents types est un argument en faveur d'une représentation de surface identique pour ces segments. Ces résultats apportent un argument supplémentaire en faveur des règles de fusion et de durée établies par Dell et Elmedlaoui (1997b).

## 2.6 Synthèse et conclusion

Les résultats de l'étude acoustique obtenus à partir des mesures d'un ensemble de paramètres temporels et non temporels montrent que :

- a. La durée (de l'occlusion pour les occlusives) est le paramètre principal qui permet de distinguer les simples des géminées. Ce paramètre est présent pour toutes les consonnes et dans toutes les positions. Nous avons montré en nous basant sur des mesures de débit d'air oral que ce paramètre permet de distinguer acoustiquement les occlusives simples et les géminées sourdes en position initiale absolue aussi, même si cette différence n'est pas perçue.
- b. La durée du VOT ne permet pas de distinguer les occlusives sourdes simples de leurs contreparties géminées. Les occlusives sonores géminées, selon les positions et les locuteurs, présentent parfois des durées de VOT significativement plus longues que celle de leurs contreparties simples. Cet allongement du VOT dû au dévoisement qui les affecte et donc indirectement à leurs durées d'occlusion plus longues.
- c. La voyelle tend à s'abrèger quand elle précède une consonne géminée, plus particulièrement une occlusive géminée. La voyelle s'abrège aussi devant les fricatives mais des variations ont été observées selon les locuteurs. L'aspect simple ou géminé des obstruantes n'a aucun effet sur la durée de la voyelle suivante.
- d. Aucun paramètre acoustique non temporel n'indique une différence systématique entre les simples et les géminées, même si nous avons observé une tendance pour les occlusives simples à se produire parfois avec une occlusion incomplète et parfois sans burst, principalement pour les simples sonores. Toutes les occlusives géminées sont par contre produites avec une occlusion complète et un burst très clair. Nous avons considéré ces deux aspects comme une manifestation d'une articulation forte caractérisant ces segments, par opposition aux simples réalisées avec une articulation moins forte. Le dévoisement partiel affecte certaines géminées, mais son importance varie selon les locuteurs, les lieux d'articulation et le contexte. Nous avons attribué ce dévoisement partiel à l'augmentation de la pression intraorale concomitante à l'augmentation de la durée de l'occlusion des géminées sonores. Par ailleurs, la gémination n'a aucun effet sur les valeurs formantiques des voyelles adjacentes. Des différences significatives ont été observées en comparant les valeurs formantiques des voyelles selon les différentes places d'articulation des consonnes adjacentes.

- e. Aucune différence de durée n'a été observée entre les géménées tautomorphémiques, les géménées issues d'une concaténation et celles qui résultent d'une assimilation complète. La durée de la voyelle précédente est aussi identique sauf pour un locuteur qui réalise la voyelle devant les géménées issues d'une concaténation avec une durée significativement plus longue. La durée de cette voyelle est presque la même que celle qui précède les segments simples.

Nous allons lors des deux chapitres suivants (3 et 4) analyser les caractéristiques glottales des segments simples et gémérés. L'objectif est de déterminer si les gémérées et les simples sont produites avec des ajustements glottaux différents et de préciser, le cas échéant, les mécanismes qui peuvent rendre compte de ces différences. Les implications de nos analyses phonétiques sur la représentation phonologique des gémérées seront traitées dans le chapitre (5).



## CHAPITRE 3

### *ANALYSES FIBROSCOPIQUES*

Les traits des mouvements laryngaux pour les consonnes sourdes et voisées ont été examinés en utilisant les méthodes de fibroscopie et de photoglottographie. Dans ce chapitre, nous allons fournir les résultats de l'expérimentation fibroscopique. Les résultats obtenus par photoglottographie seront fournis dans le chapitre (4). Nous allons commencer par fournir une présentation détaillée des résultats que différents auteurs ont obtenus en analysant diverses langues. Après cette revue de littérature, nous fournirons une présentation succincte de la méthode de la fibroscopie telle que nous l'avons utilisée. Les résultats de nos analyses seront exposés dans la section (3.3). Une synthèse sera fournie dans la section (3.4)

#### **3.1 Revue de la littérature**

En général ce qui ressort des études fibroscopiques et photoglottographiques sur les segments de diverses langues est que la glotte est fermée ou presque fermée pour les voisées et ouverte pour les sourdes. Le degré de l'ouverture de la glotte varie selon les phonèmes et les contextes, il est presque, dans toutes les langues, plus important pour les sourdes aspirées que les sourdes non aspirées. Dans certaines langues, les segments en position initiale présentent des amplitudes d'ouverture glottale plus importantes qu'en position intervocalique. D'autres aspects ont souvent été analysés surtout dans les langues qui disposent d'occlusives aspirées, notamment le rapport temporel entre les gestes glottaux et supraglottaux considéré comme le facteur principal qui détermine l'aspiration. Dans ce qui va suivre nous allons présenter un aperçu sur l'état de nos connaissances sur la configuration glottique pendant la réalisation des obstruantes de plusieurs langues. Au lieu de présenter un résumé global, nous avons préféré scinder cette section en quatre sous-sections, correspondant à la nature des occlusives analysées : sonores, sourdes non aspirées et sourdes aspirées. La quatrième partie traitera de deux types de segments assez rares : celui des occlusives sonores aspirées (e.g. hindi) et celui des occlusives préaspirées (e.g. islandais). Cette disposition a le mérite de clarifier notre exposé mais n'empêchera malheureusement pas certaines répétitions.

### 3.1.1 Les occlusives sonores

En arabe marocain (Zeroual 2000), la dentale /d/ et la pharyngale /D/ en initial et intervocalique ainsi que /g/ initial sont produites avec la glotte fermée sur toute sa longueur sauf vers la fin de ces consonnes. A une image seulement du début de la voyelle suivante, la glotte s'ouvre très légèrement. La vélaire intervocalique /g/, par contre, est produite avec la glotte fermée durant toute la durée de la consonne. Un faible instant d'ouverture de la glotte est observable, mais les aryténoïdes ne s'écartent pas gardant ainsi la même posture que durant le voisement de la consonne et de la voyelle qui suit.

En français (Benguerrel et al. 1978), les occlusives sonores /b, d, g/ sont produites alors que la glotte est fermée et les cordes vocales entrain de vibrer. Une configuration qui les distingue clairement de leurs contreparties sourdes qui sont réalisées avec un geste d'ouverture-fermeture de la glotte très clair. Une différence notable existe entre les occlusives sonores selon leurs positions dans le mot. En position initiale absolue, comme c'est le cas pour /d/, par exemple, la larguer de la glotte en son milieu est clairement différente de zéro, contrairement à /d/ intervocalique où l'ouverture est toujours négligeable. C'est probablement ce qui explique, selon Benguerrel et al., la différence de force de relâchement qui existe entre les deux positions. En position initiale, l'occlusion glottale moins importante permet une augmentation plus importante de la pression orale, produisant ainsi un relâchement plus important qu'en position intervocalique. La même configuration de la glotte qu'en français est aussi produite durant la tenue des occlusives sonores du japonais (Sawashima & Miyazaki 1973, Sawashima & Niimi 1974, Sawashima et al. 1975).

Dixit (1989) a analysé la configuration glottale durant la production des occlusives bilabiales du hindi /p, p<sup>h</sup>, b, b<sup>h</sup>/ en position initiale, intervocalique et finale. Les occlusives sonores non aspirées sont produites dans toutes les positions avec la glotte fermée et les cordes vocales entrain de vibrer durant toute la tenue de ces consonnes. Ces observations rejoignent celles de Kagaya et Hirose (1975) qui ont aussi observé pour la même langue un contact complet des cordes vocales durant toute la tenue des occlusives sonores sans interruption des vibrations des cordes vocales. Mais il est à noter que certaines réalisations de la bilabiale /b/ initial se caractérisent par une ouverture légère de la glotte. La même configuration glottale a été observée en suédois (Lindqvist 1972) ; les occlusives sonores sont réalisées avec la glotte fermée et les cordes vocales entrain de vibrer mais certaines réalisations présentent aussi une

légère ouverture vers la fin de l'occlusion. Les occlusives voisées de l'anglais américain d'après l'étude de Sawashima (1970) sont réalisées sans aucune séparation des cartilages aryénoïdiens et aucune interruption de vibrations des cordes vocales. Mais là aussi certaines différences sont à noter et principalement le cas d'un sujet (sur 3) qui réalise tous les /b/ avec séparation des aryénoïdes. Le même sujet réalise presque tous les /p/ non aspirés sans séparation des aryénoïdes ce qui rend la distinction entre les catégories sourdes et voisées plus problématique. Plusieurs autres langues ressemblent aux cas du hindi, du suédois et de l'anglais. En néerlandais et en coréen aussi, la glotte est généralement fermée et les cordes vocales en instance de vibration pendant la tenue des occlusives sonores non aspirées, mais certaines formes, parfois selon les contextes, peuvent se réaliser avec une légère ouverture de la glotte.

### **3.1.2 Les occlusives sourdes non aspirées.**

Les occlusives sourdes /t, k/ de l'arabe marocain (Zeroual 2000) se réalisent avec une configuration de la glotte quasi identique. En position initiale, la glotte est très largement ouverte au début (phase respiratoire) et pendant le milieu de la tenue de ces occlusives. La glotte se referme ensuite progressivement à partir du relâchement de l'occlusion pour atteindre une fermeture complète au début de la voyelle suivante. En position intervocalique, la glotte qui était fermée pendant la tenue de la voyelle précédente s'ouvre progressivement pour atteindre une aperture maximale au milieu de l'occlusive. La glotte entame après sa phase fermante pour se refermer complètement après le relâchement et au début de la voyelle suivante. La configuration de la glotte pendant la réalisation de l'uvulaire /q/ est identique à celle des occlusives /t, k/, sauf à la fin de la consonne. L'adduction commence en effet en retard pour /q/. Aussi, la fermeture glottale est rapide pour /q/ et progressive pour la vélaire /k/. La comparaison entre les deux positions initiale et intervocalique pour les trois occlusives révèle que le degré d'ouverture de la glotte est plus important en position initiale qu'en position intervocalique. Comme nous allons le voir plus bas, le cas des occlusives sourdes de l'arabe marocain, qui présentent un degré d'ouverture plus important en position intervocalique, semble identique aux cas du hindi et du japonais. La pharyngale /T/ se réalise, quant à elle, avec une configuration glottale différente. En position initiale, la glotte s'ouvre très légèrement durant la tenue de l'occlusion. En position intervocalique, l'ouverture est très faible dès le début de la consonne et contrairement aux autres occlusives, la glotte garde pratiquement ce même degré d'ouverture très réduit.

Les occlusives sourdes non aspirées du hindi (Dixit 1989) se réalisent, en position initiale devant voyelle accentuée, avec la glotte qui s'ouvre progressivement pour atteindre une ouverture maximale vers le milieu de l'occlusion. La glotte se referme ensuite progressivement pour atteindre une fermeture maximale immédiatement après le relâchement de l'occlusion. La glotte en position intervocalique reste par contre fermée durant la tenue de ces occlusives. La même configuration caractérise les occlusives sourdes non aspirées en position finale aussi, où la glotte est fermée même si les cordes vocales ne vibrent pas. La configuration de la glotte en position intervocalique et finale en hindi selon ces observations semble assez particulière avec une fermeture totale de la glotte durant toute la tenue de la consonne sourde. Dans une étude sur la même langue, Kagaya & Hirose (1975) ont observé une configuration différente. A partir de données enregistrées par un seul locuteur, ils ont observé que la configuration de la glotte pour un même type d'occlusive est quasiment identique quelle que soit sa position dans le mot : initial ou intervocalique, même si le degré de l'ouverture glottale est plus important en position initial. En position intervocalique, la glotte commence à s'ouvrir au début de l'occlusion. Le degré maximal de l'ouverture glottale est à peu près moitié moins important que pour une occlusive sourde aspirée. Le relâchement oral a lieu au moment où la glotte se referme complètement, ou immédiatement avant. Pendant l'occlusion, aucune vibration glottale n'est observée. Les vibrations, pour la voyelle qui suit, commencent immédiatement après le relâchement. Ces caractéristiques temporelles s'accordent parfaitement avec les observations de Hirose et al. (1972) et celles de Dixit & MacNeilage (1974) sur la même langue. En position finale, la glotte s'ouvre progressivement pendant la tenue de l'occlusion ainsi qu'après le relâchement pour atteindre une ouverture maximale qui est celle de la respiration (voir aussi Benguerrel & Bhatia 1980 pour une même observation).

Comment expliquer les différences entre les observations de Dixit (1989) et celle de Kagaya & Hirose (1975) ? La variabilité interlocuteur peut expliquer ces divergences, au moins pour la position intervocalique. Pour la position finale, la différence de données, couplée probablement avec des divergences interlocuteurs, peut aussi expliquer ces variations. En effet, les données traitées par Dixit (1989) ne contiennent pas d'occlusives en position finale absolue, puisque l'occlusive sourde, intégrée dans une phrase cadre, est immédiatement suivie d'une occlusive sonore. Les données traitées par Kagaya & Hirose (1975) (ainsi que celles analysées par Benguerrel & Bhatia 1980) contiennent, elles, des occlusives sourdes en position finale absolue. Les différences de données soulèvent la question de savoir si les

frontières morphologiques ont une incidence sur la configuration de la glotte. Nous traiterons de cet aspect important dans la section (6.7).

A partir d'une analyse fibroscopique sur le japonais (un seul locuteur), Sawashima & Miyazaki (1973) ont comparé la configuration de la glotte pour, entre autres, les occlusives /t/ et /k/ en position initiale et intervocalique des formes suivantes : /teHteH/ et /keHkeh/ contenues dans la phrase cadre suivante : « sore o ... to yuu » 'on appelle ça...'. Le degré maximum de l'ouverture glottale varie selon les contextes, il est plus important en position initiale qu'en position intervocalique. Le degré maximum de l'ouverture glottale pour le /k/ initial est beaucoup plus important que pour le /k/ intervocalique. Les deux se distinguent aussi en terme de durée d'ouverture glottale (160 ms pour l'initiale et 140 ms pour l'intervocalique). La configuration de la glotte pour l'occlusive dentale est très différente. Elle s'ouvre légèrement pour la position initiale avec une durée de 140 ms mais aucune séparation des aryténoïdes n'est observable pour la position intervocalique. Sawashima & Niimi (1974), toujours pour la même langue, ont pour cette étude analysé les données de trois locuteurs et inclus la bilabiale /p/ dans leur analyse. Les formes répétées par les locuteurs sont les mêmes que celles analysées par Sawashima & Miyazaki (1973), contenues dans la même phrase cadre. Leurs observations confirment les résultats déjà obtenus, à savoir que l'ouverture de la glotte est plus importante pour la position initiale qu'intervocalique. L'ouverture de la glotte est aussi plus large pour /k/ (un degré comparable à celui de la fricative /s/) que pour /t/ et /p/. Sawashima & Miyazaki (1973) et Sawashima & Niimi (1974) ont aussi traité des géminées occlusives et fricatives ainsi que de la corrélation entre la durée et le degré de l'ouverture glottale. Nous reviendrons sur ces aspects plus bas. Rappelons que les données traitées par Sawashima et ses collègues concernent effectivement des segments en position initiale ou finale de mot, mais ayant été incluses dans des phrases cadres, précédées ou suivies par des voyelles, elles demeurent en position médiane. Conscient de cet aspect de leur analyse, Sawashima et al. (1975) ont cette fois-ci analysé des segments en position initial absolue, i.e. au moment de la transition entre « le mode respiratoire » et « le mode de la parole ». Deux locuteurs du dialecte de Tokyo ont répété dix fois des mots contenant entre autres les occlusives sourdes et voisées labiales, dentales et vélaires. Il ressort de cette étude qu'une différence nette existe entre les sourdes et les voisées. Cette différence se caractérise principalement par un retard temporel de l'adduction des cordes vocales pour les sourdes. En effet, durant la réalisation d'une occlusive sourde, la glotte demeure largement ouverte jusqu'à peu près 100 ms avant l'onset de la voyelle qui suit. La glotte entame après sa phase

fermante d'une manière très rapide. Pour les sonores, la glotte se referme d'une manière graduelle.

Lisker et al. (1970) ont analysé par fibroscopie les occlusives sourdes et sonores de l'anglais américain. Les sourdes /p/ et /k/ sont généralement réalisées avec une nette séparation des cartilages aryténoïdiens et une interruption des vibrations glottales. Concernant le rapport temporel entre les gestes glottaux et supraglottaux, les données montrent que pour les occlusives sourdes non aspirées, l'interruption des vibrations glottales a souvent lieu une ou deux images après le début de l'occlusion. La séparation des aryténoïdes varie considérablement, pouvant avoir lieu aussi bien avant ou après l'occlusion orale avec des différences selon les sujets. La séparation des aryténoïdes ne commence jamais après l'interruption des vibrations glottales. La reprise des vibrations a lieu juste au moment ou immédiatement après le relâchement oral, tandis que la fermeture complète des aryténoïdes est généralement atteinte juste après le relâchement. La tendance générale est que la fermeture complète des aryténoïdes est atteinte peu après la reprise des vibrations glottales. La comparaison avec les occlusives sourdes aspirées montre des différences aussi bien en terme d'amplitude d'ouverture glottale qu'en terme de rapport temporel entre les gestes glottaux et supraglottaux. Les occlusives aspirées sont réalisées avec une amplitude d'ouverture glottale plus importante que les non aspirées. Aussi la reprise des vibrations glottales a lieu bien après le relâchement pour les aspirées et donc beaucoup plus tard que pour les non aspirées.

Les occlusives sourdes non aspirées de l'anglais américain d'après l'étude de Sawashima (1970) sont généralement réalisées avec une séparation nette des aryténoïdes et une interruption des vibrations glottales. Mais dans un nombre assez important de réalisations de /p, k/ (15 au total), aucune séparation des aryténoïdes n'a été observée. D'autres ne montrent aucune interruption des vibrations des cordes vocales même si leur nombre est peu important. Sawashima a aussi traité du rapport temporel entre les gestes laryngaux et supralaryngaux. Pour les sourdes non aspirées, l'interruption des vibrations glottales a lieu une ou deux images après le début de l'occlusion. La séparation des aryténoïdes présente un rapport temporel qui varie considérablement, pouvant avoir lieu avant ou après l'occlusion orale, avec des variations selon les sujets. La reprise des vibrations a lieu au moment ou immédiatement après le relâchement tandis que la fermeture complète des aryténoïdes a lieu après le relâchement. Les aryténoïdes atteignent globalement leur fermeture complète immédiatement après la reprise des vibrations. Parfois les deux ont lieu en même temps.

### 3.1.3 Les occlusives sourdes aspirées.

Pendant la réalisation des occlusives sourdes en hindi (Dixit, 1989), la glotte s'ouvre progressivement, immédiatement avant la tenue de l'occlusion pour atteindre une ouverture maximale au moment du relâchement. La glotte se referme progressivement après. Cette configuration de la glotte a été observée pour les occlusives sourdes dans toutes les positions : initiale, intervocalique et finale. Mais s'agit-il réellement de contextes différents ? Les formes traitées par Dixit contiennent certes des occlusives aspirées dans toutes les positions, mais, encore une fois, ces mots sont contenus dans des phrases cadres. Les occlusives initiales sont précédées par une voyelle, et les occlusives finales sont suivies là aussi d'une voyelle. Le résultat est que, abstraction faite des frontières morphologiques dont l'impact sur la configuration glottale est loin d'être clarifiée, toutes ces occlusives sont en position médiane.

Benguerrel et Bhatia (1980) ont eux analysé des occlusives se trouvant effectivement en position initiale et finale absolue du hindi. Leurs données montrent que pour les aspirées en position initiale absolue, la glotte, qui était très ouverte avant le début de la consonne (correspondant à la phase respiratoire), se referme progressivement durant la tenue de la consonne pour atteindre une fermeture complète assez loin du moment du relâchement. Pour la position finale absolue, la glotte qui était fermée pendant la voyelle précédente, commence à s'ouvrir dès le début de l'occlusion pour atteindre une ouverture maximale après la fin du relâchement. Cette ouverture maximale correspond au début de la respiration.

Kagaya (1974) a analysé les gestes laryngaux de trois types de consonnes coréennes définies dans la littérature de plusieurs façons différentes : (a) « fortes » ou « tendues non aspirées », (b) « lax », « faibles et légèrement aspirées » ou « non aspirées », (b) « aspirées » ou « tendues et très fortement aspirées ». Nous allons nous intéresser plus particulièrement au troisième type : les fortement aspirées. Les données analysées par Kagaya sont les formes /CV/ et /VCV/ où C correspond aux occlusives bilabiales, dentales ou vélaires. Les données ont été enregistrées par deux locuteurs natifs de Séoul. Dans le contexte CV, i.e. en position initiale absolue, la glotte qui était ouverte avant s'ouvre d'avantage dans la phase initiale de la réalisation de l'aspirée pour atteindre une ouverture maximale comparable à celle de la position respiratoire pour les deux sujets. La glotte entame sa phase fermante immédiatement après. Le relâchement oral a lieu au moment où la glotte atteint son niveau d'ouverture maximale. Dans le contexte /VCV/, la glotte qui était fermée pour la voyelle précédente s'ouvre progressivement jusqu'à atteindre son niveau maximal et se referme assez rapidement

pour le voisement de la voyelle qui suit. Comme pour la position initiale, le relâchement de l'occlusion a lieu au moment où la glotte atteint son ouverture maximale. Le degré de cette ouverture est comparable ou légèrement moins important que pour la position initiale. La durée de l'aspiration pour la position intervocalique varie entre 60 et 140 ms. Pour la position initiale, elle varie entre 140 et 220 ms.

Fukui & Hirose (1983) ont analysé les ajustements laryngaux durant la production des occlusives sourdes aspirées du danois. En position initiale, les occlusives /p, t, k/ présentent un degré d'ouverture glottale très important, deux à trois fois plus large que /b, d, g/ qui sont aussi réalisées avec une ouverture glottale très évidente comme le montrent les figures établies par les deux auteurs. Les deux séries d'occlusives s'opposent aussi en terme du rapport temporel. Dans /p, t, k/, la glotte atteint son degré d'ouverture maximale à peu près au moment du relâchement. Et parfois même après le relâchement (voir Frokjaer-Jensen et al. 1971 et Hutters, 1985). Pour /b, d, g/, le relâchement oral a lieu juste avant l'onset de la voyelle qui suit. La durée de l'ouverture glottale est légèrement plus longue pour les sourdes aspirées mais l'occlusion dure plus longtemps pour /b, d, g/. La configuration de la glotte pour les sourdes aspirées et non aspirées du danois ressemble à celle observée par Kagaya & Hirose (1975) pour le hindi. Les occlusives sourdes non aspirées du mandarin (Iwata & Hirose 1976) et celles de la langue fukienese (Iwata et al. 1979) présentent, quant à elles, des degrés d'ouverture glottale beaucoup moins importants. Aussi, dans ces quatre langues, la durée d'occlusion des aspirées est plus courte que celles des non aspirées, mais la différence est encore plus importante pour le danois et le hindi. La corrélation entre la durée d'occlusion et l'aspiration est un aspect important que nous comptons développer lors de l'analyse de nos résultats photoglottographiques.

Hutters (1985) a aussi analysé les occlusives sourdes du danois. Ce travail, largement cité, a l'avantage indéniable d'avoir traité les données de pas moins de cinq locuteurs, un fait assez rare dans les expériences fibroscopiques et photoglottographiques. Hutters a analysé les occlusives aspirées et non aspirées intervocaliques en position initiale de mot. Le geste glottal est différent selon la nature des occlusives, les aspirées étant réalisées avec un degré d'ouverture glottale significativement plus large et ce pour tous les sujets. Les aspirées se distinguent aussi des non aspirées en terme des ajustements entre les articulations glottales et supraglottales. Le rapport temporel entre l'explosion orale et le moment de l'abduction maximale est significativement différent selon les deux catégories pour les 5 locuteurs. Pour



les aspirées, le relâchement a lieu en moyenne 20 ms avant l'ouverture maximale de la glotte. Pour les non aspirées, par contre, le relâchement a toujours lieu bien après l'ouverture maximale de la glotte, l'intervalle étant en moyenne de 50 ms, et donc plus proche de la fin du geste glottal. Hutters a aussi comparé le comportement glottal et supraglottal des trois différents lieux d'articulation /p, t, k/. Ses résultats confirment les observations de Fischer-Jørgensen (1980) notamment que la durée de l'aspiration est plus courte pour /p/, longue pour /k/ et plus longue pour /t/, exactement dans l'ordre inverse pour la durée d'occlusion où c'est /p/ qui a la plus longue durée et /t/ la plus courte. Concernant le degré de l'ouverture glottale, les résultats de Hutters montrent que la vélaire /k/, aspirée ou pas, a la plus large amplitude, confirmant ainsi la tendance générale observée dans d'autres langues<sup>1</sup> (Sawashima & Miyazaki 1973, Sawashima & Niimi 1974, Hirose 1975, Pétursson 1976, Hirose & Ushijama 1978). La relation temporelle entre le relâchement oral et l'aperture maximale de la glotte dépend selon Hutters du lieu d'articulation de la consonne. Pour /p/, l'onset du relâchement précède l'ouverture maximale de 10 ms en moyenne, tandis que pour /k/ et /t/, les moyennes sont de 20 à 36 ms respectivement. Ces différences sont significatives. Très peu d'études ont traité de cette corrélation entre le lieu d'articulation et le rapport temporel des gestes glottaux et supraglottaux. Hoole et al. (1984) ont traité plus particulièrement de ce sujet et leurs conclusions rejoignent celles de Hutters (voir plus bas). D'autres études n'ont pas à proprement parler traité de cette corrélation, mais leurs figures peuvent nous renseigner sur ce sujet. C'est le cas notamment de Pétursson pour l'islandais (1976) et Kagaya pour le coréen (1974). La figure 4 de Pétursson (1976 : 178), par exemple, qui indique le moment de l'ouverture glottale maximale par rapport au début de l'occlusion, semble montrer une différence importante entre /p, t/ d'un côté et /k/ de l'autre (une différence d'à peu près 20 ms). Les figures 2 et 3 de Kagaya (1974 : 164-165) montrent aussi une légère différence de rapport temporel entre /p/, /t/ et /k/ mais ces différences varient selon la nature de la voyelle qui suit et la position dans le mot. Nous allons revenir sur ce sujet avec plus de détails lorsque nous allons comparer nos propres résultats avec les résultats obtenus dans d'autres langues. Nous reviendrons aussi sur les autres conclusions de Hutters, notamment concernant la corrélation entre la durée d'occlusion et l'aspiration, ainsi que sur l'importance du rapport temporel glottal et supraglottal dans la définition de l'aspiration.

---

<sup>1</sup> Voir Löfqvist (1976) pour une observation différente et une explication à cette tendance qui serait due selon lui à l'influence des mouvements verticaux du larynx. Nous verrons que pour le berbère aucune différence entre la dentale et la vélaire n'a été observée.

Löfqvist & Pétursson (1978) ont analysé par photoglottographie les ajustements laryngaux en suédois et en islandais. Commençons par les occlusives suédoises. Les voisées sont généralement produites avec des vibrations glottales pendant l'occlusion. La durée d'occlusion est la même pour les deux séries quand les sourdes sont aspirées. Par contre, dans les contextes où les sourdes se réalisent sans aspiration, leur durée d'occlusion devient considérablement plus importante que celle des occlusives voisées. La pression d'air oral est identique pour les occlusives sourdes, qu'elles soient aspirées ou pas. Le degré maximum d'ouverture glottale a toujours lieu avant le relâchement mais jamais après (Ses observations sont tirées à partir de l'enregistrement d'un seul sujet). Concernant l'islandais (à partir là aussi d'un seul sujet), où les occlusives sont toutes sourdes, l'intervalle entre l'implosion et le degré maximum de l'ouverture glottale est systématiquement plus court pour les non aspirées que pour les aspirées. Löfqvist & Pétursson ont été particulièrement intéressés par la corrélation entre le degré d'ouverture glottale, le rapport temporel oral-glottal et l'aspiration. Leurs observations indiquent clairement que pour l'islandais et le suédois, la coordination entre les gestes laryngaux et supralaryngaux est le facteur principal qui détermine l'aspiration. La glotte atteint souvent son degré d'ouverture maximal plus au moins au moment du relâchement pour les aspirées. Pour les non aspirées, par contre, l'ouverture maximale est atteinte bien avant le relâchement. Cela veut dire que la glotte est dans une situation adéquate pour que le voisement ait lieu au moment du relâchement de l'occlusive non aspirée et ouverte au même moment pour l'occlusive aspirée. Pétursson (1976) arrive à la même conclusion. Il a observé que l'ouverture maximale pour les aspirées est atteinte en moyenne 10 à 20 ms avant la rupture de l'occlusion. Au moment du relâchement, la glotte est pratiquement fermée pour les non aspirées et le voisement subséquent peut commencer immédiatement après le relâchement.

Le degré de l'ouverture glottale semble être lié à l'aspiration de différentes manières en islandais et en suédois. En islandais, le degré maximal de l'ouverture glottale est plus petit pour les occlusives sourdes non aspirées et plus important pour les aspirées<sup>2</sup>. Les occlusives préaspirées de l'islandais comme nous allons le voir plus bas ont un degré intermédiaire (voir aussi Löfqvist & Yoshioka 1980). En suédois par contre, il ne semble pas y avoir de relation entre le degré de l'ouverture glottale et l'aspiration. Ces résultats confirment les observations de Lindqvist (1972). Löfqvist & Pétursson n'ont pas traité de la corrélation entre le degré de l'ouverture glottale et le lieu d'articulation. Pétursson (1976) l'a fait et a trouvé que

---

<sup>2</sup> Une configuration différente a été observée par Ladefoged et Maddieson (1996 : 70-71) pour qui le degré maximal de l'ouverture glottale entre les aspirées et les non aspirées n'est pas très différent.

l'ouverture glottale n'est pas indépendante du lieu d'articulation. Il semble en effet au vu de ses résultats que l'ouverture de la glotte augmente à mesure que le lieu d'articulation recule dans la cavité buccale. Ceci expliquerait selon Pétursson le fait que l'aspiration est plus longue pour les vélaires que pour les labiales et les dentales. D'autres chercheurs ont déjà signalé un fait semblable. Sawashima & Miyazaki (1973) à partir des données du japonais ont déjà signalé que le degré de la glotte pour /k/ est plus important que pour /t/ aussi bien en position initiale qu'intervocalique. Leurs figures (ibid : 3) le montrent aussi très clairement. Sawashima & Niimi (1974 : 14) à partir de l'enregistrement de 3 locuteurs japonais concluent aussi que : « The opening for /k/ appears to be larger than for [t] and [p] » Hirose (1975) ainsi que Hirose & Ushijima (1978), toujours pour le japonais, ont aussi constaté que le degré de l'ouverture de la glotte est plus important pour les occlusives vélaires. Cet aspect a été constaté pour plusieurs langues ; une tendance qui semble donc quasi universelle. Nous allons examiner si cette tendance se confirme pour les données du berbère. La pression orale en islandais est la même pour les aspirées et les non aspirées. Puisque la glotte est ouverte pendant l'occlusion de ses deux séries d'occlusives sourdes, on peut considérer cela comme la preuve que la pression sous-glottique est la même pour les deux séries d'occlusives. Cela indique aussi qu'il n'y a aucune augmentation de l'activité expiratoire pour les sourdes aspirées. Ces observations confirment ce qui a déjà été observée pour le suédois et les autres langues, notamment que le système respiratoire n'est pas impliqué dans le contrôle de l'aspiration. Cela rejoint aussi les observations de Ohala & Ohala (2002) qui, à partir des données sur les occlusives aspirées et non aspirées du hindi, ont montré que l'augmentation du flux d'air qui caractérise les aspirées n'est pas due à une augmentation de l'activité des muscles respiratoires.

Si on compare ces résultats obtenus à partir du suédois et de l'islandais à ceux obtenus à partir du danois, où les occlusives se distinguent par l'aspiration (Frokjaer-Jensen et al. 1971, Fukui & Hirose 1983), on remarque que le danois ressemble globalement à l'islandais. Une différence notable néanmoins concerne le rapport temporel des gestes glottaux et laryngaux. Le degré d'ouverture maximale de la glotte tend à avoir lieu plus près du relâchement oral (voire après le relâchement) en danois qu'en islandais et en suédois.

L'étude menée par Hoole et al. (1984) était, entre autres, intéressée par les différences de configuration glottique potentielles qui peuvent exister entre différents lieux d'articulation. Les occlusives analysées sont la labiale et la dentale sourdes /p/ et /t/ de l'allemand. Les mesures effectuées sur l'intervalle entre le degré maximal de l'ouverture glottale et le

relâchement oral indiquent des différences significatives, cet intervalle étant plus long pour /p/ que pour /t/ (pour les trois sujets enregistrés). Cette différence d'intervalle est considérée comme un effet passif dû à des différences de durée d'occlusion, les bilabiales ayant une durée plus longue que les dentales<sup>3</sup> ; autrement dit, un geste glottal quasi identique pour les deux lieux d'articulation superposé sur une variété d'articulations orales. Selon Hoole et al., les variations de durée d'aspiration entre différents points d'articulations ne seraient pas dues à des variations du geste glottal mais plutôt à des différences au niveau suprasegmental, comme la durée d'occlusion par exemple.

L'analyse des occlusives sourdes aspirées de l'anglais américain d'après Sawashima (1970) en comparaison avec les sourdes non aspirées révèle des similitudes mais aussi des différences notables. En terme d'amplitude d'ouverture glottale, les données de Sawashima rejoignent la tendance générale observée dans d'autres langues, à savoir que les aspirées se réalisent avec une plus large ouverture glottale. La largeur de l'ouverture glottale pour les aspirées est identique à celle des fricatives considérées généralement comme étant les segments ayant la plus large amplitude glottale. Les sourdes aspirées et non aspirées se distinguent aussi en terme du degré de l'ouverture glottale au moment du relâchement ; ce degré pour les non aspirées étant très nettement inférieur que pour les aspirées. D'autres différences ont aussi été observées et notamment concernant le rapport temporel de la fermeture des aryténoïdes et la reprise des vibrations des cordes vocales. Les aryténoïdes atteignent leur fermeture complète beaucoup plus tard pour les aspirées. Aussi la reprise des vibrations a généralement lieu plus tôt pour les non aspirées. Les données de Sawshima font aussi état de ressemblances entre ces deux séries d'occlusives, et ce principalement en terme de timing de gestes laryngaux au moment de l'occlusion orale, où aucune différence entre les aspirées et les non aspirées n'a été détectée.

---

<sup>3</sup> Voir Cooper (1999) pour les mêmes résultats sur l'anglais américain.

### 3.1.4 Voisées aspirées et sourdes préaspirées

Dans ce qui va suivre, nous allons traiter de la configuration de la glotte pendant la tenue de certains segments assez rares, notamment les occlusives voisées aspirées et les occlusives pré-aspirées. Commençons par les occlusives voisées aspirées. Très peu de langues connaissent ce type d'occlusives. Parmi ces langues, la proto-langue posée au départ des langues indo-européennes, le changana, le hindi et le maithili. Le changana (connu aussi sous le nom de Tsonga) est parlé principalement au Mozambique et en Afrique du Sud. Cette langue a un inventaire consonantique exceptionnel (125 segments contrastifs), parmi lesquels se trouvent les occlusives pré-nasalisées sonores aspirées (Janson & Engstrand, 2001). La proto-langue posée au départ des langues indo-européennes, selon les comparatistes, dispose d'un système phonétique assez riche en consonnes occlusives : une série non-voisée, une série voisée et une série voisée aspirée (Lehmann, 1993).

Les deux langues disposant d'occlusives voisées aspirées à avoir fait l'objet de plusieurs études phonétiques sont de loin le hindi (Kagaya & Hirose 1975, Benguerrel & Bhatia 1980, Dixit 1989) et, dans une moindre mesure, le maithili (Yadav 1984). Les occlusives sonores aspirées du hindi (Dixit 1989), sont réalisées dans toutes les positions avec une ouverture glottale modérée, approximativement la moitié de celle attestée pendant la réalisation de leurs contreparties sourdes. Le degré de l'ouverture glottale semble plus important en position initiale qu'en position intervocalique et finale. Le geste d'ouverture commence toujours pendant l'occlusion et très souvent bien après le contact articulaire, son degré maximal est souvent atteint bien après le relâchement. Le geste de fermeture, qui commence au sommet de l'ouverture, atteint une fermeture complète durant la première partie de la voyelle qui suit. Les deux autres études sur le hindi arrivent en général aux mêmes résultats, mais des différences sont à noter. Signalons tout d'abord qu'une différence de données traitées existe entre Dixit (1989) et Kagaya & Hirose (1975) d'un côté et Benguerrel & Bhatia (1980) de l'autre. Les données traitées par ce dernier sont des mots isolés, avec donc des segments en positions initiale et finale absolues. Toutes les formes traitées dans les deux autres études sont incluses dans des phrases cadres. Ainsi, seule la configuration de la glotte en position intervocalique peut être comparée entre ces études. La différence principale concerne le rapport temporel des gestes glottaux et supraglottaux. Dans les données de Benguerrel & Bhatia (1980), le geste d'ouverture de la glotte commence souvent au moment du relâchement, tandis que dans les deux autres études, l'ouverture glottale commence vers le milieu de l'occlusion, et rarement au moment du relâchement oral. La glotte en position initiale absolue, pour les sonores aspirées, a une configuration plus complexe (Benguerrel &

Bhatia 1980 : 136). La glotte est fermée et les cordes vibrent pendant l'occlusion orale (pendant 130 ms en moyenne), jusqu'au moment du relâchement oral, où la glotte commence à s'ouvrir, mais les cordes vocales continuent de vibrer, jusqu'à atteindre une ouverture maximale - avec un degré qui est à peu près la moitié de celui pendant la respiration - 65 ms en moyenne après le relâchement. La glotte entame dès lors sa phase fermante, avec des cordes vocales toujours en vibration, pour atteindre une fermeture complète 130 ms en moyenne après le relâchement. En position finale absolue, toujours selon les données de Benguerrel & Bhatia (1980), la configuration de la glotte est identique à celle des sonores non aspirées. La même observation s'applique aussi aux sourdes. En position finale, les sourdes aspirées et non aspirées ont une même configuration glottale. La seule opposition donc entre les occlusives en position finale est celle du voisement. L'aspiration ne permet pas de distinguer les occlusives dans ce contexte.

A partir de l'enregistrement d'un phonéticien à qui on a demandé de réaliser entre autres trois types d'occlusives labiales /p, p<sup>h</sup>, b<sup>h</sup>/ en position intervocalique, Hirose et al. (1972) ont arrivé pratiquement aux mêmes résultats que les autres travaux sur le hindi. Leurs conclusions rejoignent en grande partie les conclusions de Dixit (1989) et Kagaya & Hirose (1975) concernant le rapport temporel des gestes glottaux et supraglottaux<sup>4</sup>. Le degré maximal de la glotte est atteint bien après le relâchement oral. Aussi, la glotte commence à s'ouvrir pendant l'occlusion bien avant le relâchement et là aussi cette observation rejoint celle de Dixit (1989) et de Kagaya & Hirose (1975) mais va à l'encontre de celle de Benguerrel & Bhatia (1980) qui a observé que la glotte commence à s'ouvrir au moment du relâchement.

Les occlusives sourdes pré-aspirées sont attestées, à notre connaissance, en gaélique écossais, en faroèse, en islandais, ainsi que, de manière optionnelle, dans certains dialectes suédois et norvégiens<sup>5</sup>. L'islandais est de loin la langue la plus analysée (Garnes 1973, Pétursson 1976, Thrainsson 1978, Löfqvist & Pétursson 1978, Löfqvist & Yoshioka 1980, Ni Chasaide & Dochartaigh 1984). Avant de présenter un aperçu sur la configuration glottale lors de la production de ces consonnes, il serait important, il nous semble, de préciser au préalable la forme phonétique des symboles employés dans ces études. Les occlusives aspirées /p, t, k/ existent uniquement en position initiale. En position intervocalique, toutes les occlusives sont

<sup>4</sup> Voir aussi Sawashima & Hirose (1983) pour les mêmes observations.

<sup>5</sup> Voir Daniel Silverman :

<http://www.cogsci.uiuc.edu/~daniel/journal%20of%20linguistics.pdf>.

non aspirées. Les consonnes notées *bb*, *dd*, *gg*, se réalisent comme des géminées non aspirées sourdes [p:, t:, k:]. Les consonnes notées *pp*, *tt*, *kk* se réalisent comme des sourdes simples pré-aspirées. Le statut phonologique exact de ces dernières consonnes n'est pas totalement tranché. Pétursson (1976) et Garnes (1973) considèrent les pré-aspirées comme un groupe de consonnes : [h+occlusive non-aspirée]. D'autres considèrent ces segments comme des géminées (Ni Chasaide (1985), Ladefoged & Maddieson (1996). Hoole a comparé la configuration de la glotte des occlusives pré-aspirées et non aspirées, à partir des données d'un locuteur de l'islandais du sud (appelé aussi le limæli). Ses résultats indiquent que les pré-aspirées sont réalisées avec une ouverture glottale très large, dépassant même la largeur de la fricative pré-vocalique /s/. Pétursson avait observé la même amplitude importante dans une étude sur la même variété de l'islandais et à partir d'un seul locuteur (l'auteur lui même). Löfqvist & Yoshioka, de leur côté, ont observé une ouverture glottale moins importante. Selon leurs observations, le degré d'ouverture glottale pour les préaspirées est moins important que les post-aspirées et plus important que pour les non aspirées. Concernant le rapport temporel entre les gestes glottaux et supraglottaux, les trois études citées plus haut s'accordent globalement. Pour les préaspirées, contrairement aux aspirées, aussi bien l'abduction glottale que son amplitude d'ouverture maximale précèdent le relâchement oral. Nous allons revenir sur le cas de l'islandais dans la section (4.8.2) où nous traiterons de la corrélation entre l'amplitude de l'ouverture glottale et l'aspiration.

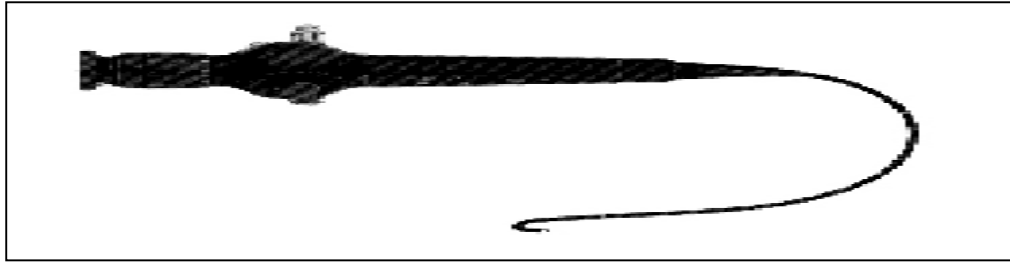
### **3.2 Les ajustements laryngaux pendant la tenue des obstruantes en chleuh**

Nous allons dans ce qui va suivre procéder à une analyse par fibroscopie des ajustements glottaux pendant la tenue des obstruantes sourdes et sonores du berbère chleuh. Nous allons principalement nous intéresser aux différences qualitatives au niveau de la posture globale du larynx et au niveau du cycle d'abduction-adduction des cordes vocales.

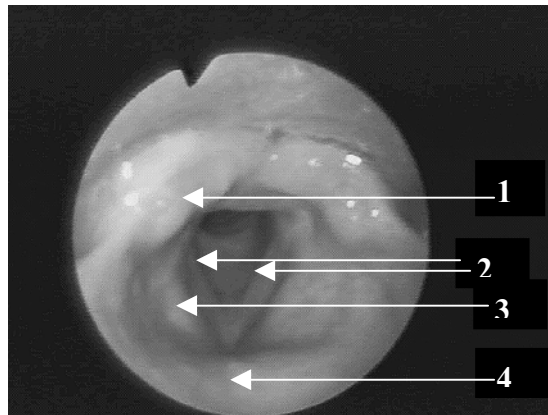
### **3.3 Méthode et sujets**

La fibroscopie est une procédure expérimentale communément utilisée pour observer les gestes laryngiens pendant la parole. Le fibroscope consiste en un faisceau de fibres optiques qui transmettent la lumière et l'image (Sawashima & Hirose 1968). Pour notre expérimentation, un fibroscope de type Olympus ENF-P3 a été introduit par la narine, sans anesthésie locale, et stabilisé à quelques millimètres de la glotte, ce qui a permis d'observer

directement les mouvements des cordes vocales et des cartilages aryténoïdiens ainsi que certains mouvements de l'épiglotte. Les figures 3.1 et 3.2 montrent une photographie du fibroscope et une image de la glotte telle que nous pouvons la visualiser à travers les films fibroscopiques.



*Figure 3.1 Le fibroscope (Olympus ENF P3)*



*Figure 3.2. Une image de la glotte telle que nous pouvons la visualiser sur les films fibroscopiques.*

*1 : Aryténoïdes.*

*2 : Cordes vocales.*

*3 : Bande ventriculaire.*

*4 : Base ou tubercule de l'épiglotte.*

L'enregistrement s'est déroulé en quatre sessions à l'hôpital Laennec et à l'hôpital Georges Pompidou à Paris toujours en présence d'un médecin phoniatre (Le Docteur L. Crevier Buchman). Une caméra Sony (XC-999 P) a été fixée sur le bout externe du fibroscope pour enregistrer un film vidéo sur un magnétoscope "U-Matic" (VO-5800 PS). Les images vidéo ont aussi servi pour contrôler et s'assurer du bon déroulement de l'enregistrement. Il est important en effet de bien contrôler la position du bout interne du fibroscope et de s'assurer que la salive, par exemple, n'influence pas le signal. Dans un cas pareil, on demande au sujet d'avaler (ou de tousser) et de répéter la séquence une nouvelle fois. Un « micro-cravate »



Sony a été utilisé pour l'enregistrement simultané du son, ce qui permet la synchronisation du son avec les images. L'acquisition du film vidéo a été effectuée à l'aide d'un ordinateur PC équipé de la carte Miro DC 30 et du logiciel Adobe Première 5.1. L'analyse des données a été principalement faite en utilisant le logiciel SoundForge 5.0. qui permet d'avoir aussi bien le signal acoustique que les images vidéos. Les images, copiées à partir de ce logiciel, ont été traitées en utilisant Adobe Photoshop 5.0 et Adobe Illustrator 7.0.

La fibroscopie est une méthode très fiable pour visualiser la configuration de la glotte pendant la parole. Son inconvénient majeur demeure toutefois sa fréquence assez lente. Les données fibroscopiques ont une fréquence de 25 images par seconde seulement. L'inconvénient d'une telle fréquence est qu'un ensemble d'ajustements ne peut être déterminé d'une manière certaine. Comme le montre la figure ci-dessous, une image correspond à 40 ms sur le signal. La cinquième image en partant de la gauche englobe donc la fin de l'occlusion et le relâchement de /k/.

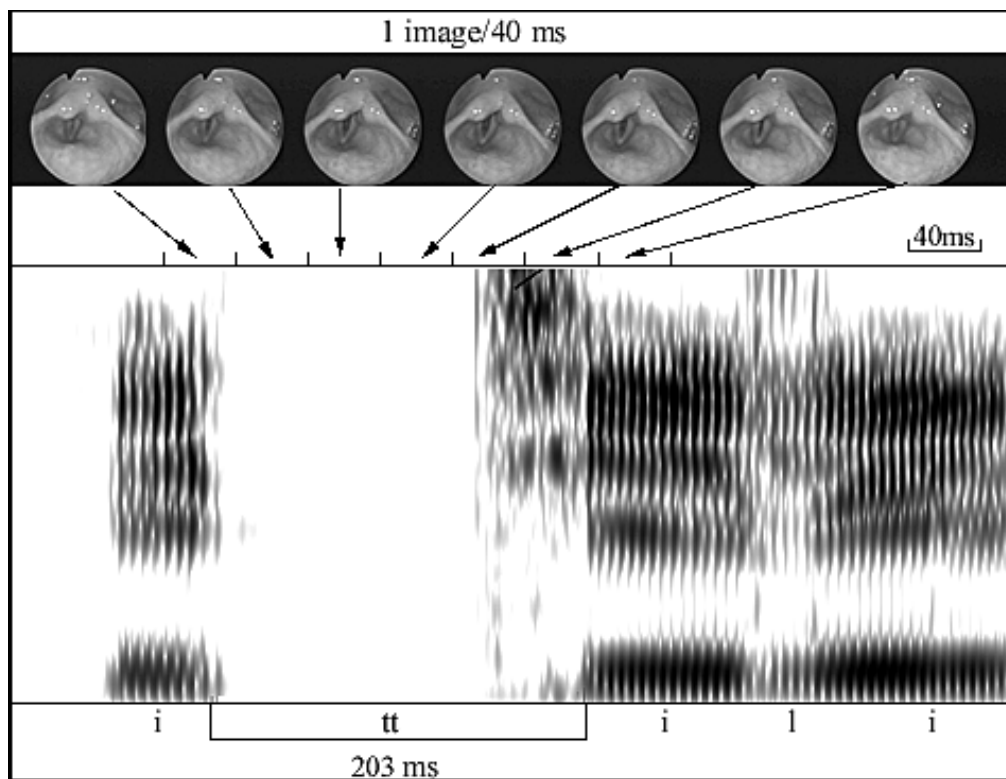


Figure 3.3 Illustration de la correspondance entre l'image fibroscopique et le spectrogramme (échelle : 0 – 5KHz). La figure correspond à la tenue de la forme ittili « qu'il aie ».

Ainsi, le rapport temporel entre les gestes glottaux et supraglottaux ne pourra être déterminé d'une manière exhaustive en se basant uniquement sur les films fibroscopiques. C'est pour cette raison que nous avons procédé à une expérimentation supplémentaire : la

transillumination (voir chapitre 4). L'objectif de l'expérimentation fibroscopique est donc principalement de décrire la configuration glottale observée pendant la parole.

Un autre inconvénient de la fibroscopie est que les mesures du degré de l'ouverture glottale obtenues par cette technique ne sont pas calibrées. C'est pour cette raison que les comparaisons de ce paramètre entre deux formes enregistrées pendant deux sessions différentes ne peuvent être qu'approximatives. Cet inconvénient empêche aussi de procéder à des comparaisons entre segments appartenant à différentes langues. Pour notre part, nous n'effectuerons de comparaisons qu'entre segments réalisés dans une même session et uniquement quand des différences d'amplitude glottale nous semblent évidentes et systématiques.

Deux sujets ont participé à l'expérimentation fibroscopique. Seules les données d'un seul sujet seront traitées dans cette partie. Nous nous sommes servi des données des deux sujets pour la partie sur les ajustements glottaux pendant la production des mots sourds. Les raisons du nombre limité des sujets seront fournies dans la section (4.4) dans l'étude photoglottographique. Pour remédier à la lenteur de la fréquence, nous avons procédé à l'enregistrement d'un nombre important de données répétées au moins vingt fois, plus de 5 fois par session. Pour l'analyse des consonnes simples et géminées, nous avons choisi les mêmes formes que pour l'expérience acoustique et y ajoutant les formes du tableau (3.1) ci-dessous. Ces formes contiennent les fricatives pharyngales et laryngales simples et géminées dans les trois positions. La fréquence de ces consonnes, principalement pour la série géminée, est assez limitée. La liste est par conséquent composée d'un grand nombre de non-mots indiqués par le symbole '\*'. Chaque mot a été répété 5 fois en isolation pendant chacune des quatre sessions, avec une pause de deux à trois secondes entre chaque réalisation.

	h	hh	ʕ	ʕʕ	h	hh
##---V	hid <i>enlève</i>	*hhi <i>non-mot</i>	ʕif <i>dégoûte</i>	ʕʕif <i>interjection (de dégoût)</i>	hiyyʕ <i>déchaîne</i>	*hhi <i>non-mot</i>
V---V	i hid <i>il a enlevé</i>	*i hhi <i>non-mot</i>	i ʕif <i>il est dégoûté</i>	*i ʕʕ i <i>non-mot</i>	i hiyyʕ <i>il est déchaîné</i>	*i hhi <i>non-mot</i>
V--- ##	i li h <i>il a disparu</i>	*i si h h <i>non-mot</i>	*i fi ʕ <i>non-mot</i>	*i fi ʕʕ <i>non-mot</i>	i yyi h <i>oui</i>	*i h h <i>non-mot</i>

Tableau 3.1. La liste supplémentaire des mots utilisés dans l'expérience fibroscopique. Les autres formes sont les mêmes que celles présentées dans la partie acoustique (voir tableau 2.1).

### 3.4 Résultats

Nous allons fournir ci-dessous les résultats les plus significatifs de nos observations de l'état de la glotte pendant la tenue des obstruantes chleuhs. Cette section est subdivisée en plusieurs sous-sections correspondant aux modes d'articulation, au contexte et à l'aspect sourd et sonore des consonnes analysées. Les différences entre simples et géminées sourdes ne seront pas traitées dans cette partie. Elles feront l'objet d'une analyse détaillée dans le chapitre (4).

#### 3.3.1 Les occlusives sourdes

##### 3.3.1.1. Position initiale<sup>6</sup>

Les quatre figures ci-après, illustrent la configuration de la glotte pendant la tenue des occlusives initiales /t, k, q, T/ respectivement. Une des caractéristiques des occlusives sourdes en position initiale absolue est que la glotte est toujours très largement ouverte juste avant le début de l'occlusion (4 à 5 images avant le début du voisement vocalique). Les cartilages aryénoïdiens sont aussi très séparés. Au début de l'occlusion, la glotte commence à se refermer progressivement pour atteindre une fermeture complète au début de la voyelle qui suit. Les cartilages aryénoïdiens, qui étaient très largement séparés pendant la phase respiratoire, entament, eux aussi, un rapprochement progressif pour atteindre une occlusion complète au début de la voyelle qui suit.

<sup>6</sup> Nous nous sommes basé sur les résultats de nos mesures du débit d'air oral pour déterminer approximativement la durée de l'occlusion des segments simples en position initiale absolue.

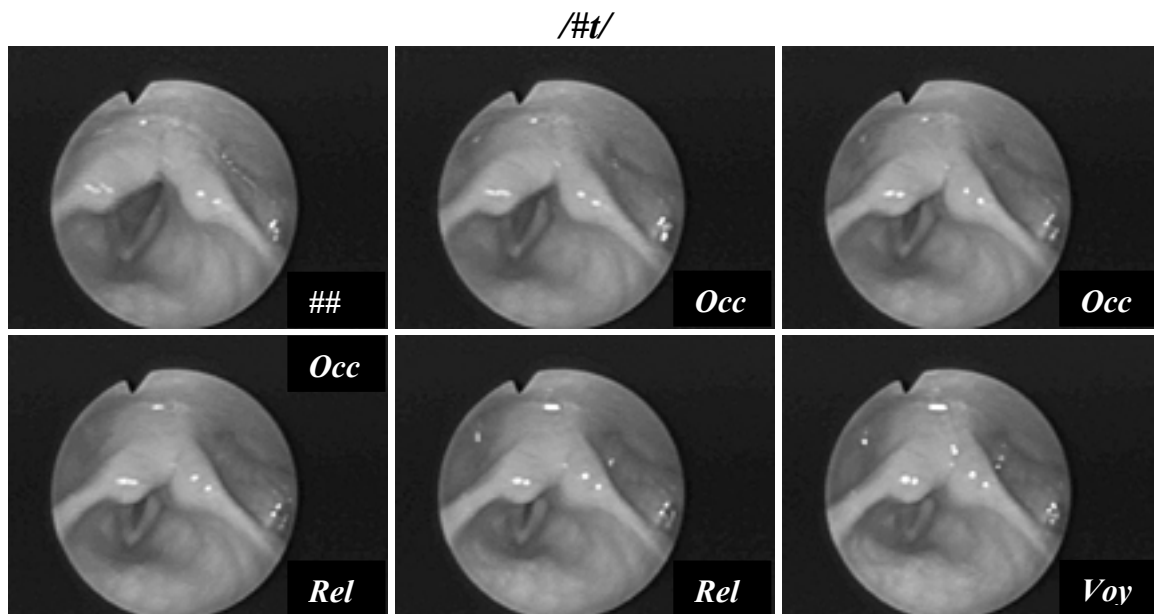


Figure 3.4. La configuration de la glotte pendant la réalisation de la dentale /t/ en position initiale absolue dans la forme /tʰili/

La configuration de la glotte pendant la réalisation de /k/ et /t/ est pratiquement identique avec, apparemment, un même degré d'ouverture glottale. La glotte, après avoir atteint son degré d'ouverture maximale, entame sa phase fermante d'une manière très progressive.

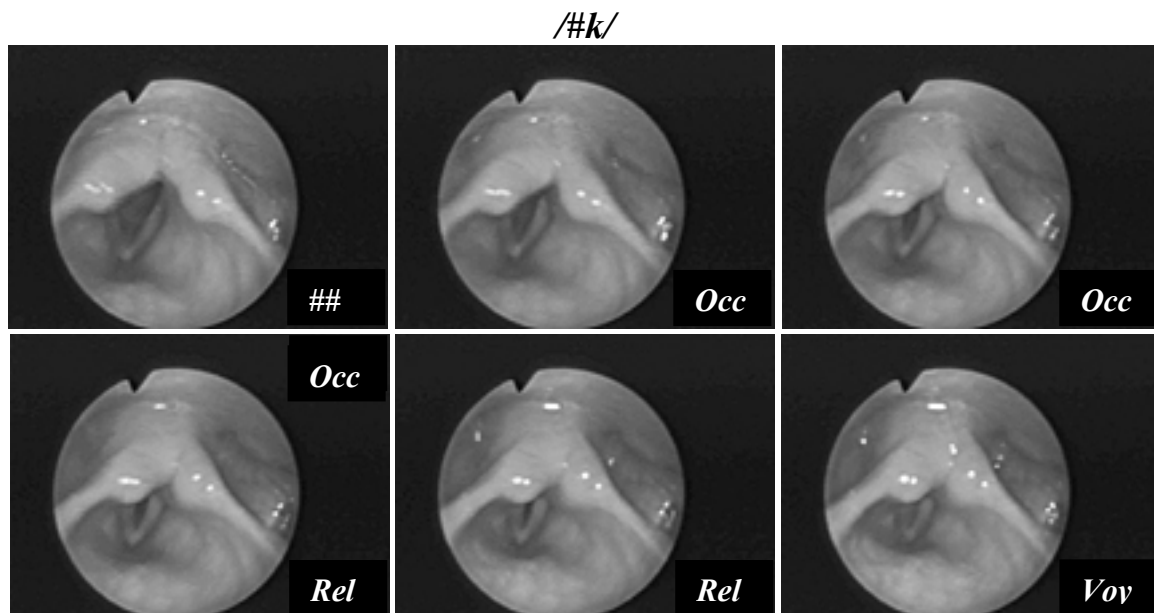
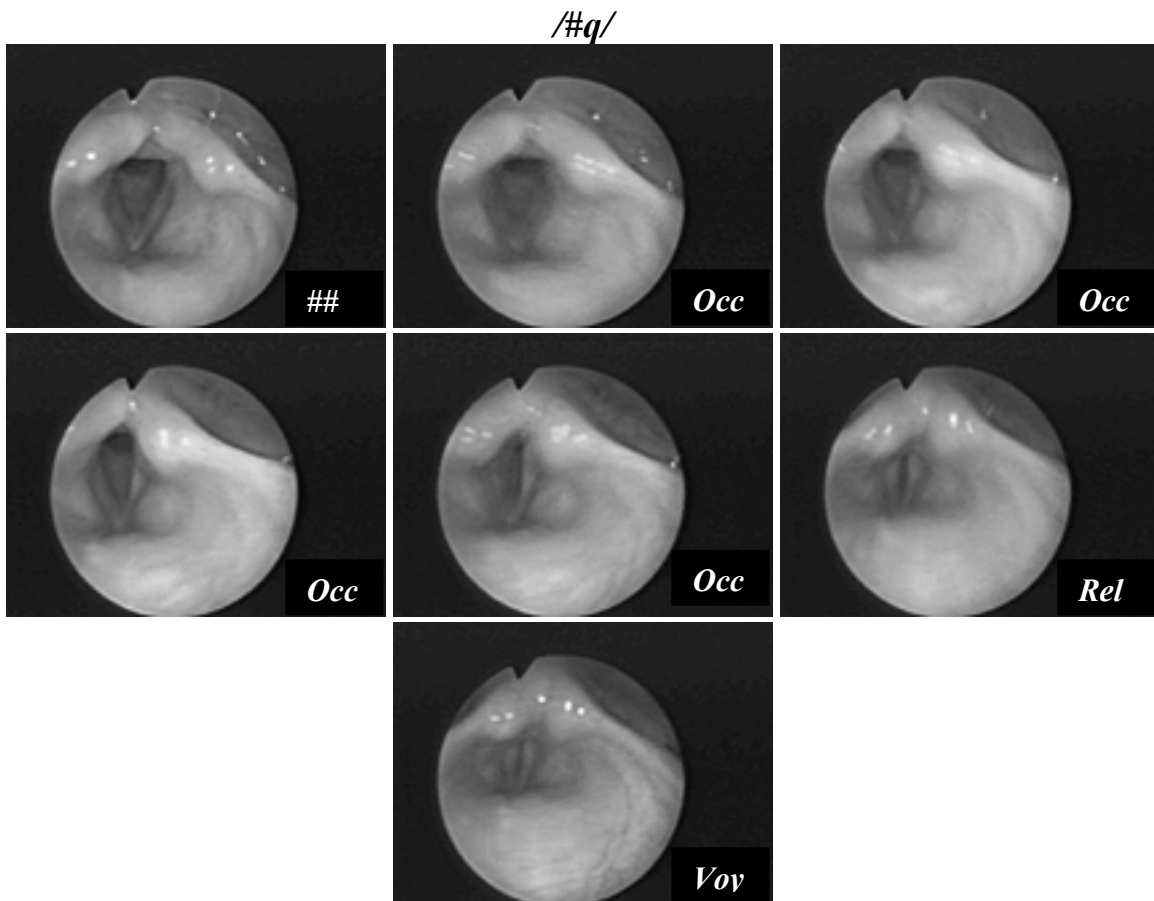


Figure 3.5. La configuration de la glotte pendant la réalisation de la vélaire /k/ en position initiale absolue dans la forme /kiyyi/

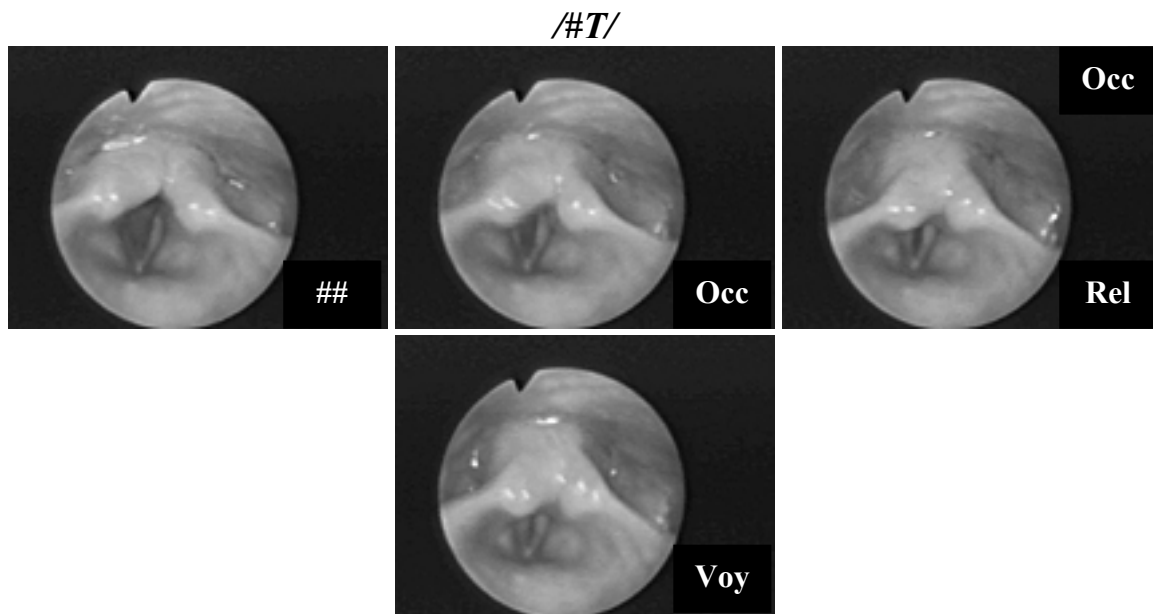
L'uvulaire /q/, par contre, semble se réaliser avec un degré d'ouverture glottale plus important, maintenu pendant longtemps. Aussi, les cartilages aryénoïdiens gardent une posture largement séparée pendant toute la durée d'occlusion. C'est vers le relâchement oral

que la glotte commence à se refermer beaucoup plus rapidement, en comparaison avec la dentale et la vélaire. Les cartilages aryénoïdiens aussi commencent à se rapprocher d'une manière très importante vers le relâchement oral. Au début de la voyelle qui suit, la glotte reprend une même configuration que pendant les voyelles qui suivent /t/ et /k/.

Nous avons montré dans l'étude acoustique que la différence majeure entre /T/ et les autres occlusives concerne la durée du relâchement. Pour /T/, le relâchement dure à peine 20 ms (en moyenne). Pour les autres occlusives, le relâchement dure au delà de 40 ms. Sachant que nous avons, par fibroscopie, une image toutes les 40 ms, cela veut dire que la dernière image avant la voyelle (donc la vibration des cordes vocales) peut correspondre aussi bien à la tenue d'occlusion qu'au relâchement de /T/. cette dernière image avant la voyelle suivante indique clairement une plus faible ouverture glottale en comparaison avec les autres occlusives. Comme nous allons le montrer plus loin, c'est cette faible ouverture glottale au moment du relâchement qui explique la durée plus courte du VOT pour ce type d'occlusives.



*Figure 3.6. La configuration de la glotte pendant la réalisation de l'uvulaire /q/ en position initiale absolue dans la forme /qi/*



*Figure 3.7. La configuration de la glotte pendant la réalisation de l'emphatique /T/ en position initiale absolue dans la forme /TiTT/*

En position initiale, donc, la glotte qui était très ouverte juste avant la tenue de l'occlusion (phase respiratoire) entame sa phase fermante d'une manière progressive pour /t/, /k/ et /T/ et d'une manière plutôt lente pendant la tenue de l'uvulaire. Vers le moment du relâchement, la glotte se referme plus rapidement pour /q/. /T/ est l'occlusive qui a le plus faible degré d'ouverture glottale au moment du relâchement, ce qui explique sa faible durée du VOT. Nous reviendrons sur la corrélation entre le degré de l'ouverture glottale et la durée du relâchement (ou l'aspiration) dans la partie consacrée à l'analyse de nos résultats obtenus par transillumination. Les occlusives sourdes de l'arabe marocain (Zeroual 2000), qui sont les mêmes qu'en berbère, se comportent pratiquement de la même manière. L'uvulaire /q/ présente aussi une fermeture glottale plus rapide que pour /k/, par exemple. /T/ aussi, comme en chleuh, se réalise avec une ouverture glottale moins importante. Mais des différences sont à noter. L'uvulaire /q/ de l'arabe marocain semble se réaliser avec un degré d'ouverture glottale identique à celui de la vélaire et de la dentale. En berbère, comme le montre la figure (3.6), /q/ est produit avec un degré d'ouverture glottale systématiquement plus important que pendant la tenue des autres occlusives. Cette différence est probablement liée au statut de l'uvulaire occlusive dans les deux langues. En chleuh, comme nous l'avons montré dans la partie acoustique, cette consonne se réalise comme une gémée. Nous allons montrer dans le chapitre (4) que les occlusives gémées sourdes se réalisent toujours avec une amplitude d'ouverture glottale plus importante que leurs contreparties simples. Une autre différence concerne la configuration de la glotte juste avant le début de l'occlusion. Nos données

indiquent que la glotte est toujours très largement ouverte pendant cette période. En arabe marocain, par contre, la glotte est fermée et les bandes ventriculaires accolées. Cette configuration assez particulière semble être propre au locuteur qui a réalisé les formes de l'arabe marocain. Il s'agit probablement, selon l'auteur, d'un réflexe de protection suscité par la présence de la fibre optique placée immédiatement au dessus du larynx.

### 3.3.1.2 Position intervocalique

La configuration de la glotte pendant la tenue des occlusives intervocaliques /t, k, q, T/ est illustrée par les figures (3.8, 3.9, 3.10, 3.11). Avant de présenter les deux autres occlusives, disons quelques mots sur la dentale et la vélaire. Ces deux segments, comme en position initiale, ont pratiquement la même configuration glottale, typique d'une occlusive sourde. La glotte qui était fermée pendant la réalisation de la voyelle précédente s'ouvre progressivement pour atteindre son niveau maximal pendant l'occlusion et juste avant le relâchement.

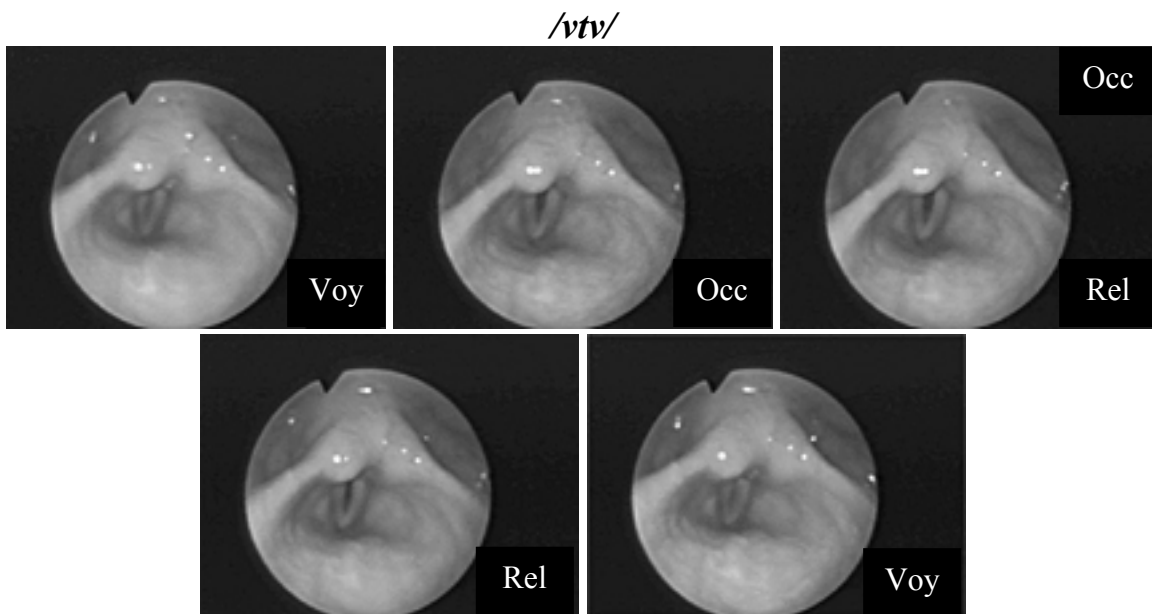


Figure 3.8. La configuration de la glotte pendant la réalisation de la dentale /t/ dans /itili/

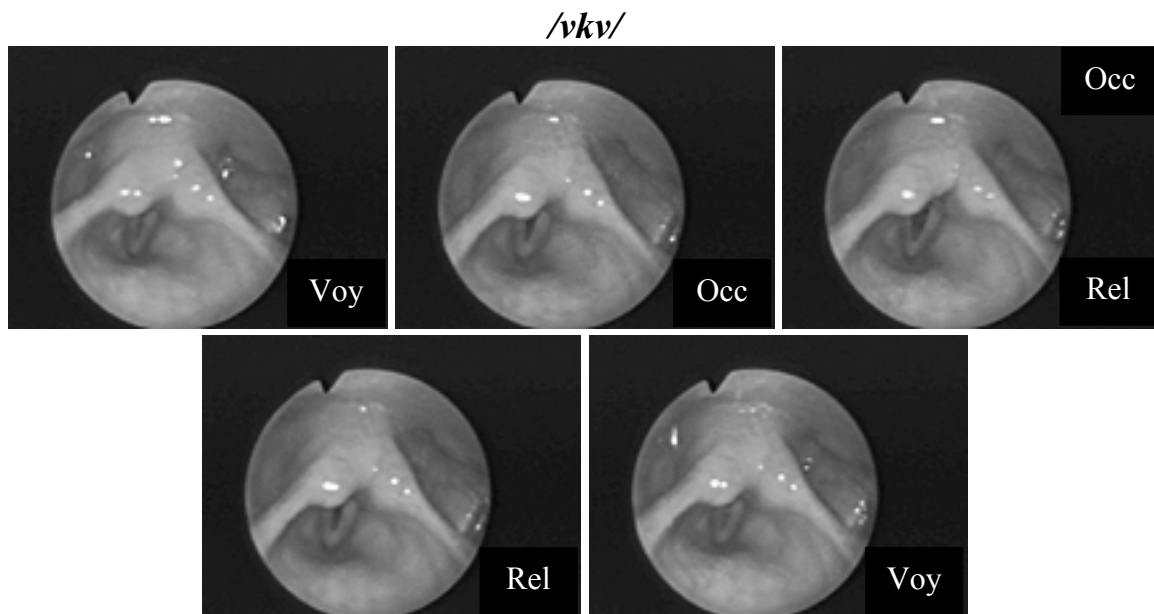


Figure 3.9. La configuration de la glotte pendant la réalisation de la vélaire /k/ dans /ikiyyi/

La glotte entame, dès lors, sa phase fermante pour atteindre une fermeture complète au début de la voyelle qui suit. Le degré de l'ouverture glottale pour la dentale et la vélaire semble être identique. Cet aspect semble aller à l'encontre de la tendance observée dans beaucoup de langues, à savoir que les vélaires ont une amplitude d'ouverture glottale plus importante que les dentales et les bilabiales, une différence qui expliquerait pourquoi les vélaires ont généralement un VOT plus long que les autres places d'articulation. Selon Pétursson (1976) l'ouverture glottale n'est pas indépendante du lieu d'articulation : l'ouverture de la glotte augmente à mesure que le lieu d'articulation recule dans la cavité buccale. Une amplitude plus importante pour les vélaires a aussi été observée pour le japonais (Sawashima & Miyazaki 1973, Sawashima & Niimi 1974, Hirose 1975, Hirose & Ushijama 1978). Ce fait a été depuis relevé pour plusieurs langues, une tendance qui semble donc quasi universelle. Nous allons examiner cet aspect par photoglottographie. Cette procédure expérimentale nous permettra d'examiner cette apparente ressemblance entre les dentales et les vélaires d'une manière plus fiable.



*/vqv/*

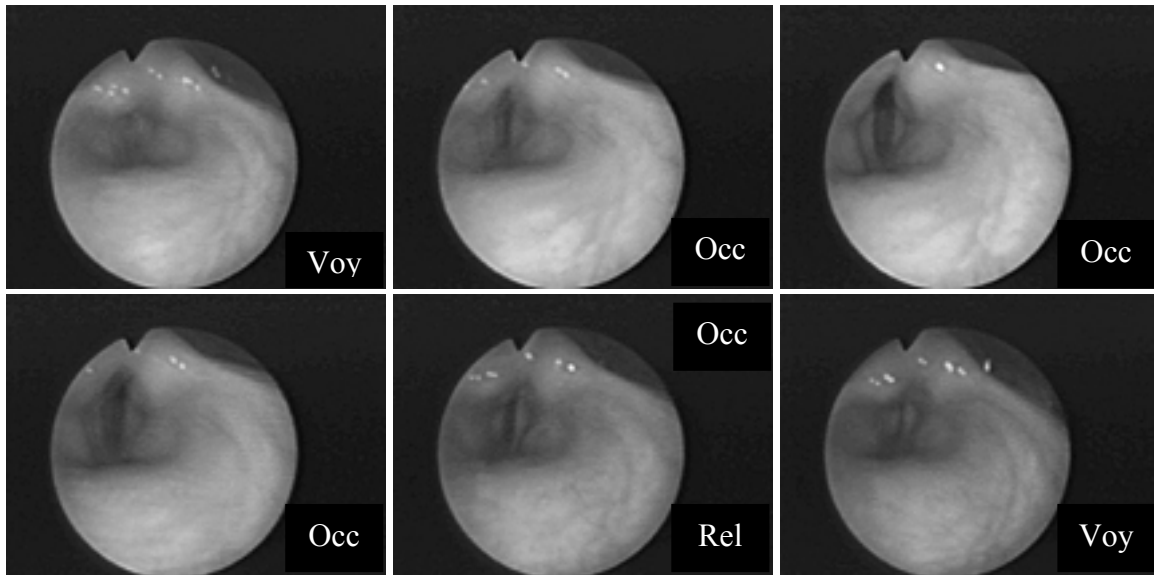


Figure 3.10. La configuration de la glotte pendant la réalisation de la vélaire /q/ dans /iqi/

*/vTv/*

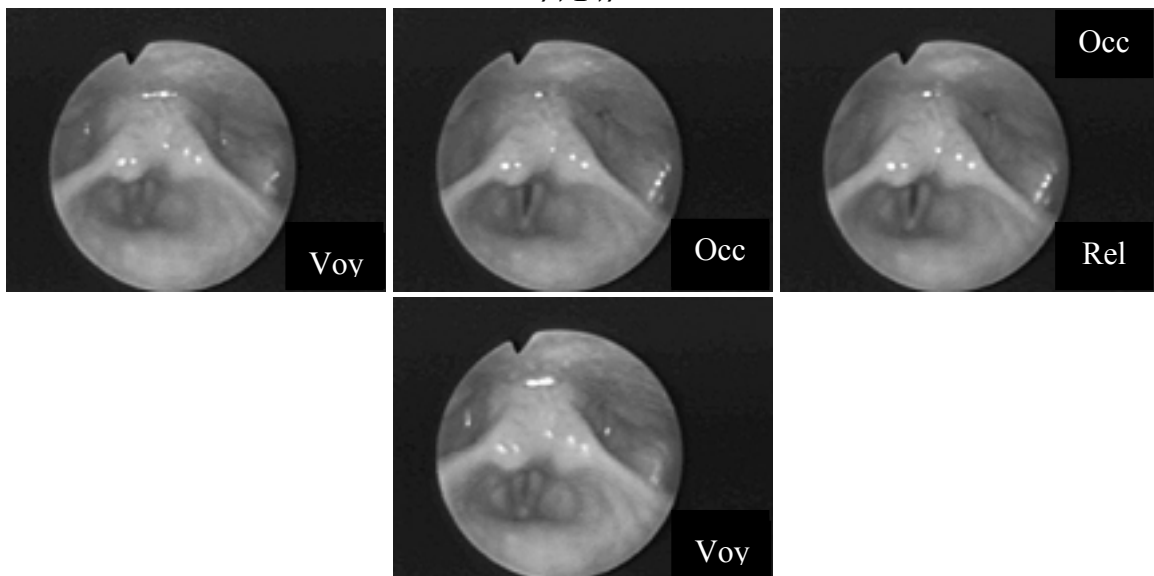


Figure 3.11. La configuration de la glotte pendant la réalisation de l'emphatique /T/ dans /iTtT/

La tendance que nous avons observée en position initiale se confirme pour la position intervocalique. Les emphatiques ont la plus faible amplitude d'ouverture glottale et les uvulaires la plus large. Comme pour de la dentale et de la vélaire, la glotte qui était fermée pendant la voyelle qui précède, s'ouvre et atteint une ouverture maximale pendant la fin de l'occlusion ou juste au moment du relâchement.

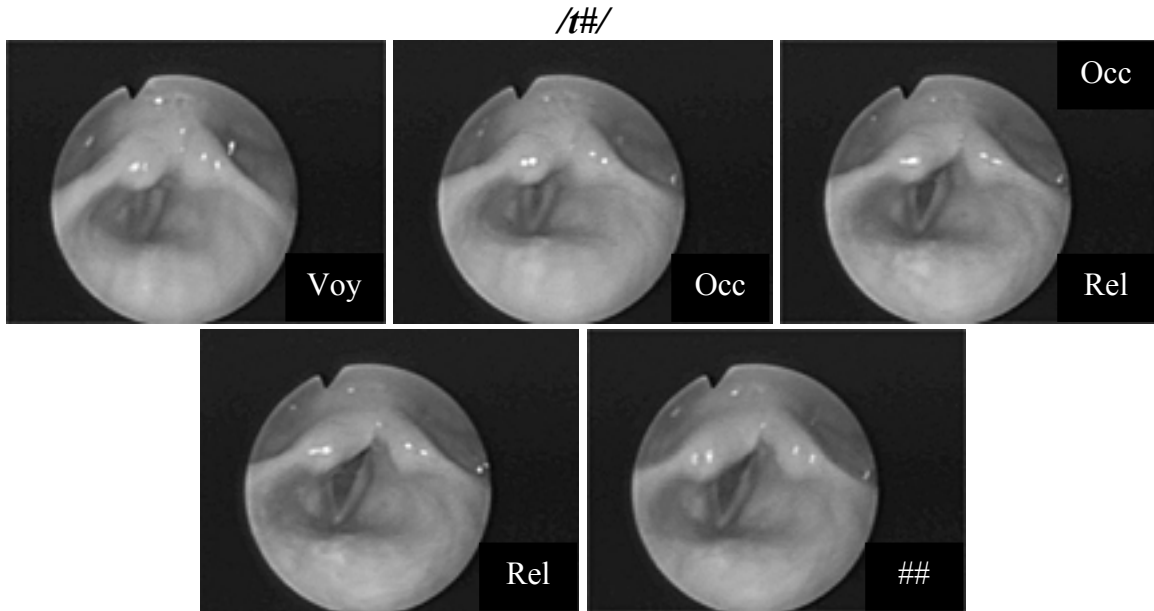
La séparation des cartilages aryénoïdiens semble moins importante durant la tenue de la consonne /T/ comparée aux autres consonnes. Nous avons en effet observé que pour deux répétitions de la même consonne en position intervocalique, les aryénoïdes gardent presque la même posture que pendant la tenue des voyelles précédant et suivant. Notons que /t/ aussi peut parfois se réaliser avec un léger écartement des aryénoïdes et ce principalement en position intervocalique.

L'uvulaire se distingue assez nettement des autres occlusives. Tout d'abord, comme en position initiale, la glotte semble maintenir une ouverture importante assez longtemps mais se referme assez rapidement à partir du relâchement. Une autre caractéristique de l'uvulaire est sa configuration assez particulière comme le montrent les figures (3.6) et (3.10). Pendant la réalisation de cette occlusive, le larynx entame un mouvement vertical vers la gauche dès la tenue de la voyelle précédente et un rapprochement, moins important certes que pendant la réalisation des pharyngales fricatives comme nous allons le montrer plus bas, de l'épiglotte et les cartilages aryénoïdiens. Une autre différence importante entre l'uvulaire /q/ et les autres occlusives sourdes concerne la durée de l'ouverture glottale. L'uvulaire est produite avec une durée d'ouverture glottale plus importante. Cette différence de durée est reflétée par le nombre d'images fibroscopiques correspondant à la tenue de chaque consonne (4 ou 5 pour l'uvulaire, 2 ou 3 images pour les autres lieux d'articulation). Ces observations rejoignent nos résultats acoustiques et semblent indiquer que l'uvulaire en chleuh ne se réalise que comme une géminée.

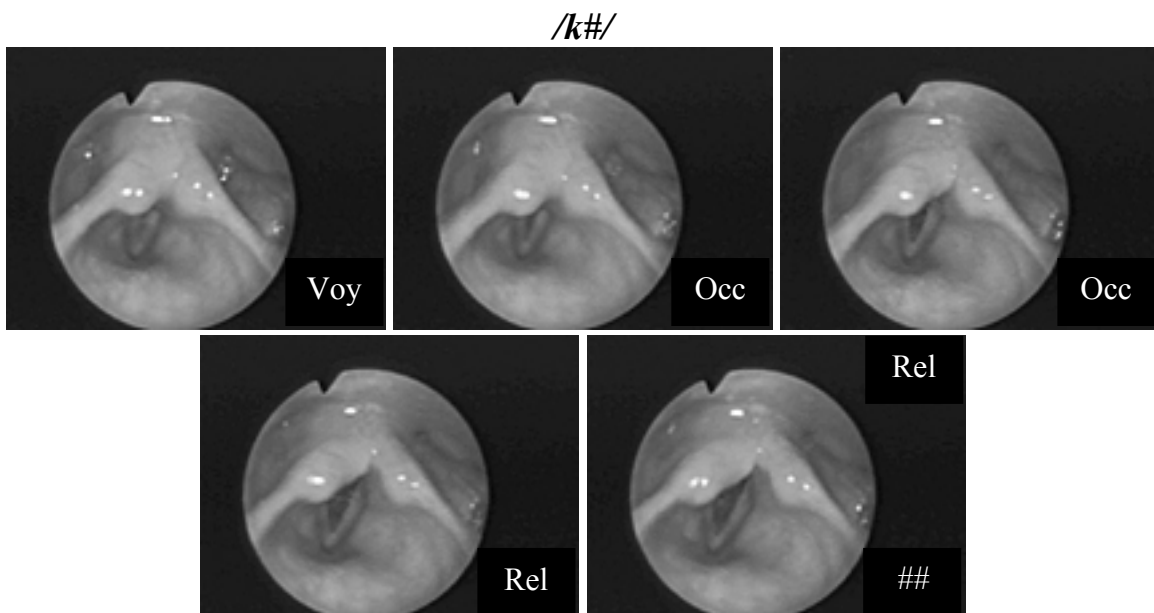
### **3.3.1.3 Position finale**

Les figures (3.12, 3.13, 3.14 et 3.15) illustrent la configuration de la glotte pendant la tenue des occlusives finales /t, k, q, T/ respectivement. La configuration de la glotte pendant la réalisation des occlusives sourdes en position finale semble être généralement la même pour les quatre lieux d'articulation dans le sens où la glotte n'entame qu'un geste d'ouverture pendant la tenue de ses occlusives. En effet, la glotte qui était fermée pendant la tenue de la

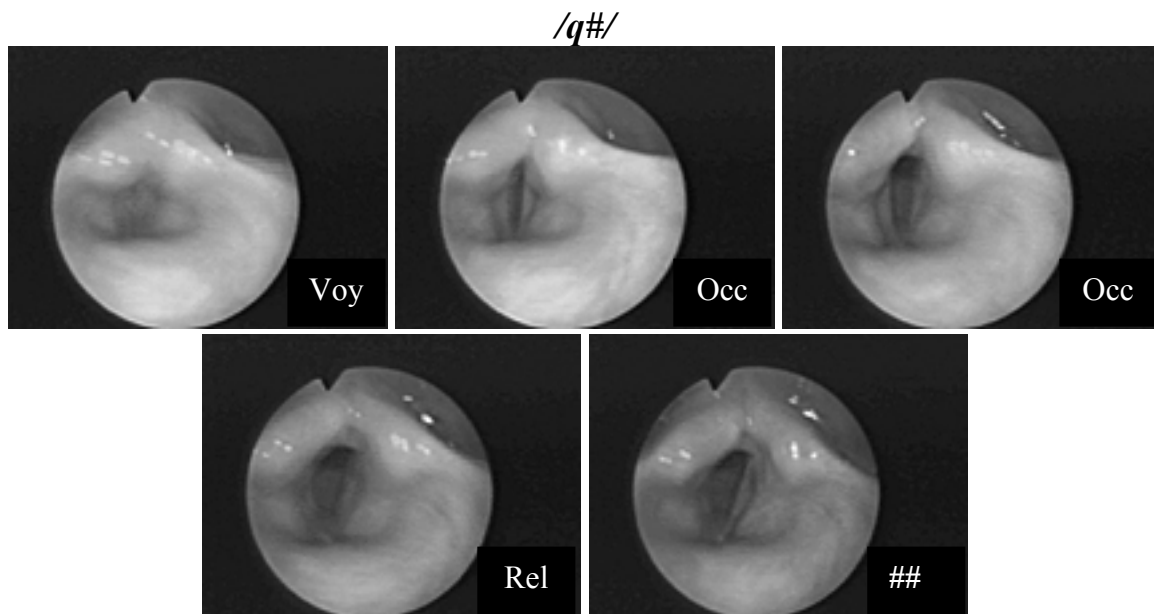
voyelle précédente s'ouvre au début de l'occlusion et continue à s'ouvrir jusqu'à la fin de ses segments. Les cartilages aryténoïdiens entament aussi leur phase de séparation au début de l'occlusion et continuent à se séparer ; ce n'est qu'après le relâchement que les occlusives présentent la même séparation des aryténoïdes que pendant la respiration.



*Figure 3.12. La configuration de la glotte pendant la réalisation de la dentale /t/ dans /fit/*

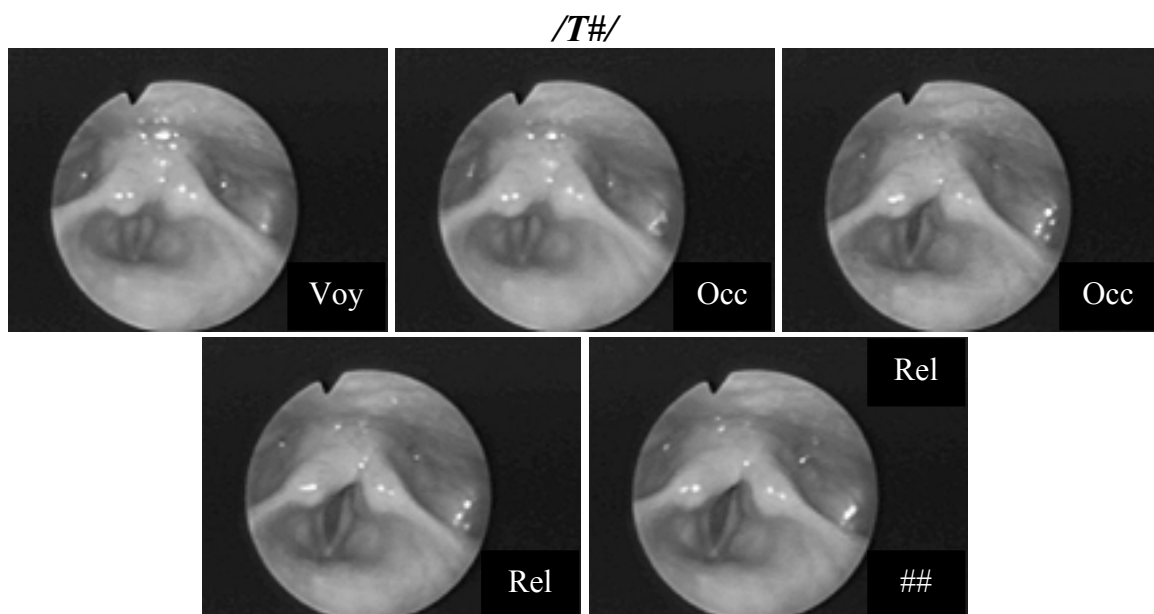


*Figure 3.13. La configuration de la glotte pendant la réalisation de la vélaire /k/ dans /ifik/*



*Figure 3.14. La configuration de la glotte pendant la réalisation de l'uvulaire /q/ dans /fiq/*

Malgré cette tendance générale observée pour toutes les occlusives, des différences sont à signaler et qui rejoignent en grande partie les différences observées dans les positions initiale et intervocalique. L'uvulaire /q/ a une largeur d'ouverture glottale plus importante, qu'elle semble atteindre plus rapidement que les autres occlusives. L'ouverture glottale de /T/, contrairement aux positions initiales et intervocaliques, semble avoir la même amplitude en position finale que la vélaire et la dentale.



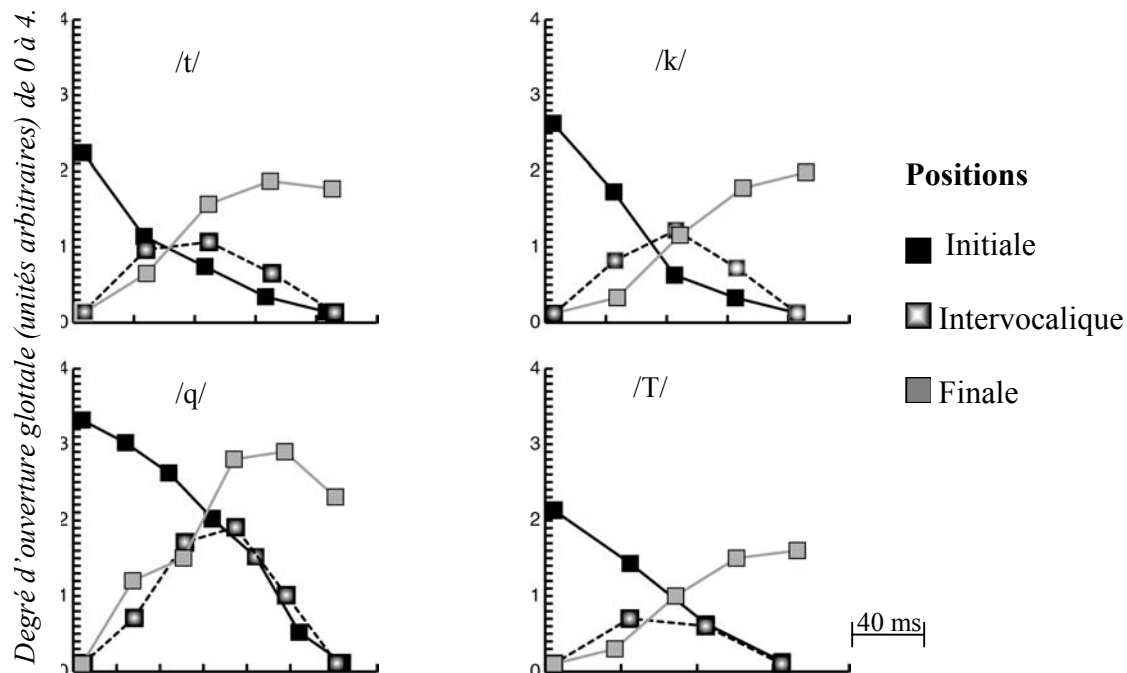
*Figure 3.15. La configuration de la glotte pendant la réalisation de l'emphatique /T/ dans /iniT/*

Nous avons aussi observé une configuration quasi systématique après la fin du relâchement ; le larynx semble en effet s'abaisser systématiquement avec un très léger rapprochement des

cartilages aryténoïdiens et, deux ou trois images après, la glotte reprend une configuration semblable à celle observée en position initiale absolue avant le début de l'occlusion.

### 3.3.3.4. La comparaison entre les trois positions

Les figures ci-dessous indiquent les degrés d'ouverture glottale pour chaque occlusive sourde dans les trois positions. Il s'agit de la moyenne des mesures effectuées sur 5 répétitions pour chaque forme lors d'une même session.



Ces figures montrent que les gestes d'abduction et d'adduction des cordes vocales sont prédictibles en fonction du contexte. En position initiale, seul le geste d'adduction des cordes vocales est visible à cause de l'absence d'un segment voisé précédent. La même remarque est à faire à propos de la position finale, où, là aussi, un seul geste est visible (celui d'abduction glottale) à cause de l'absence d'un segment voisé suivant. Pour la réalisation des segments en position intervocalique, par contre, la glotte présente deux gestes glottaux, ouverture et fermeture, avec un sommet. La glotte entame en effet un geste d'ouverture après la fermeture de la glotte pendant la réalisation de la voyelle précédente. La glotte, après avoir atteint son degré d'ouverture maximal, entame sa phase fermante pour atteindre une fermeture complète au début de la voyelle qui suit. Ces quatre figures illustrent aussi les différences d'amplitude d'ouverture glottale entre les quatre occlusives, comme nous l'avons signalé plus haut. Elles permettent aussi de comparer l'amplitude de l'ouverture glottale entre les trois positions pour un même segment. Il a généralement été observé que le degré d'ouverture glottale est plus

important en position initiale qu'en position intervocalique. Les auteurs ayant observé cette configuration ne nous disent malheureusement rien sur ce qu'ils entendent par ces différences ? S'agit-il d'une différence qui caractérise ces segments du début jusqu'à la fin de leurs tenues ? Ou s'agit-il plutôt d'une différence observable uniquement pendant une partie de la tenue de ces segments. Si la différence observée concerne toute la durée des occlusives, autrement dit, même au moment du relâchement, nos données sont donc différentes des autres langues et nous n'avons aucune explication à ce phénomène. Si par contre la glotte présente une ouverture plus importante, au début de l'occlusion, en position initiale par rapport à la position intervocalique et finale, cela est entièrement prédictible. Cette différence découle tout simplement du fait qu'aucun segment (voisé) ne précède ; la glotte étant largement ouverte juste avant le début de l'occlusion, contrairement aux deux autres positions. La même remarque s'applique aussi pour la position finale. Là aussi, la glotte présente une amplitude d'ouverture glottale plus importante, comparée aux autres positions. Cette différence est attestée pendant et après le relâchement. Etant en position finale absolue, aucun segment voisé ne suit qui nécessiterait une anticipation de la fermeture glottale. Les seules différences qui existent donc entre les trois positions sont dictées principalement par l'adjacence ou pas à un segment voisé.

### **3.3.2 Les occlusives sonores**

Contrairement aux occlusives sourdes, la configuration de la glotte pendant la tenue des occlusives sonores est la même quelles que soient leurs positions dans le mot et leurs lieux d'articulation. Ainsi, pour illustration de la configuration glottale pour ces segments, nous n'allons présenter qu'une occlusive pour chacune des trois positions. L'intérêt principal de cette section, hormis le fait d'illustrer cet aspect, est de comparer entre les simples et les géminées. Pour les sourdes, comme nous l'avons déjà indiqué, la comparaison entre les simples et les géminées sera développée dans la partie photoglottographique.

#### **3.3.2.1 Position initiale**

##### *3.3.2.1.1 Occlusives sonores simples*

Durant la production des occlusives sonores simples en position initiale absolue, la glotte reste fermée et les cartilages aryénoïdiens accolés pendant toute la durée de ces consonnes. Nous n'avons en effet observé aucune ouverture même très faible pendant leurs tenues, contrairement à ce qui a été observée pour l'arabe marocain, par exemple (Zeroual 2000), où les occlusives [d], [g] et [D] sont réalisées avec une légère ouverture de la glotte vers la fin de ces consonnes. L'état de la glottale pendant la réalisation des occlusives sonores du berbère

ressemble aux cas des occlusives sonores du français (Benguerrel et al., 1978) ou du japonais (Sawashima & Miyazaki 1973, Sawashima & Niimi 1974, Sawashima et al. 1974). Nous présenterons dans la figure (3.16) une illustration de la configuration glottale pendant la tenue de l'occlusive sonore vélaire /g/, sachant que les autres occlusives se réalisent de la même manière au niveau glottal.

### 3.3.2.1.2 Occlusives sonores géminées

Les occlusives sonores géminées sont, contrairement à notre attente, généralement produites alors que la glotte est fermée du début jusqu'à la fin de leurs durées. Mais certaines réalisations sont produites avec une légère ouverture de la glotte au moment du relâchement eu juste avant. La glotte se referme ensuite dès le début de la voyelle suivante. C'est le cas par exemple de la dentale /dd/ dont nous reproduisons une illustration dans (3.17). Notez que malgré cette légère ouverture, les cartilages aryénoïdiens demeurent accolés.

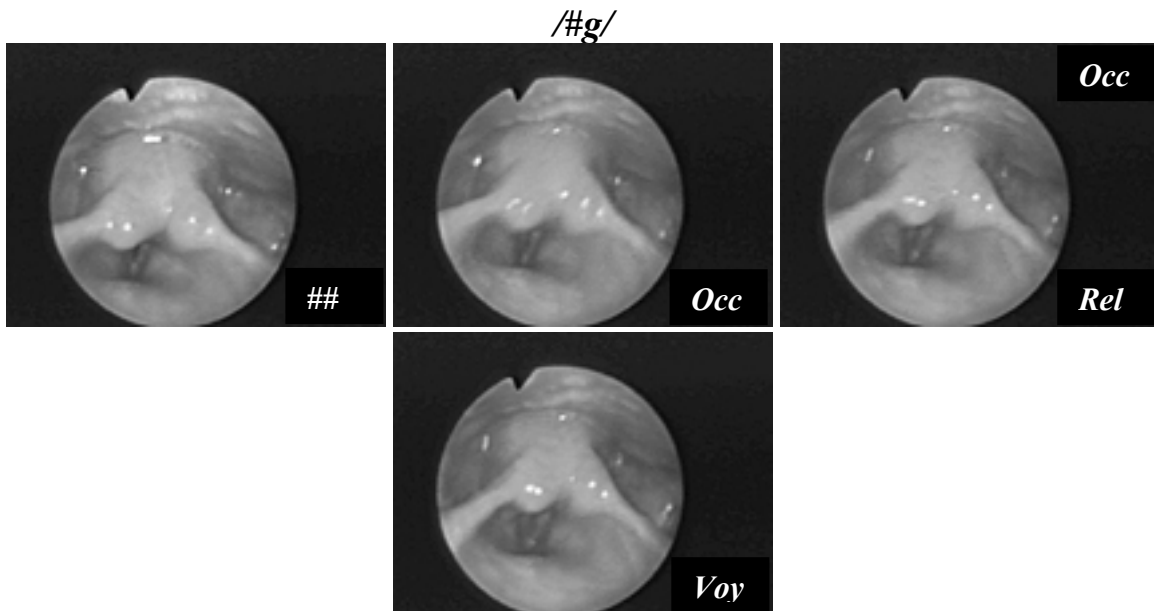


Figure 3.16. La configuration de la glotte pendant la réalisation de la vélaire /g/ dans [gis].

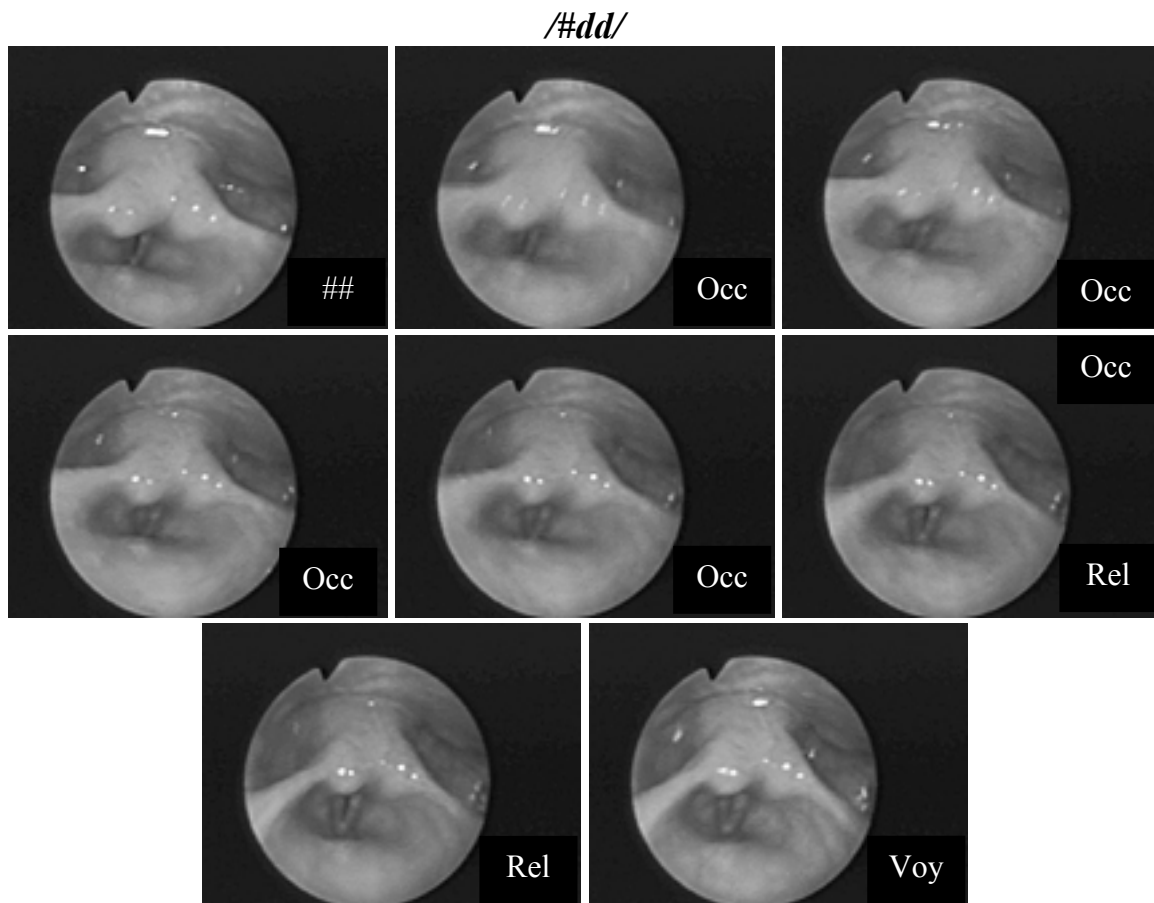


Figure 3.17. La configuration de la glotte pendant la réalisation de la dentale /dd/ dans [ddiR].

### 3.3.2.2 Position intervocalique

#### 3.3.2.2.1 Occlusives sonores simples

En position intervocalique, la glotte reste fermée pendant toute la durée de la tenue des occlusives sonores. Aucune différence de configuration glottale due au lieu d'articulation n'a été relevée. Ci-après, nous reproduisons une figure illustrant l'état de la glotte durant la réalisation de /d/ intervocalique.



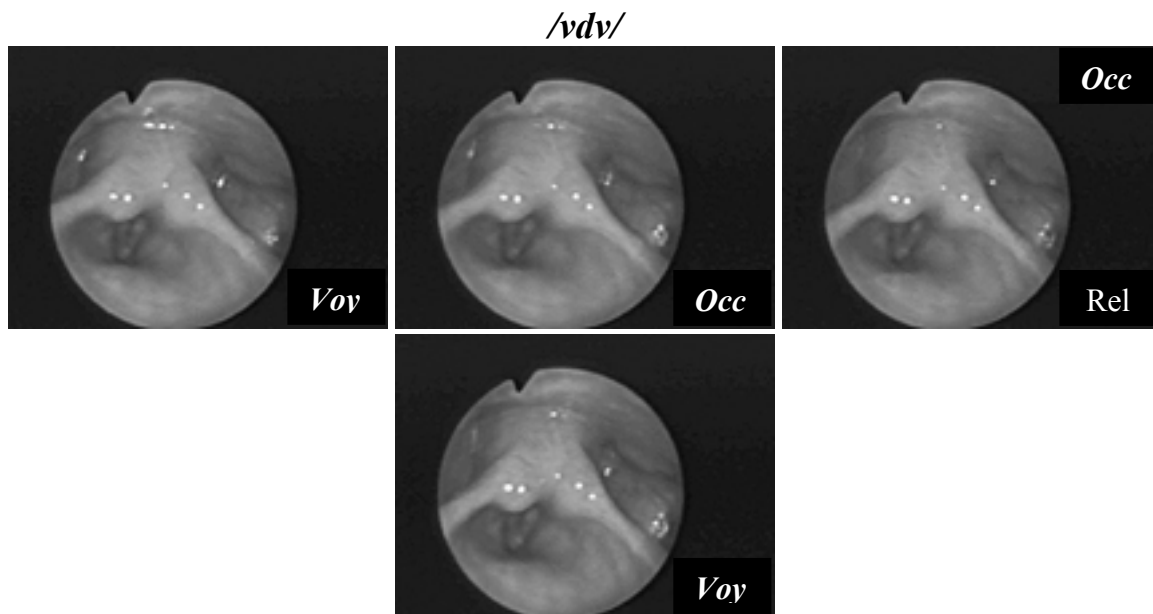


Figure 3.18. La configuration de la glotte pendant la réalisation de la dentale /d/ dans [idis].

#### 3.3.2.2.2 Occlusives sonores géminées

Leurs contreparties géminées sont aussi généralement réalisées avec la glotte fermée et les cartilages aryénoïdiens accolés. Mais certaines formes sont parfois réalisées avec une légère ouverture de la glotte pendant le relâchement tout en gardant les cartilages aryénoïdiens accolés. C'est le cas notamment de la bilabiale /bb/ dont la configuration glottale est illustrée par la figure (3.19). Au vu de nos images fibroscopiques et de cette légère ouverture glottale qui caractérise certaines formes, une question se pose : une telle ouverture est-elle active ou passive ? Autrement dit, cette ouverture est-elle effectuée à la suite d'une impulsion nerveuse ou plutôt due à des conditions aérodynamiques ? D'autres auteurs ont observé de telles configurations pour des occlusives sonores simples. Selon Lisker et al. (1970) de telles ouvertures occasionnelles de la glotte sont dues à des ajustements actifs des cartilages aryénoïdiens. Sawashima (1970) arrive à la même conclusion pour la même langue, l'anglais. Dixit (1989) a aussi observé de légères ouvertures glottales pendant la réalisation de certaines bilabiales sonores non aspirées du hindi. Pour lui, de telles ouvertures sont probablement dues à une augmentation de la pression sous-glottique et non pas à une augmentation de la pression intra-orale comme le suggère Lindqvist (1972), qui a observé la même configuration pour les occlusives sonores du suédois. Dixit & Shipp (1985) considèrent cette ouverture comme étant passive due à l'augmentation de la pression d'air sous-glottique et ce principalement en position accentuée. Jessen (1998), à partir de l'analyse de ce qu'il appelle les occlusives tendues (sourdes aspirées) et relâchées (voisées) de l'allemand, a observé une légère ouverture

de la glotte lors de la tenue des relâchées. Il considère lui aussi ces ouvertures comme étant passives. Pour notre part, nous pensons, vu l'irrégularité de ces ouvertures et vu leurs degrés très faibles, qu'elles ne peuvent être actives. Elles sont très probablement dues à un effet passif de l'occlusion orale, suivant en cela les conclusions de Stevens (1991) qui a montré que l'augmentation de la pression intraorale, due à la constriction qui a lieu pendant la production des obstruantes, a pour effet l'abduction légère de la partie supérieure des cordes vocales (voir aussi la section (2.5.2.3)).

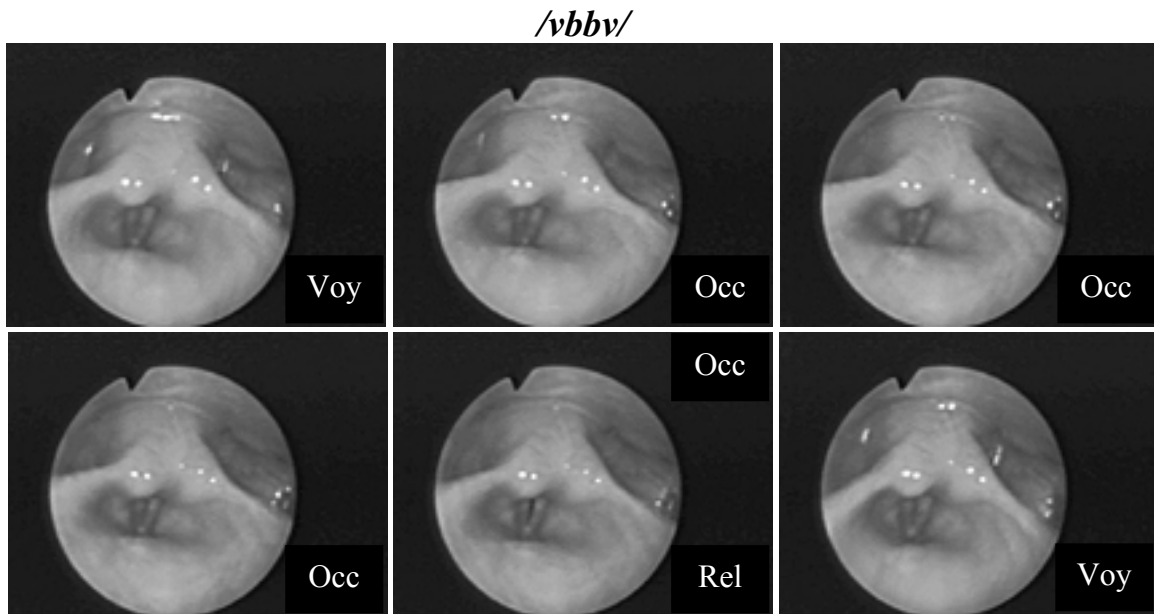


Figure 3.19. La configuration de la glotte pendant la réalisation de la labiale /b/ dans [ibbi].

### 3.3.2.3 Position finale

#### 3.3.2.3.1 Occlusives sonores simples

La configuration laryngienne pendant la tenue des occlusives sonores simples en position finale absolue est la même qu'en position initiale et finale : glotte fermée et cartilages aryténoïdiens accolés. Ce n'est qu'après la fin du relâchement que la glotte commence à s'ouvrir très légèrement tout en maintenant les cartilages aryténoïdiens bien accolés. La figure (3.20), pour la dentale /d/, illustre ces ajustements.

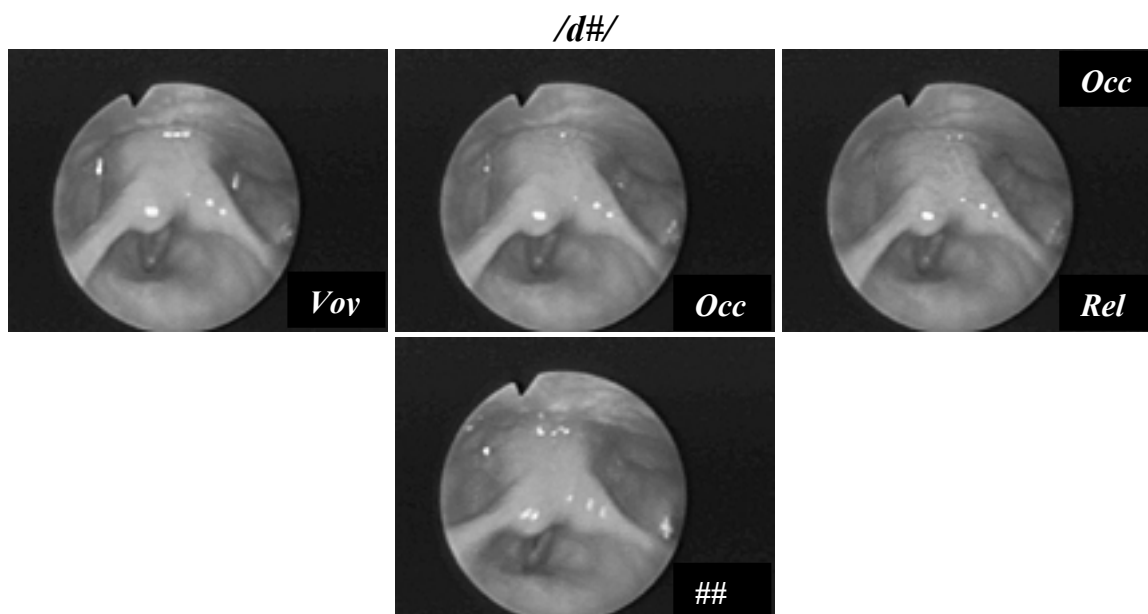
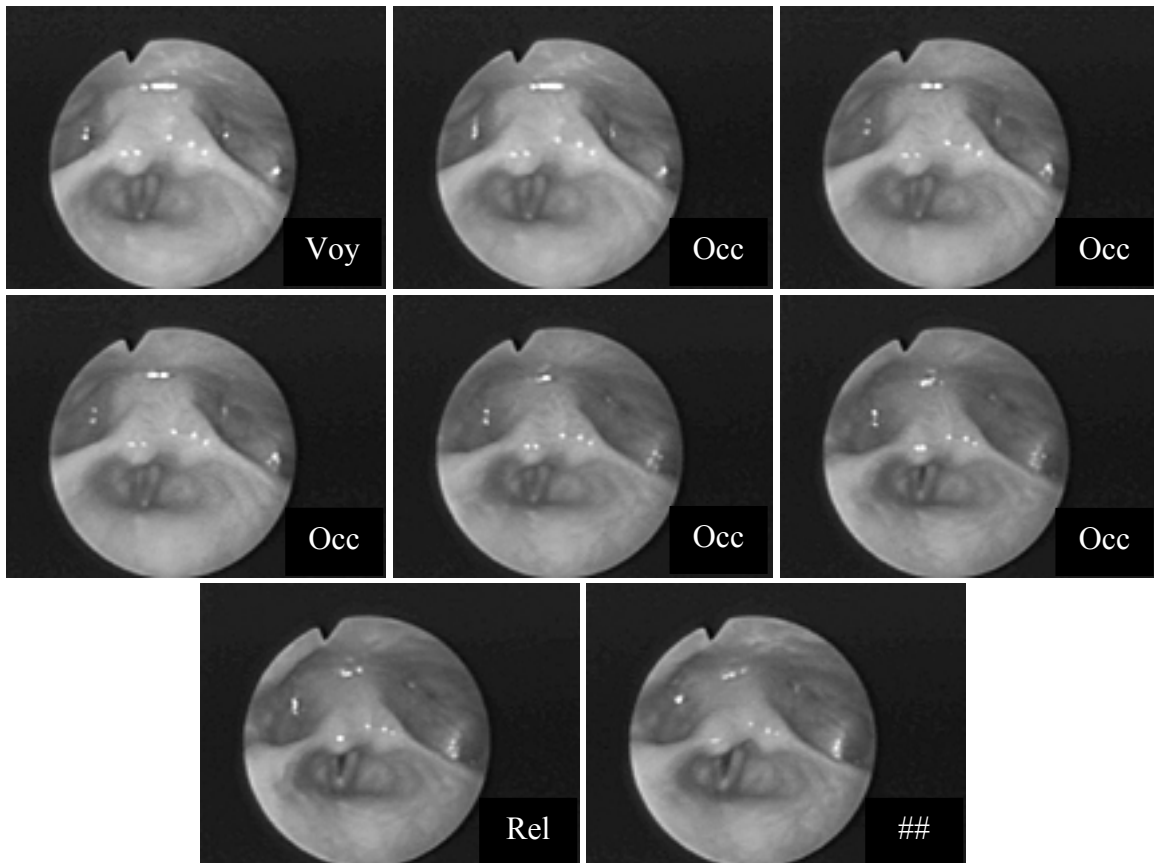


Figure 3.20. La configuration de la glotte pendant la réalisation de la dentale /d/ dans [Rid].

#### 3.3.2.3.2 Occlusives sonores géminées

En positions initiale et intervocalique, les simples et les géminées sont généralement réalisées avec la même configuration glottale. En position finale, la différence entre les deux types de segments est systématique. En effet, les occlusives géminées dans cette position sont, sans exception, réalisées avec une légère ouverture glottale pendant le relâchement. Parfois même, comme le montre la figure (3.21), la glotte commence à s'ouvrir une image avant le relâchement. La même explication, fournie ci-dessus, peut rendre compte de cette ouverture. Nous avons montré, dans la partie acoustique de ce travail, que les segments géminés en position finale sont généralement plus longues qu'en position initiale et intervocalique. C'est notamment le cas pour les géminées sonores. On peut donc supposer que cette ouverture est aussi due à la durée d'occlusion plus longue des géminées finales. Mais même ce critère, à lui seul, ne peut expliquer cette ouverture systématique, car certaines réalisations de géminées initiales ont presque la même durée d'occlusion sans pour autant être produites avec une ouverture systématique de la glotte. Cette ouverture semble aussi être due à un effet d'anticipation. Etant en position finale absolue, suivie donc d'une pause avec respiration, la glotte anticipe cette posture dès le relâchement de l'occlusive, et parfois même un peu avant.

*/dd#/*



*Figure 3.21. La configuration de la glotte pendant la réalisation de la dentale /dd/ dans [ibidd].*

### 3.3.3 Les fricatives sourdes.

Nous allons organiser cette partie de la même manière que la précédente. Nous allons d'abord traiter du cas des fricatives sourdes selon leurs positions dans le mot. La deuxième partie traitera des fricatives sonores en comparaison avec leurs contreparties gémées. Comme pour les occlusives sourdes, la comparaison entre les fricatives sourdes simples et gémées sera traitée dans la partie photoglottographique.

#### 3.3.3.1 Position initiale

La comparaison entre la configuration glottale des différents points d'articulation a révélé quelques différences importantes. Les fricatives /f, s, ʃ, S/ sont réalisées avec quasiment les mêmes ajustements glottaux. La figure (3.22) pour la fricative /s/ illustre les mêmes ajustements glottaux observés durant la tenue des trois autres fricatives. Cet ensemble de segments s'oppose à /χ/ principalement en terme de degré d'ouverture glottale. En effet, l'uvulaire fricative sourde présente une ouverture maximale de la glotte plus important comme l'illustre la figure (3.23)

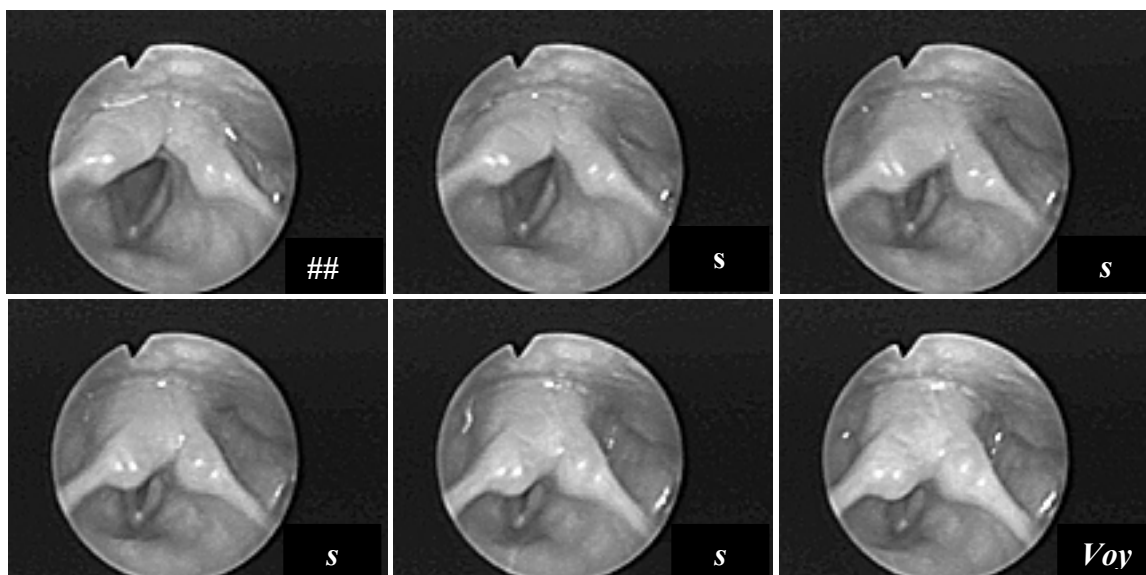


Figure 3.22. La configuration de la glotte pendant la réalisation de la fricative /s/ dans [sin].

Une autre différence entre l'uvulaire et les quatre autres lieux d'articulation concerne la vélocité de la fermeture glottale et celle du rapprochement des cartilages aryténoïdiens. Il semble en effet, au vu de nos différentes sessions des films fibroscopiques, que la glotte maintient un degré d'ouverture important pendant longtemps pour l'uvulaire fricative et se referme ensuite assez rapidement. Les aryténoïdes restent aussi écartés plus longtemps,

comparés à la dentale /s/, par exemple, et entament un rapprochement rapide ensuite. La fermeture glottale semble lente et progressive pour les autres fricatives. Rappelons que les mêmes ajustements caractérisant la fricative /χ/ ont aussi été observés pendant la tenue de sa contrepartie occlusive /q/.

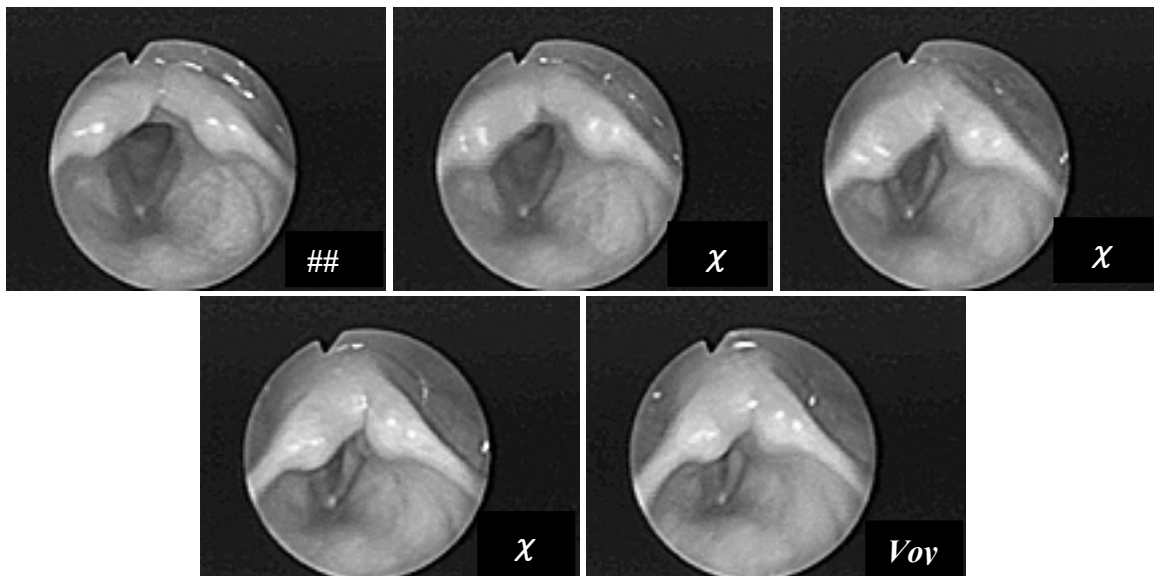


Figure 3.23. La configuration de la glotte pendant la réalisation de l'uvulaire /χ/ dans [χis].

La configuration de la glotte durant la réalisation de la pharyngale /ħ/ est, quant à elle, très marquée. La figure (3.24) illustre cette particularité articulatoire de la pharyngale. En effet, dès le début de cette consonne, on observe une sorte de compression antérieure-postérieure au niveau du sphincter aryépiglottique, qui se manifeste par un rapprochement important entre les sommets des aryténoïdes et le tubercule de l'épiglotte.

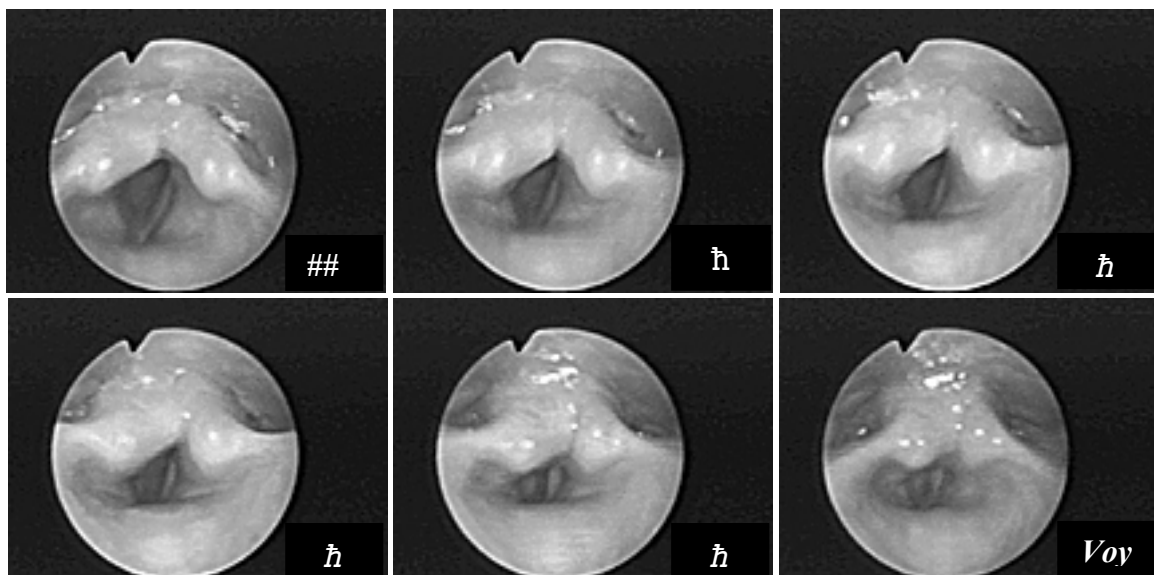


Figure 3.24. La configuration de la glotte pendant la réalisation de la pharyngale /ħ/ dans [ħid].

Le degré de l'ouverture glottale pendant la tenue de cette fricative est aussi très important. Nos observations soulèvent essentiellement deux questions importantes. La première concerne l'ouverture glottale plus importante de l'uvulaire /χ/ et de la consonne /ħ/ et les raisons qui sous tendent une telle amplitude. La deuxième concerne la caractérisation exacte du lieu d'articulation principal de la consonne /ħ/, que nous continuerons d'appeler, par commodité, une pharyngale. Nous reviendrons sur ces questions à la fin de cette section quand nous aurons traité des autres contextes. Cela nous permettra aussi de savoir si les configurations observées en position initiale sont les mêmes qu'en positions intervocalique et finale.

### 3.3.3.2 Position intervocalique

Les mêmes observations que nous avons faites concernant les fricatives initiales s'appliquent aussi pour la position intervocalique. En effet, dans cette position aussi, /f, s, ʃ, S/<sup>7</sup> se réalisent avec des ajustements glottaux quasi identiques. La glotte, qui était fermée pendant la voyelle précédente, s'ouvre lentement pour atteindre un degré maximal vers le milieu de la fricative. La glotte se referme ensuite d'une manière progressive pour atteindre une fermeture complète au début de la voyelle qui suit. La figure (3.25) illustre ces ajustements durant la tenue d'une de ses fricatives, en l'occurrence l'alvéopalatale /ʃ/.

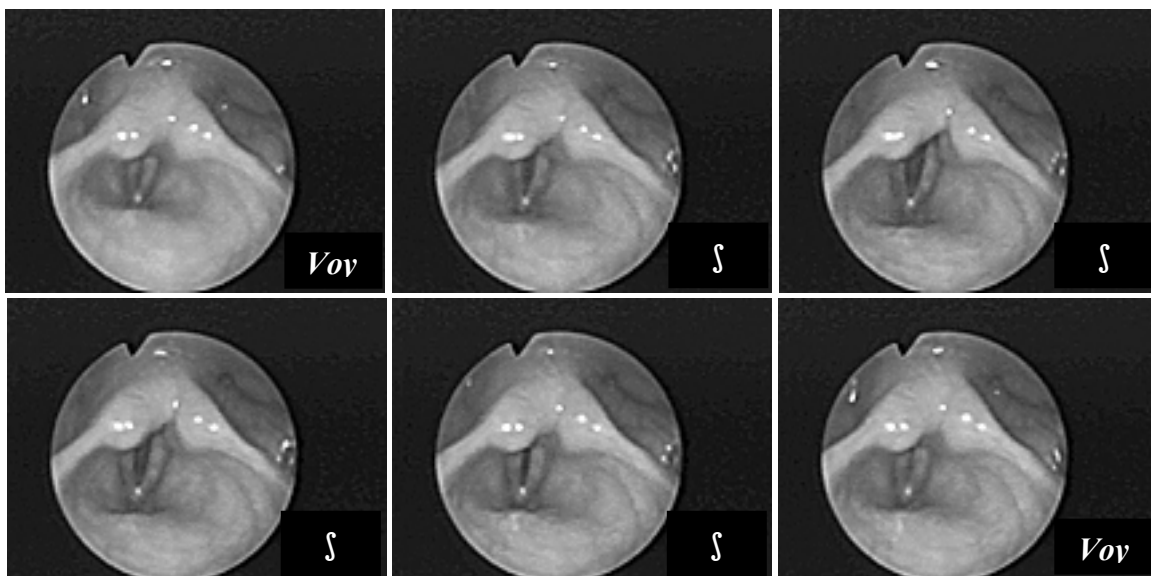


Figure 3.25. La configuration de la glotte pendant la réalisation de l'alvéopalatale /ʃ/ dans [iʃib].

<sup>7</sup> Parmi ces quatre fricatives, l'alvéopalatale /ʃ/ semble se réaliser avec un degré d'ouverture glottale un peu plus important. /S/, de son côté, semble avoir le même degré d'ouverture glottale que /s/.

La fricative uvulaire /χ/, comme le montre la figure (3.26), se distingue de ces quatre fricatives aussi bien en terme de degré d'ouverture glottale qu'en terme de vélocité des gestes d'abduction et d'adduction des cordes vocales. Comme en position initiale, l'uvulaire est produite avec une amplitude d'ouverture glottale plus importante. La glotte s'ouvre plus rapidement après la voyelle précédente. Elle se referme aussi plus rapidement après avoir maintenu un degré d'ouverture important pendant assez longtemps.

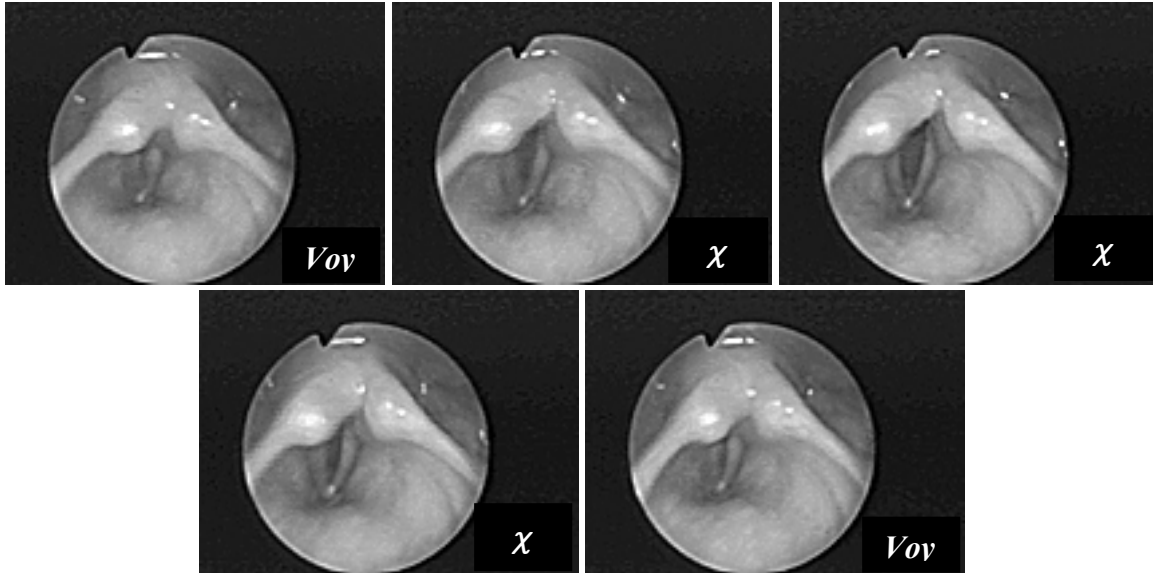


Figure 3.26. La configuration de la glotte pendant la réalisation de l'uvulaire /χ/ dans [iχil].

De son côté, /ħ/ se réalise, comme en position initiale, avec un rapprochement entre les sommets des aryténoïdes et la base de l'épiglotte (fig. 3.27) .

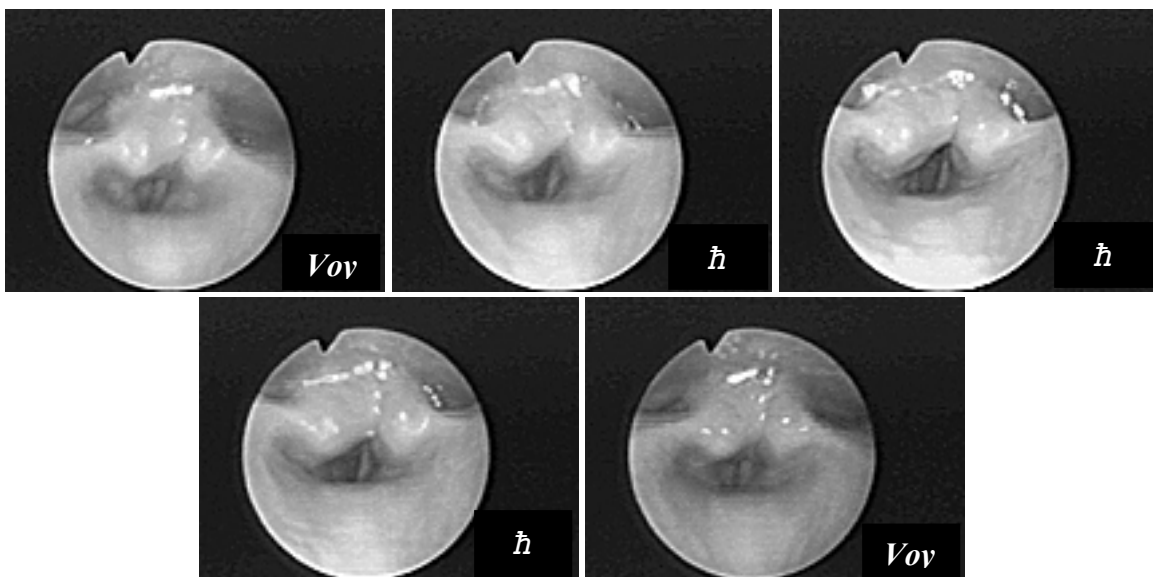


Figure 3.27. La configuration de la glotte pendant la réalisation de la pharyngale /ħ/ dans [iħid].



Ce rapprochement semble plus important en position intervocalique qu'en position initiale. Une autre caractéristique de cette position concerne l'état de la glotte pendant la tenue des voyelles qui précèdent et qui suivent la consonne /h/. En effet, à environ deux images avant l'offset de la voyelle, le locuteur entame déjà un rapprochement entre les sommets des aryténoïdes et la base de l'épiglotte. Ce rapprochement se maintient aussi pendant la première moitié de la voyelle qui suit.

### 3.3.3.3 Position finale

Comme pour la position initiale et intervocalique, les fricatives /f, s, ʃ, S/ sont produites avec pratiquement les mêmes ajustements laryngaux. La glotte qui était fermée pendant la voyelle précédente s'ouvre, souvent un peu plus rapidement que pendant la position intervocalique, et semble atteindre son degré d'ouverture maximale une image après. Nous avons observé d'une manière quasi systématique que la glotte semble maintenir ce même degré d'ouverture maximale au moins jusqu'à l'image suivante. La glotte n'est pas statique pour autant car un mouvement, parfois très minime, est toujours produit. Les cartilages aryténoïdiens s'écartent assez rapidement et atteignent généralement une séparation très éloignée deux images après l'offset de la voyelle précédente. Paradoxalement, l'état de la glotte après la fin des fricatives, loin de s'ouvrir encore d'avantage, semble d'abord entamer un léger geste de fermeture et de rapprochement des aryténoïdes ; ce n'est qu'une ou deux images après que la glotte reprend la configuration qu'elle a pendant la phase respiratoire. La figure ci-dessous, illustre l'état de la glotte pendant la tenue de la dentale /s/.

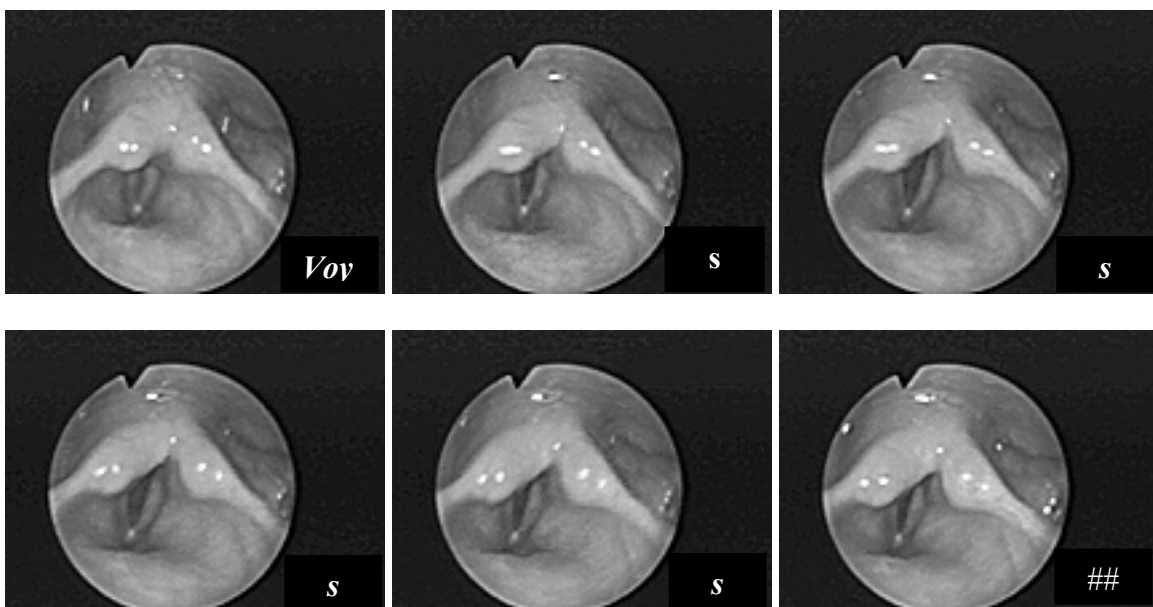


Figure 3.28. La configuration de la glotte pendant la réalisation de la dentale /s/ dans [ifis].

Les quatre fricatives /f, s, ʃ, S/ se distinguent de /χ/ (figure 3.29) principalement en termes de vélocité et d'amplitude de l'ouverture glottale. Comme pour la position initiale et intervocalique, l'uvulaire /χ/ est produite avec une amplitude d'ouverture glottale plus importante. Aussi, et ce juste une image après la voyelle, la glotte atteint déjà un degré d'ouverture très important, supérieur à l'ouverture maximale atteinte durant la tenue de /s/ par exemple. La glotte s'ouvre encore d'avantage juste après, et semble maintenir ce même degré important jusqu'à la fin de la fricative, malgré un très léger mouvement des cartilages aryénoïdiens et de la glotte. Après la fin de la fricative, comme pour les autres segments, le larynx s'abaisse légèrement avec un léger mouvement d'adduction des cordes vocales et un léger rapprochement des aryénoïdes.

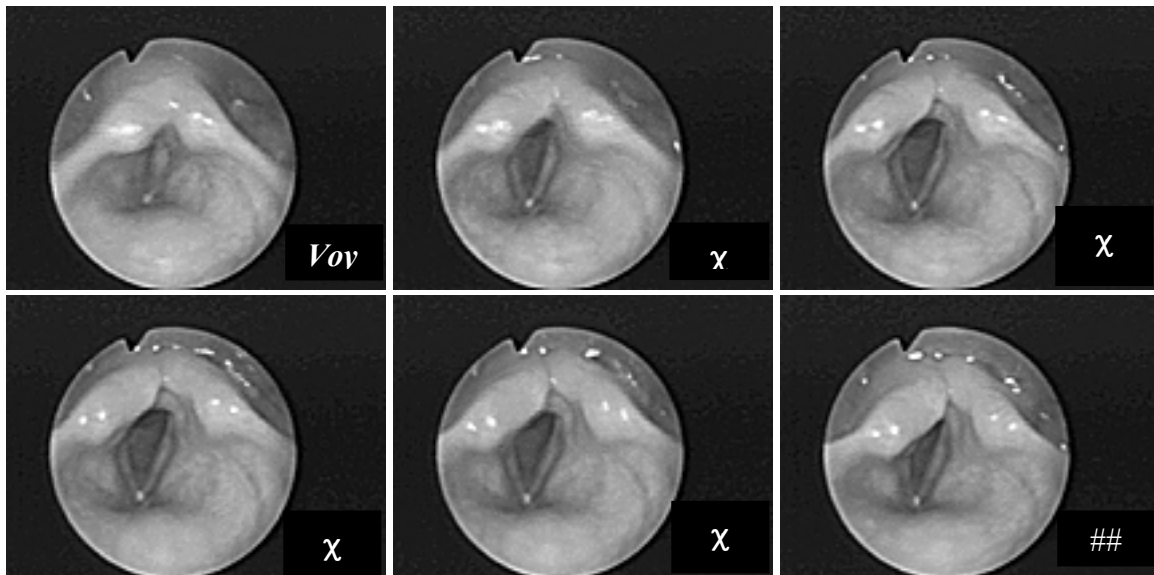


Figure 3.29. La configuration de la glotte pendant la réalisation de l'uvulaire /χ/ dans [iniχ].

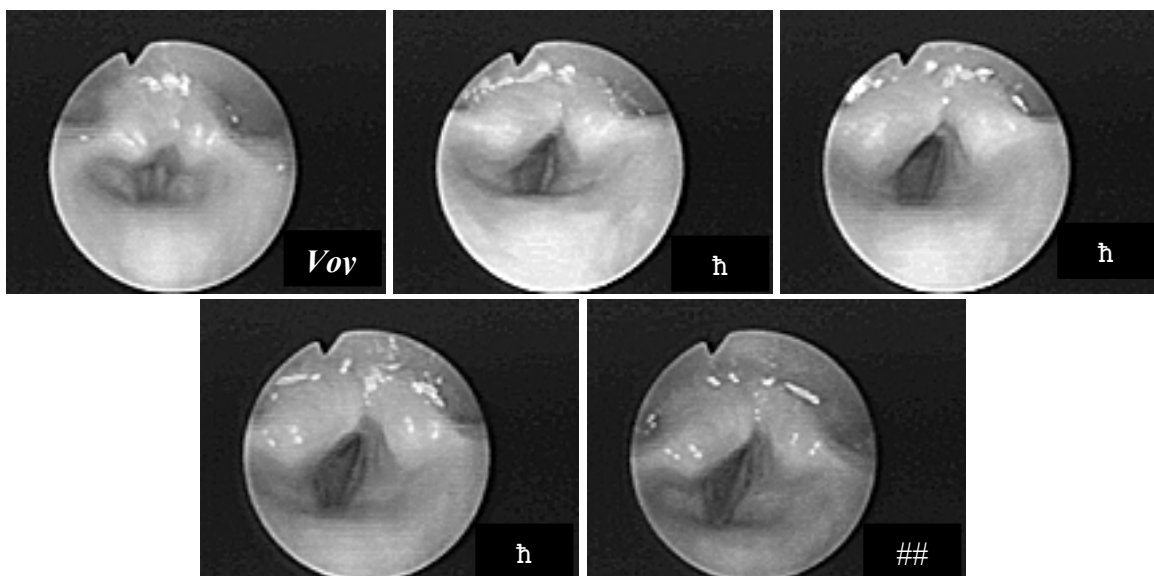
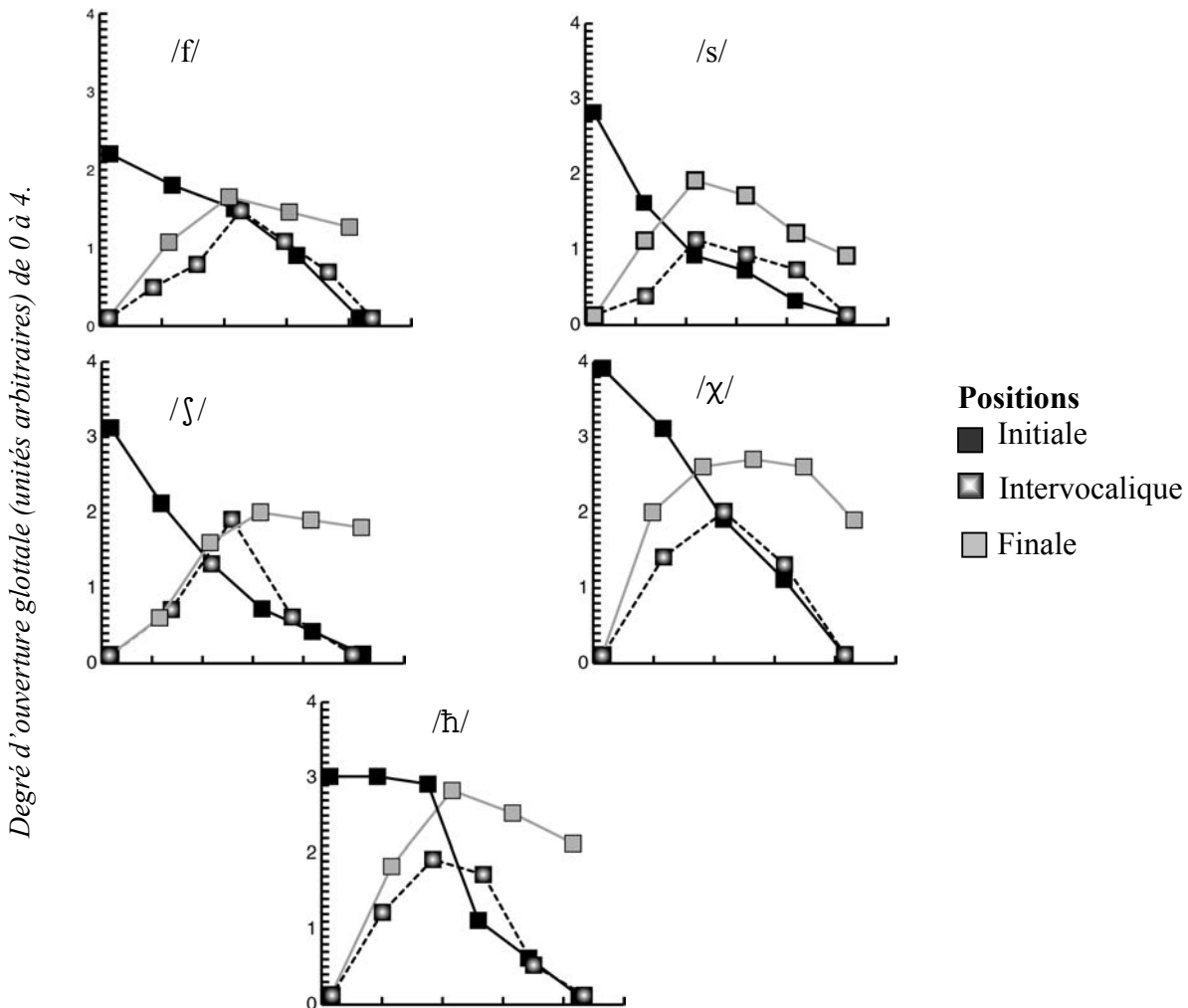


Figure 3.30. La configuration de la glotte pendant la réalisation de la pharyngale /ħ/ dans [iliħ].

La pharyngale /ħ/ est produite, comme dans les autres positions, avec une compression antérieure-postérieure au niveau du sphincter aryépiglottique qui se manifeste par un rapprochement entre les sommets des aryténoïdes et la base de l'épiglotte. Quelques différences avec les autres positions sont à signaler. Selon nos observations des différentes réalisations de cette consonne dans cette position, le rapprochement entre les aryténoïdes et la base de l'épiglotte semble moins important et dure moins longtemps. En effet, deux images après la voyelle précédente, qui se réalise elle aussi avec un rapprochement notable, l'écartement semble déjà entamé et s'accroît d'avantage après. La glotte reprend une posture quasi « normale » tout de suite après le relâchement.

### 3.3.3.4 La comparaison entre les trois positions

Les figures ci-dessous illustrent l'amplitude de l'ouverture glottale selon les trois positions pour chacune des cinq fricatives sourdes /f, s, ʃ, χ, ħ/. Il s'agit de la moyenne des mesures effectuées sur 5 répétitions pour chaque forme lors d'une même session. La dentale emphatique /S/ présente globalement les mêmes caractéristiques que /s/.



Ces figures montrent, comme pour les occlusives sourdes, que les gestes d'abduction et d'adduction des cordes vocales sont prédictibles en fonction du contexte. En position initiale et finale, seuls les gestes d'adduction et d'abduction respectivement sont visibles à cause de l'absence d'un segment voisé les suivant ou les précédant. Les fricatives en position intervocalique, par contre, sont produites avec un geste balistique d'abduction et d'adduction des cordes vocales. Cette figure illustre aussi les différences d'amplitude d'ouverture glottale entre /f, s, ʃ, S/ d'un côté et /χ, ħ/ de l'autre. Elle met aussi en évidence les différences qui existent entre les trois positions pour un même segment. Ces différences, comme nous l'avons déjà indiqué, sont le résultat de l'absence d'un segment voisé suivant ou précédant les segments en position finale ou initiale respectivement.

### **3.3.4 Les fricatives sonores**

Nous allons, comme pour les occlusives sonores, traiter de la configuration glottale durant la production des fricatives sonores en positions initiale, intervocalique et finale, en comparant les simples aux géminées. Dans le cas où des fricatives de place d'articulation différentes se produisent de la même manière, une seule figure d'un seul segment sera présentée comme illustration.

#### **3.3.4.1 Position initiale**

##### *3.3.4.1.1 Fricatives sonores simples*

“Strong frication threatens voicing, strong voicing threatens frication” C’est ainsi qu’Ohala résume une conférence donnée à l’ILPGA en 1994 (cité par Zeroual 2000). Ohala (2003) explique cette situation paradoxale. En effet pour avoir un voisement optimal, il faut que la pression orale soit la plus basse possible pour garder l’écart entre la différence de pression entre la pression sousglottique et la pression intraorale au-dessus du seuil critique (voir figure 2.35). Pour obtenir un bruit de friction optimal, la pression orale doit être la plus élevée possible pour produire une turbulence importante. Ces deux actions sur la pression orale ne pouvant être faites d’une manière simultanée, le résultat est que les fricatives voisées avec une forte friction ont tendance à se dévoiser, et celles produites avec un voisement important ont tendance à avoir une friction faible. Selon Lisker et. al. (1969), Kingston (1990 : 408) et Ohala (1983 : 202) les fricatives sonores, qui sont produites avec une pression intraorale assez élevée pour produire une turbulence importante, présentent souvent une légère ouverture glottale. Nos observations de la configuration glottique durant la réalisation des fricatives /z, j/ indiquent qu’elles sont produites avec une fermeture complète du début jusqu’à la fin comme l’illustre la figure (3.31) pour la dentale /z/.

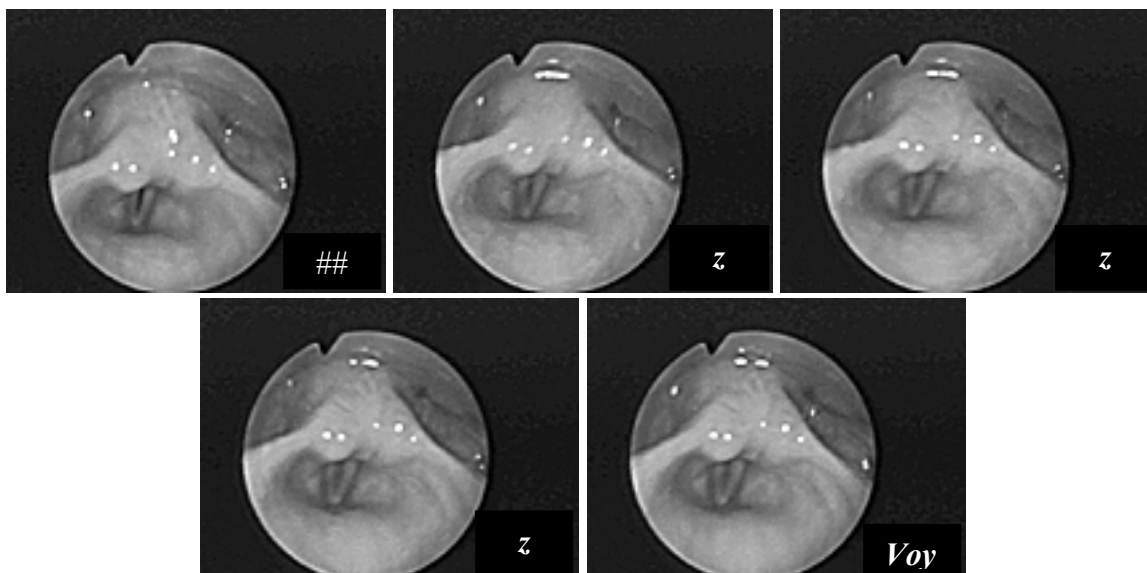


Figure 3.31. La configuration de la glotte pendant la réalisation de la dentale /z/ dans [zid].

Cela voudrait dire que la réalisation d'une fricative sonore ne nécessite pas forcément une ouverture glottale. Notez qu'en allemand aussi les fricatives dites « relâchées » sont produites sans aucune ouverture glottale (Jessen, 1998). Suivant l'analyse d'Ohala, on peut supposer qu'en berbère les fricatives sonores sont produites avec une pression intraorale moins importante, et que le renforcement de la turbulence est « sacrifiée » en faveur d'une amplitude de voisement plus importante. On devrait donc s'attendre à ce que le bruit de turbulence créé avec un voisement simultané soit moins intense que pour une fricative sourde, qui comme nous l'avons montré plus haut est produite avec une ouverture glottale importante. La comparaison des spectrogrammes de la figure (3.32) pour /s/ et /z/ respectivement indiquent que c'est effectivement le cas. La fricative sourde est produite avec un bruit de friction très important situé vers les hautes fréquences.

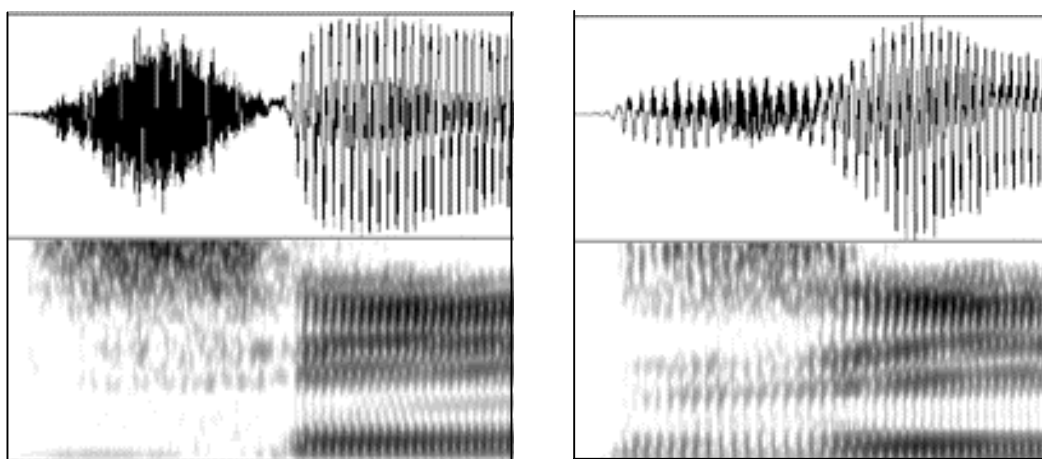


Figure (3.32) Les spectrogrammes (échelle : 0 - 5KHz) d'une réalisation de la fricative /s/ (à gauche) et de sa contrepartie sonore (à droite).

/R/ qui est produit avec un bruit de friction plus important présente une légère ouverture de la glotte au début, mais se referme ensuite et maintient cette fermeture jusqu'à la tenue de la voyelle qui suit. Notons qu'en arabe marocain (Zeroual 2000), la glotte présente une configuration glottique légèrement différente dans le sens où la légère ouverture observée au début de la fricative /R/ dans cette langue est suivie d'une ouverture encore plus importante ; ce n'est qu'après que la glotte se referme complètement. Les spectrogrammes des fricatives /z/ et /R/ initiales illustrent les différences d'intensité du bruit de friction entre ces deux segments. L'uvulaire /R/ est produite avec une structure formantique bien définie durant sa première moitié. La même observation peut être déduite au vu des spectrogrammes pour la même consonne en arabe marocain tels qu'ils ont été présentés dans Yeou (1996) et Zeroual (2000).

La laryngale /h/ est produite avec une légère ouverture glottale maintenue du début jusqu'à la fin de la tenue de cette consonne, comme le montre la figure (3.33) ci-dessous.

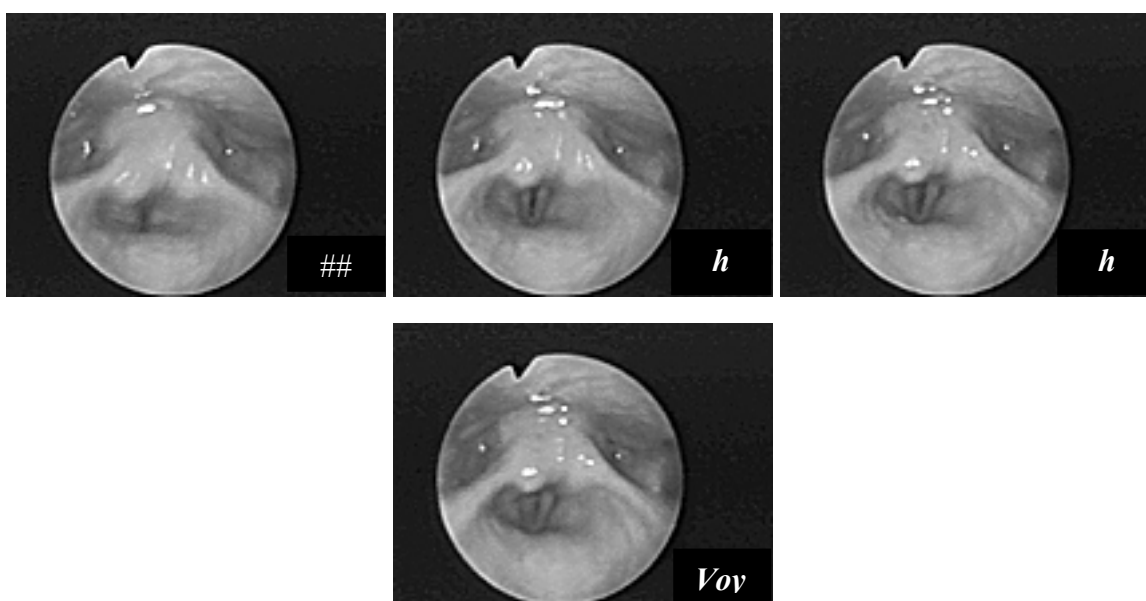


Figure 3.33. La configuration de la glotte pendant la réalisation de la laryngale /h/ dans [hiyyɜ].

La pharyngale /ʕ/ est produite, quant à elle, avec une configuration très différente des autres fricatives sonores, une configuration qui rappelle celle de la consonne /ħ/. En effet, la pharyngale /ʕ/ est produite avec un rapprochement très important entre les sommets des aryténoïdes et la base de l'épiglotte. Ce rapprochement est même plus important que ce qui a été observé durant /ħ/ au point qu'on aperçoit à peine les cordes vocales. Notez que la glotte entame cette posture bien avant le début de la fricative. Dans certaines de nos répétitions, la

glotte présente une posture identique à celle de la tenue de /ʕ/ plus de 3 images avant le début de la fricative.

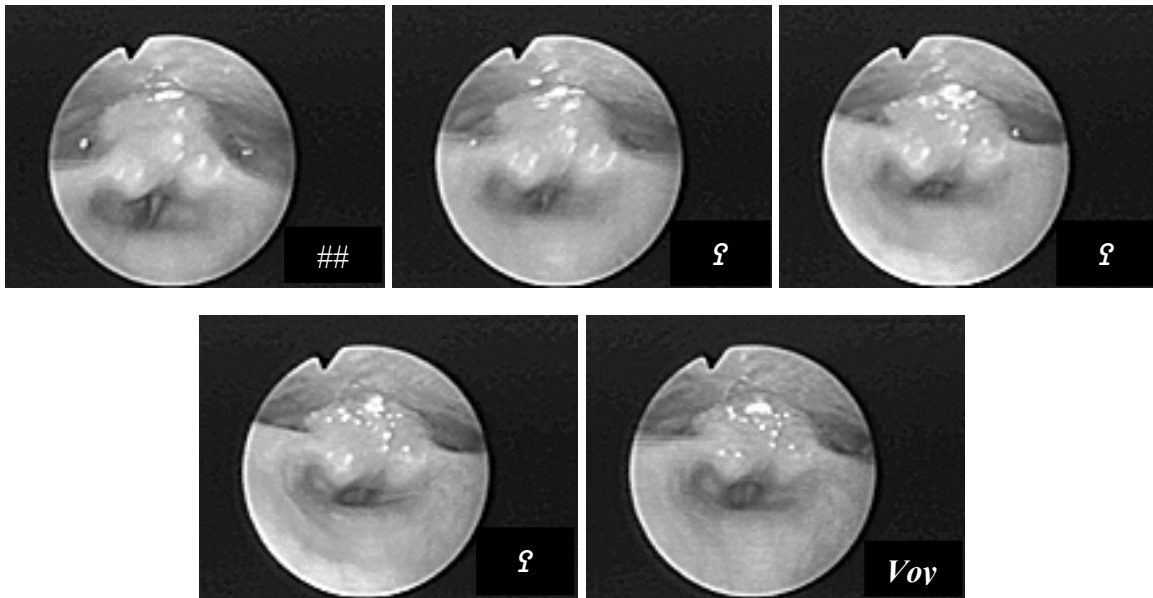


Figure 3.34. La configuration de la glotte pendant la réalisation de la pharyngale /ʕ/ dans [ʕif].

Cette configuration de la glotte identique à celle de /ħ/ relance la question soulevée plus haut concernant la caractérisation exacte de le lieu d'articulation de ces consonnes. Nous traiterons de cette question dans la section réservée à la synthèse et à la discussion générale de nos données fibroscopiques.

#### 3.3.4.1.2 Fricatives sonores géminées

On s'attendait à ce que les fricatives géminées voisées soient produites avec de légères ouvertures glottales mais il n'en est rien. Les rares répétitions avec ouverture glottale ont été observées au début de la tenue de la fricative dentale /zz/ et uvulaire /RR/. La seule différence notable concerne la pharyngale /ʕʕ/ qui se réalise avec un rapprochement encore plus important entre les sommets des aryténoïdes et le tubercule de l'épiglotte que pendant sa contrepartie simple. Il est probable que ce soit la durée, plus importante pour la géminée, qui soit à l'origine de ce rapprochement plus important. On peut en effet supposer que les sommets des aryténoïdes et la base de l'épiglotte ont plus de temps pour se rapprocher avant de commencer à se séparer pour la tenue de la voyelle suivante.

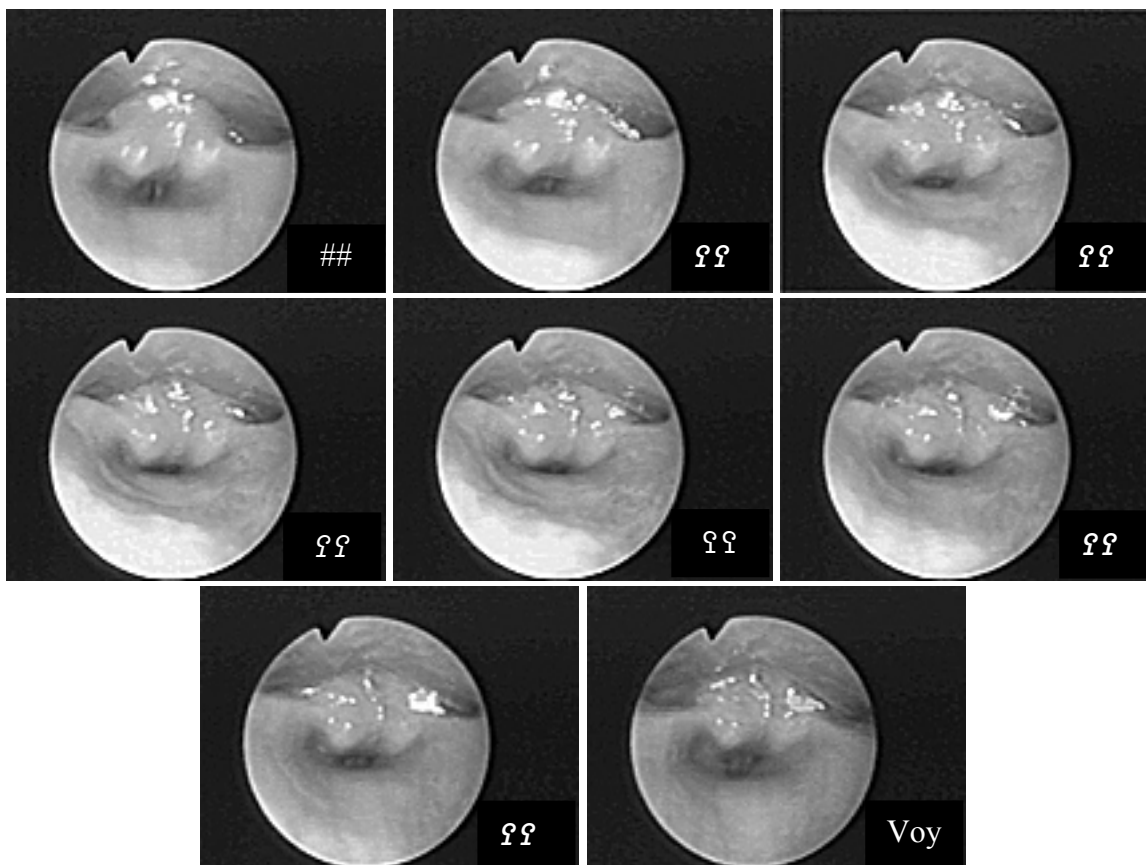


Figure 3.35. La configuration de la glotte pendant la réalisation de la pharyngale /ʕʕ/ dans [ʕʕif].

Notons que ce rapprochement est si important qu'on aperçoit à peine, voire pas du tout, les cordes vocales comme le montre la figure (3.35).

### 3.3.4.2 La position intervocalique

#### 3.3.4.2.1 Fricatives sonores simples

Les fricatives en position intervocalique sont toujours produites avec la glotte fermée. Aucune de nos répétitions n'a fait état d'une ouverture même très légère de la glotte. Notons qu'en arabe marocain l'uvulaire /R/ se réalise avec une légère ouverture vers la fin de cette consonne. Nous n'avons pas observé de telles configurations pour la même fricative en chleuh. Concernant la pharyngale /ʕ/, aucune différence en terme de rapprochement des aryténoïdes et l'épiglotte n'a été observée avec la position initiale. Ce rapprochement est aussi important dans les deux positions.

#### 3.3.4.2.2 Fricatives sonores géminées

De même que pour leurs contreparties simples, les géminées fricatives sonores sont produites avec la glotte fermée, même si on peut observer parfois un léger écartement des cordes vocales, comparées aux voyelles, sans atteindre pour autant un niveau d'ouverture visible,



c'est le cas notamment de la laryngale /hh/. Les figures (3.36, 3.37, 3.38) illustrent l'état de la glotte pendant la tenue des fricatives /ʒʒ/, /hh/, /ʕʕ/ respectivement.

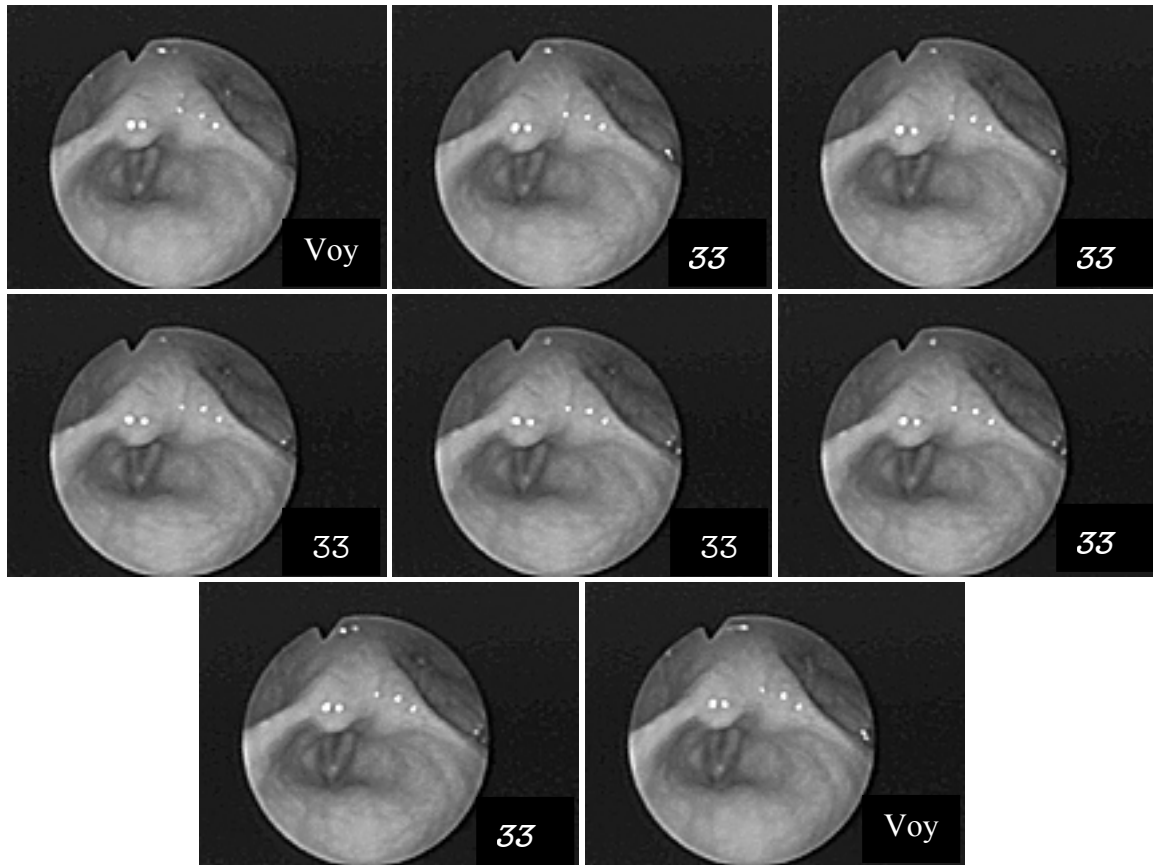


Figure 3.36. La configuration de la glotte pendant la réalisation de l'alvéopalatale /ʒʒ/ dans [ʒʒiR].

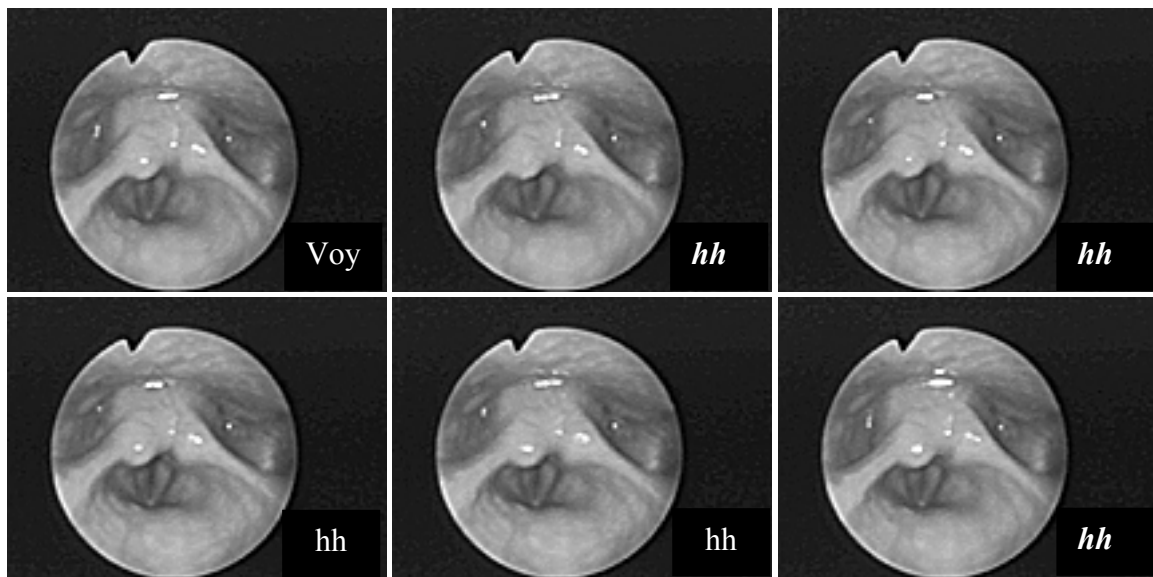


Figure 3.37. La configuration de la glotte pendant la réalisation de la laryngale /hh/ dans [hhi].

Comme en position initiale, la gémignée /ʕʕ/ est produite avec un rapprochement très important entre les sommets des aryténoïdes et le tubercule de l'épiglotte. Là aussi, les cordes vocales sont à peine visibles.

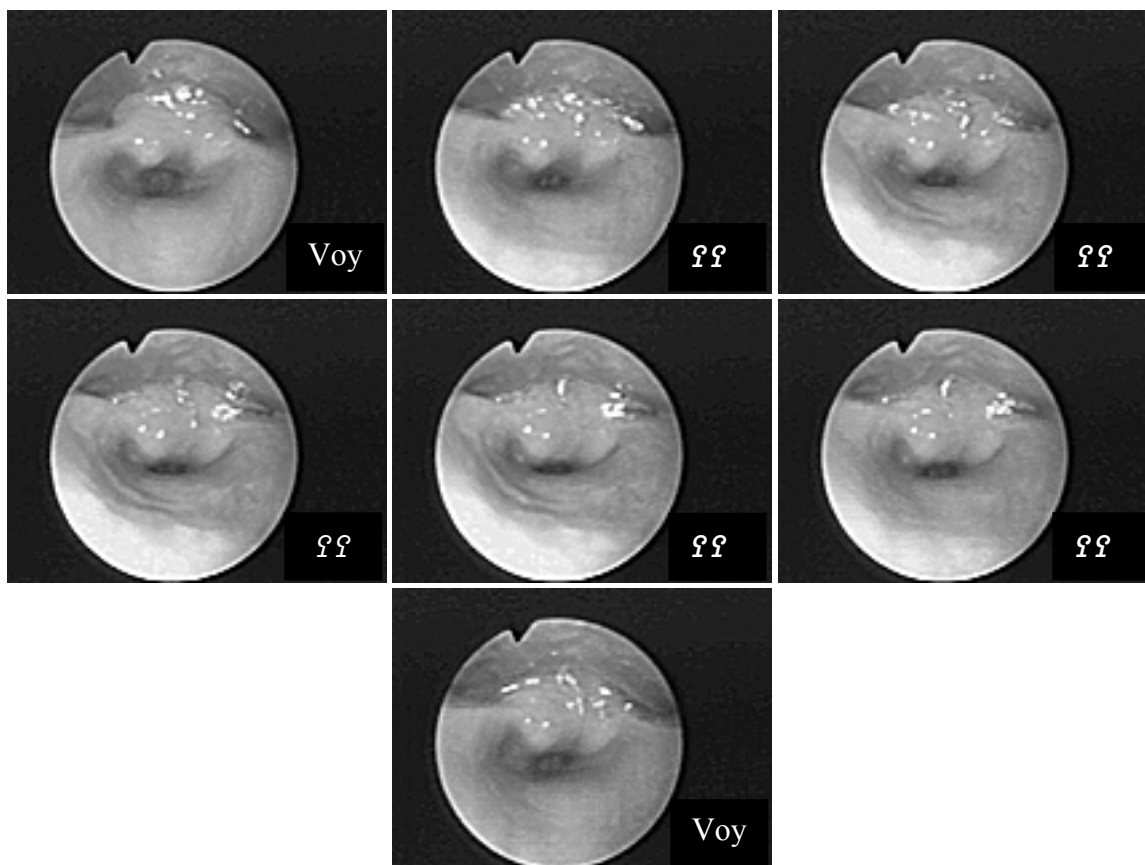


Figure 3.38. La configuration de la glotte pendant la réalisation de la pharyngale /ʕʕ/ dans [iʕʕi].

### 3.3.4.3 Position finale

#### 3.3.4.3.1 Fricatives sonores simples

L'état de la glotte durant la production des fricatives sonores simples en position finale présente des différences assez importantes, comparé à l'état de la glotte dans les deux autres positions. Après la voyelle précédente, la glotte maintient son aspect fermé pendant un moment mais s'ouvre généralement une image avant la fin de la fricative. L'analyse de toutes nos répétitions indique que cette ouverture est systématique pendant la tenue de la laryngale /h/, parfois même, la glotte s'ouvre deux images avant la fin. Pour la dentale, l'alvéopalatale et l'uvulaire, cette ouverture est observable dans plus de la moitié de nos répétitions. Seules l'uvulaire et la laryngale /ʕ/ sont toujours produites avec la glotte fermée du début jusqu'à la fin.

Nous reproduisons ci-dessous l'état de la glotte pour la dentale /z/, la laryngale /h/ et la pharyngale /ʕ/.

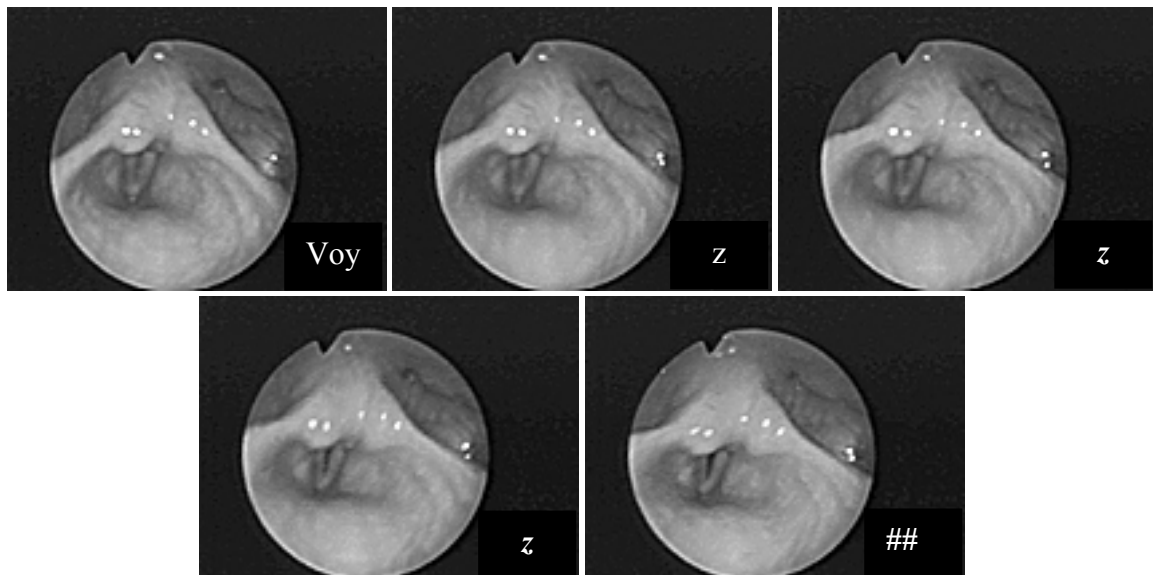


Figure 3.39. La configuration de la glotte pendant la réalisation de la dentale /z/ dans [iwiz].

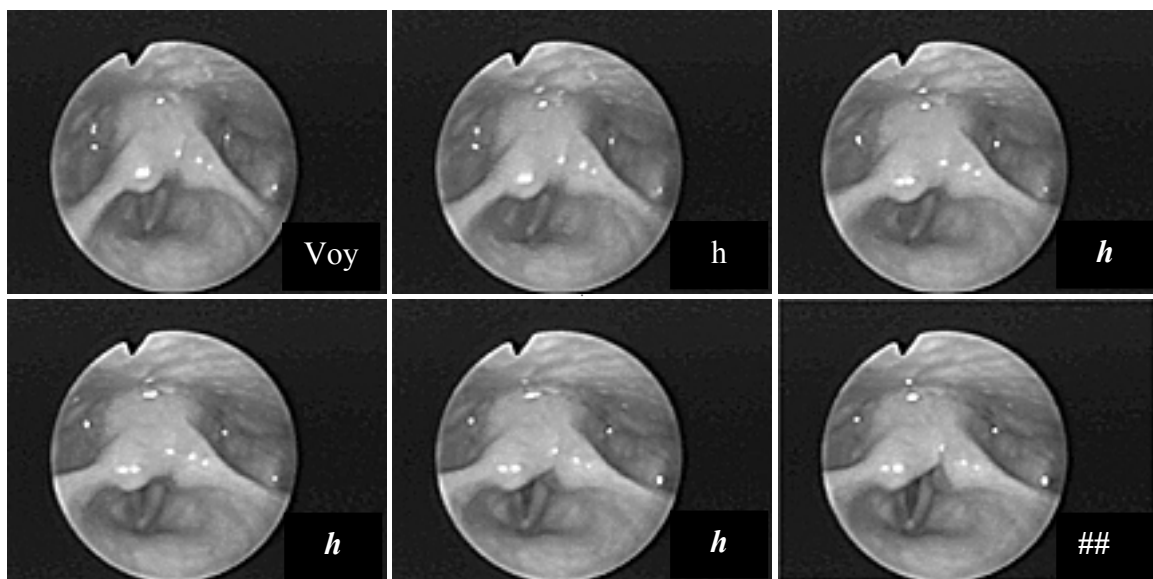


Figure 3.40. La configuration de la glotte pendant la réalisation de la laryngale /h/ dans [iyih].

La pharyngale /ʕ/ en position finale absolue, se caractérise par un rapprochement moins important des aryténoïdes et de l'épiglotte, comparée aux positions initiale et intervocalique. Ceci est dû, très probablement, à sa durée moins importante dans cette position. Rappelons que cette consonne, qui est un emprunt à l'arabe, est très rarement attestée en position finale de mot.

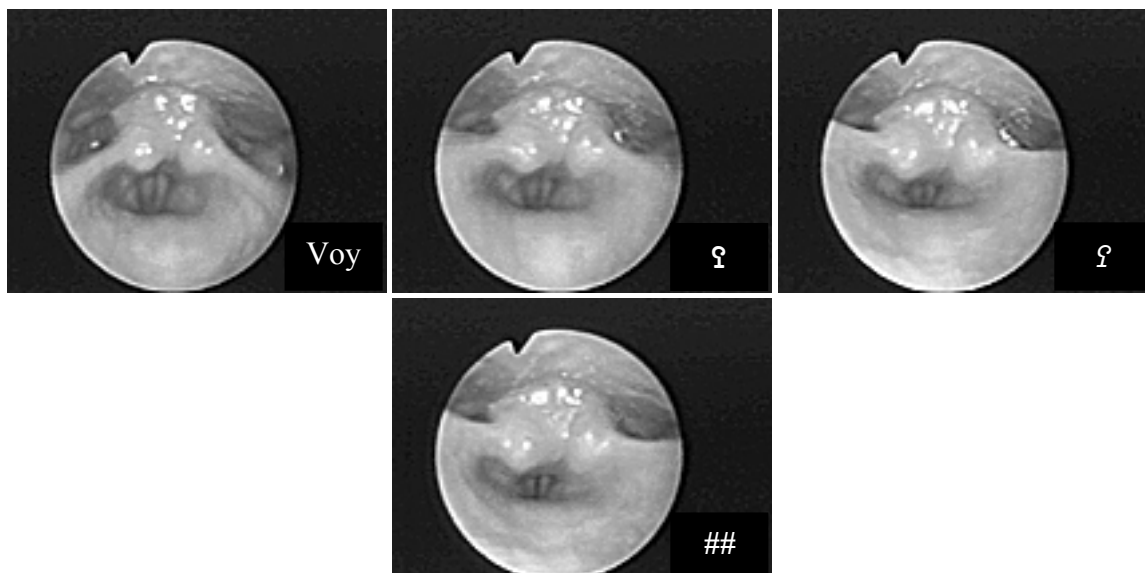


Figure 3.41. La configuration de la glotte pendant la réalisation de la pharyngale /ʕ/ dans [ifiʕ].

#### 3.3.4.3.2 Fricatives sonores géminées

Comme pour leurs contreparties simples les fricatives géminées en position finale sont généralement produites avec une légère ouverture glottale à une ou deux images de la fin. Cette ouverture est systématique pour la laryngale et très fréquente pour la dentale et l'alvéopalatale. Comme pour les simples, la pharyngale et l'uvulaire sont produites avec la glotte fermée du début jusqu'à la fin. L'état de la glotte durant la production de /zz/, /hh/ et /ʕʕ/ est illustré par les figures (3.42, 3.43 et 3.44) respectivement.

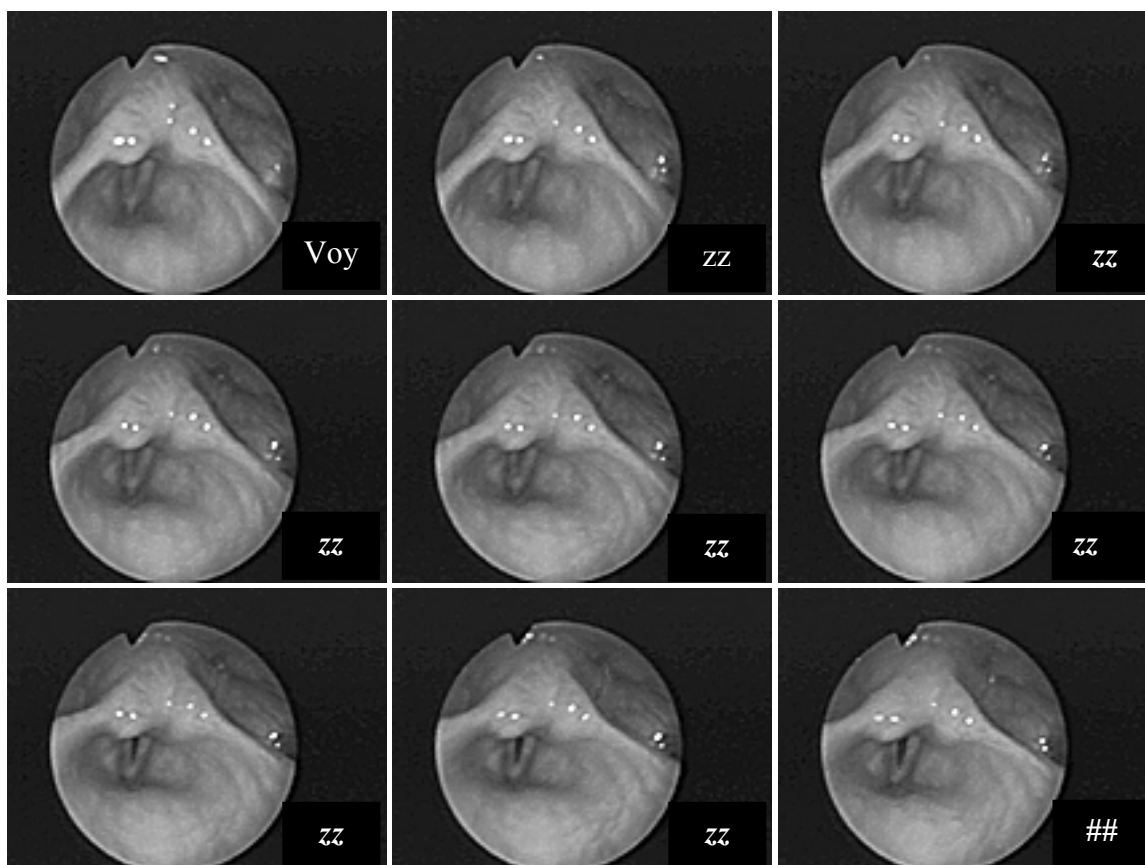


Figure 3.42. La configuration de la glotte pendant la réalisation de la dentale /zz/ dans [ifizz].

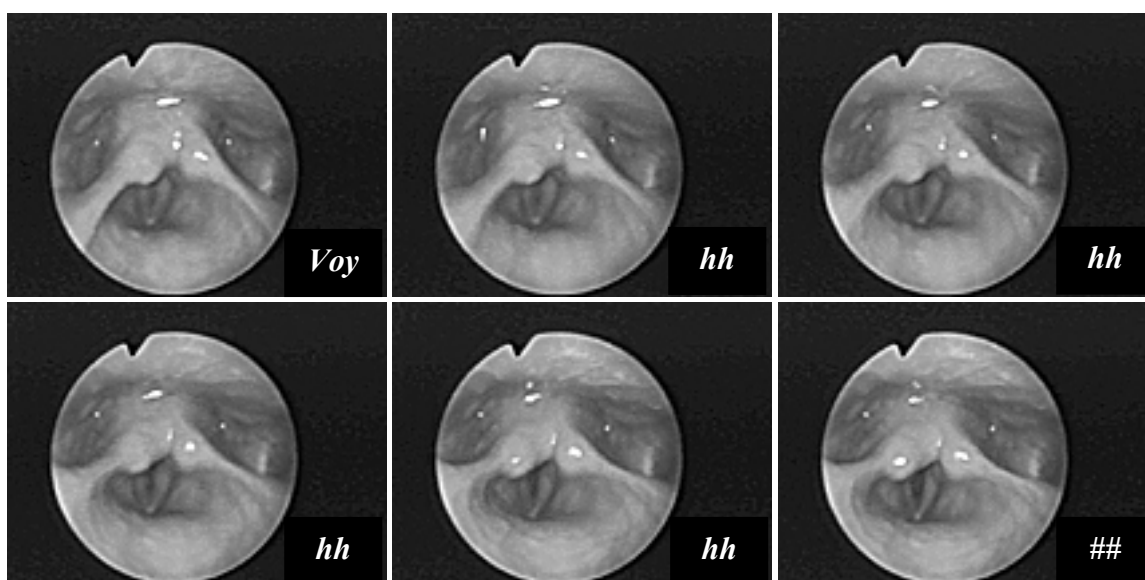


Figure 3.43. La configuration de la glotte pendant la réalisation de la laryngale /hh/ dans [ihh].

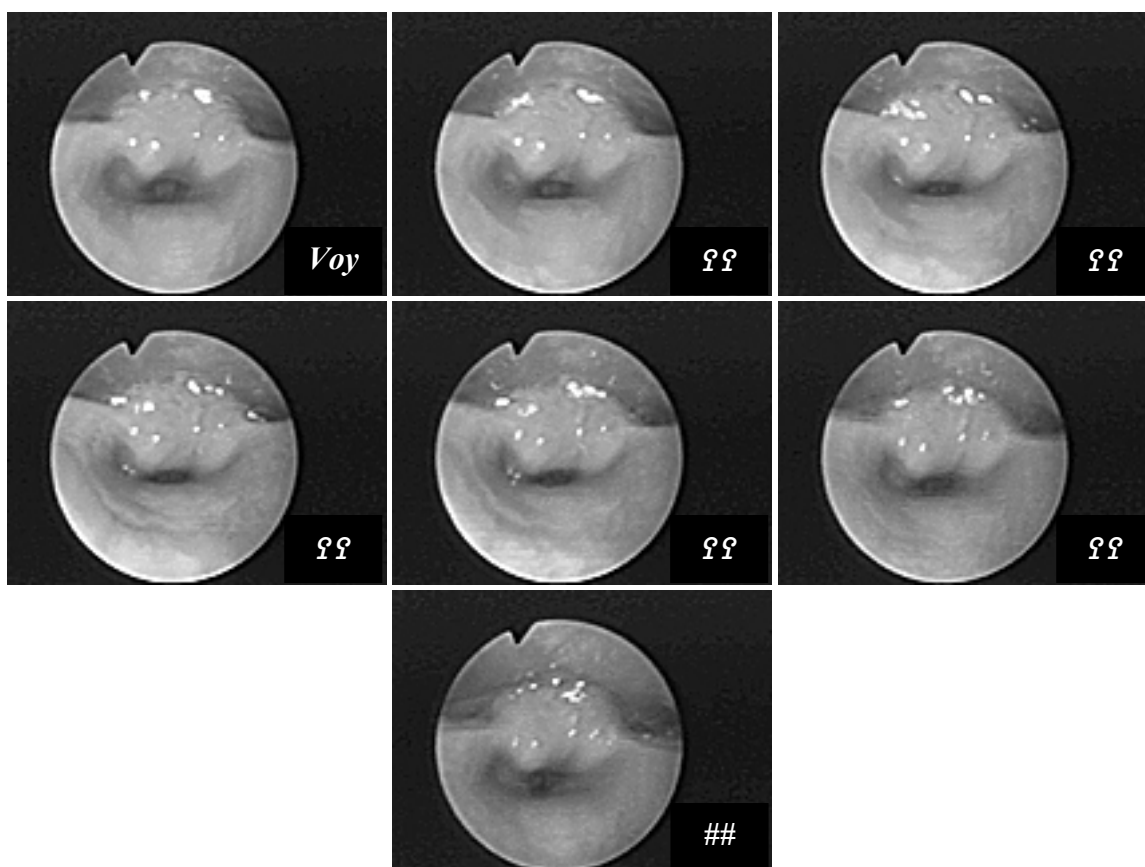


Figure 3.44. La configuration de la glotte pendant la réalisation de la pharyngale /ʕʕ/ dans [ifiʕʕ].

### 3. Synthèse et conclusion

Nous allons rappeler dans cette partie les principales observations que nous avons faites en analysant les ajustements laryngaux lors de la production des obstruantes sourdes et sonores du berbère chleuh.

Les occlusives simples sourdes sont généralement produites avec la glotte ouverte et les cartilages aryénoïdiens écartés. Des différences notables entre différentes occlusives ont été observées aussi bien en terme de degré que de vélocité de cette ouverture. La dentale /t/ et la vélaire /k/ semblent se réaliser avec les mêmes ajustements. Pour la position intervocalique, la glotte s'ouvre progressivement dès l'offset de la voyelle précédente et atteint apparemment son degré maximal vers le moment du relâchement. La glotte entame ensuite un geste d'adduction pour se refermer complètement au début de la voyelle suivante. Contrairement à ce qui a été observé dans plusieurs langues, le degré maximal de l'ouverture glottale semble identique pour la dentale et la vélaire. L'uvulaire occlusive présente des ajustements glottaux différents. Cette consonne est produite avec un degré d'ouverture glottale plus important et ce d'une manière systématique. Elle est aussi différente des autres occlusives par la rapidité de ses gestes d'abduction et d'adduction des cordes vocales. La glotte s'ouvre en effet plus rapidement et maintient un degré d'ouverture important jusqu'au moment du relâchement. La glotte se referme ensuite d'une manière très rapide. La tenue de la dentale emphatique /T/ se caractérise principalement par la faible amplitude de son ouverture glottale.

La comparaison des ajustements glottaux selon les trois positions montre que les gestes d'abduction et d'adduction des cordes vocales sont prédictibles à partir du contexte. En position initiale, seul le geste d'adduction est visible à cause de l'absence d'un segment voisé précédent. En position finale, seul le geste d'abduction est visible, malgré une légère entame d'un geste de fermeture généralement observé après le relâchement. Le cycle balistique d'ouverture-fermeture de la glotte n'est observable qu'en position intervocalique. La glotte qui s'ouvre après la fermeture de la glotte, nécessaire pour la production de la voyelle précédente, se referme, après avoir atteint son degré maximal, et atteint une occlusion complète à l'onset de la voyelle qui suit.

L'état de la glotte lors de la production des occlusives sonores simples est assez facile à décrire : elles sont produites avec la glotte fermée et les aryénoïdes accolés du début jusqu'à la fin de leurs tenues et ce aussi bien en position initiale, intervocalique que finale. Aucune forme, dans aucune de nos répétitions, n'a fait état d'une ouverture glottale même légère. Les seules ouvertures observées sont produites après le relâchement des occlusives en position finale absolue. Les occlusives géminées sonores, contrairement à notre attente, sont aussi très

généralement produites avec la glotte fermée en positions initiale et intervocalique. Seule la position finale présente des ouvertures glottales systématiques, produites généralement pendant le relâchement. Nous pensons que ces ouvertures, qui sont très légères, ne sont pas actives ; autrement dit, elles ne sont pas exécutées à la suite d'une impulsion nerveuse, mais plutôt dues à des conditions aérodynamiques. L'anticipation de l'ouverture glottale, après le relâchement en position finale absolue, favorise encore d'avantage cette ouverture légère.

Les fricatives sourdes sont généralement réalisées avec un degré d'ouverture glottale plus important que pour les occlusives simples. Les fricatives /f, s, S, ʃ/ sont généralement produites avec les mêmes ajustements glottaux. L'uvulaire /χ/ se distingue de cette série de fricatives de la même manière que sa contrepartie /q/ se distingue des autres occlusives. L'uvulaire est produite avec une vitesse d'ouverture et de fermeture de la glotte plus rapide et un degré d'ouverture glottale plus important. /ħ/, quant à elle, présente des ajustements particuliers que nous n'avons observés dans aucun autre segment à part lors de la tenue de sa contrepartie sonore /ʕ/. Nous y reviendrons dans un instant. Les ajustements glottaux divergent selon les positions. La même constatation concernant les occlusives s'applique aussi aux fricatives. Seuls les gestes d'adduction et d'abduction sont visibles pour les positions initiale et finale, respectivement.

Les fricatives géminées sonores sont aussi produites avec une fermeture glottale du début jusqu'à la fin. Seules quelques répétitions présentent de légères ouvertures glottales. C'est en position finale que ces ouvertures sont les plus fréquentes à l'exception de l'uvulaire /RR/ et de la pharyngale /ʕʕ/ qui sont toujours produites avec la glotte fermée. La seule influence que la gémination ait d'une manière systématique concerne le degré du rapprochement entre le sommet des aryténoïdes et le tubercule de l'épiglotte pendant la tenue des pharyngales sonores. Ce rapprochement est plus important pendant la tenue de la géminée, au point qu'on aperçoit à peine, voire pas du tout, les cordes vocales. Nous avons observé ce même rapprochement très important pendant la tenue de la pharyngale sourde géminée comparée avec sa contrepartie simple.

Nous avons considéré deux aspects de la réalisation de l'uvulaire /χ/ et des pharyngales /ħ/ et /ʕ/ : leurs degrés de l'ouverture glottale et la caractérisation de leurs lieux d'articulation. Nous développons, ci-dessous, nos conclusions à propos de ces deux aspects.



L'uvulaire /χ/ est systématiquement produite avec un degré d'ouverture glottale plus important que les fricatives dentales ou labiodentales par exemple, et ce dans toutes les positions. L'uvulaire entame aussi sa phase d'abduction plus rapidement. Ces deux aspects sont étroitement liés. La glotte, s'ouvrant plus rapidement, atteint tout naturellement une amplitude glottale plus importante plus rapidement que pendant la tenue des autres fricatives. Ces ajustements glottaux sont probablement produits pour satisfaire des exigences d'ordre aérodynamique. L'ouverture de la glotte pendant la tenue de /χ/ est plus importante que pendant /s/ ou /f/ probablement pour pouvoir produire un débit d'air oral plus important, nécessaire pour la production de la turbulence. Pendant la production d'une fricative dentale, un bruit de friction peut être produit sans exécuter une ouverture glottale aussi importante. La raison en est que pendant la production de /s/, la constriction supraglottique est assez étroite, un débit d'air faible suffit donc pour produire le bruit de friction. Pendant la production de /χ/, par contre, la constriction supraglottique est plus importante. Il faut donc un débit d'air plus important pour produire la turbulence nécessaire (Yeou & Maeda 1995, Yeou 1996, Stevens 1997, Zeroual 2000).

Nous avons à plusieurs reprises signalé un rapprochement très important entre les aryténoïdes et l'épiglotte durant la tenue des pharyngales sourdes et sonores. Au vu de cette configuration particulière, nous avons soulevé la question de la caractérisation exacte de la place d'articulation de ces consonnes. Disons quelques mots sur ce sujet. Mais rappelons au préalable que nous n'avons nullement l'intention de traiter de cet aspect en profondeur. Etant principalement intéressé dans cette étude par les ajustements laryngaux observés lors de la production des consonnes et des suites de consonnes en berbère chleuh, nous avons placé le bout interne du fibroscope en face de la glotte, cette position ne permet donc pas d'observer les mouvements de la partie postérieure de la langue car le fibroscope n'est pas placé au niveau de la partie supérieure du pharynx (cavité naso-pharyngale). Mais même avec ce positionnement nous avons observé un mouvement systématique et très important de l'épiglotte et du sommet des aryténoïdes qui nous permet légitimement de nous demander si /ħ/ et /ʕ/ et leurs contreparties géminées sont réellement des pharyngales comme le laisse entendre la quasi totalité des manuels de phonétique et de phonologie berbère, ou plutôt des épiglottales ou aryépiglottales. Ladefoged et Maddieson (1996 : 167 ) se posent la même question concernant deux langues supposées avoir ce type de consonnes (l'arabe et l'hébreu). Pour eux : « [...] *pharyngeal fricatives are not as common as might be supposed from the*

*literature, as most of the sounds to which this label is attached (e.g. in Arabic and Hebrew) are actually what we would call epiglottal rather than pharyngeal in place.»*

Nous prenons comme point de départ nos observations fibroscopiques et comparerons nos résultats avec les résultats obtenus à partir d'autres langues ayant les mêmes segments et présentant les mêmes phénomènes articulatoires. La langue de référence principale est l'arabe marocain telle qu'elle a été analysée par Zeroual (2000). Le choix de cette langue n'est pas arbitraire, l'arabe marocain et le berbère étant deux langues parlées dans une même aire géographique, qui se côtoient et s'influencent mutuellement depuis des siècles, et qui, aux niveaux phonétique et phonologique ont plusieurs aspects en commun<sup>8</sup>. Ajoutez à cela que les pharyngales attestées en berbère sont des emprunts anciens à l'arabe, même si aujourd'hui elles font partie intégrante de l'inventaire phonologique berbère. Il est donc plausible de supposer que ces consonnes dans ces deux langues puissent avoir les mêmes caractéristiques articulatoires.

Les mouvements articulatoires que nous avons observés au niveau du sphincter aryépiglottique sont quasiment identiques à ceux observés pour les mêmes consonnes en arabe marocain. Dans cette langue aussi, ces consonnes sont produites avec un rapprochement très important entre le sommet des cartilages aryénoïdiens et le tubercule de l'épiglotte. Sur la base de ces caractéristiques articulatoires ainsi que d'autres observées par imagerie médicale, Zeroual (2000 : 183) en conclut : « *[qu'] il conviendrait... d'appeler ces consonnes : 'consonnes aryépiglottiques' comme cela est suggéré dans les analyses d'Esling (1996, 1999)* ». Esling (1999) a effectivement observé que la caractéristique essentielle des épiglottales est cette constriction entre la base de l'épiglotte et les cordes aryépiglottiques. Cette constriction au niveau du sphincter aryépiglottique peut être partielle comme pour le cas des épiglottales [ħ, ʕ], ou totale dans le cas de l'épiglottale occlusive [ʔ]. Ladefoged et Maddieson (1996) ont analysé les caractéristiques acoustiques des pharyngales et des épiglottales dans une langue (l'agul) qui oppose ces deux séries de consonnes. Les spectrogrammes, illustrant cette opposition, montrent que pour la fricative pharyngale, le premier et le deuxième formant sont très proches l'un de l'autre, avec une valeur allant au-delà de 1000 Hz pour le premier formant. La fricative épiglottale par contre se caractérise par un rapprochement moins important des deux premiers formants et par un bruit de friction plus intense. La consonne /ħ/ intervocalique du berbère présente des caractéristiques

acoustiques qui ressemblent plus aux caractéristiques d'une épiglottale que d'une pharyngale. Sur la base de ces observations et comparaisons, il nous semble donc plus approprié d'appeler ces consonnes des épiglottales et non des pharyngales et de les transcrire, selon l'API, comme /ɧ/ et /ʕ/ et non pas /ħ/ et /ʁ/.

---

<sup>8</sup> Voir Dell et Elmedlaoui 2002 sur certains de ces aspects comme la syllabation, par exemple.

## CHAPITRE 4

### *ANALYSES PHOTOGLOTTOGRAPHIQUES*

#### **4.1 Introduction**

La partie acoustique nous a fourni des informations sur la structure acoustique de la différence entre les consonnes simples et les géminées. La partie fibroscopique a fourni une vision détaillée sur la configuration glottale lors de la production des occlusives et fricatives sourdes et voisées, ainsi que les différences entre obstruantes sonores simples et géminées. Dans ce chapitre, nous allons traiter des ajustements glottaux et de leurs rapports temporels avec les ajustements supraglottaux lors de la production des occlusives et des fricatives sourdes simples et géminées.

Ce chapitre est subdivisé en plusieurs sections. La section (4.2) expliquera en détail la méthode de la photoglottographie (ou transillumination) telle que nous l'avons pratiquée. La section (4.3) apportera des informations sur le mode d'enregistrement et le traitement des données acoustiques et photoglottographiques. La section (4.4) est un bref rappel des raisons qui nous ont amené à opter pour cette technique ainsi que sur la fiabilité de cette méthode. Nous présenterons dans la section (4.5) les stimuli linguistiques utilisés lors de cette expérimentation. La section (4.6) retrace les différents événements sélectionnés et les critères des mesures effectuées pour les déterminer dans le signal acoustique et glottique. Les résultats selon les différents aspects étudiés seront présentés dans la section (4.7) et discutés dans la section (4.8). Seuls les résultats obtenus pour la position intervocalique seront présentés et discutés dans ces deux sections. Ce chapitre est composé de trois autres sections. La section (4.9) fournira les résultats de nos analyses sur les ajustements glottaux et supraglottaux en positions initiale et finale. Les deux dernières sections seront réservées à deux séries de comparaisons, la première en terme de mode d'articulation (occlusives vs. fricatives) et la deuxième en terme de lieu d'articulation (dentales vs. vélaires).

#### **4.2 La méthode**

La transillumination, la technique utilisée dans cette expérimentation, est une méthode qui fournit des moyens fiables et clairs pour observer les ajustements la glotte pendant la production des segments d'une langue donnée. Comme nous allons le montrer plus bas, les résultats obtenus sont pratiquement aussi fiables que ceux obtenus par des moyens plus directs

d'enregistrement comme la fibroscopie. L'avantage de la transillumination, en plus d'un gain de temps important, est qu'elle permet d'une manière plus solide et plus fiable de déterminer les différents rapports temporels des gestes d'ouverture et de fermeture de la glotte et leurs coordinations avec les gestes supralaryngaux.

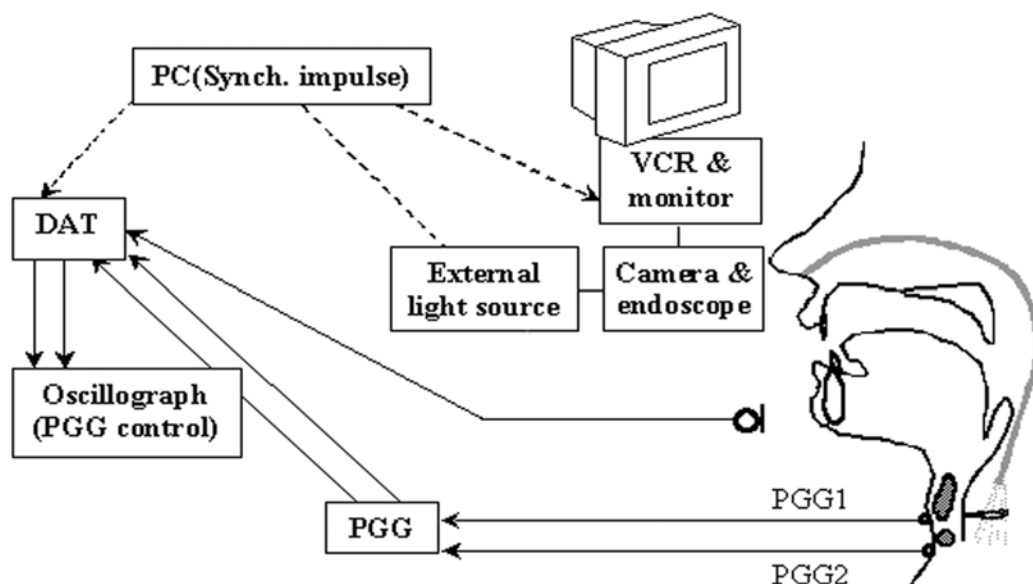
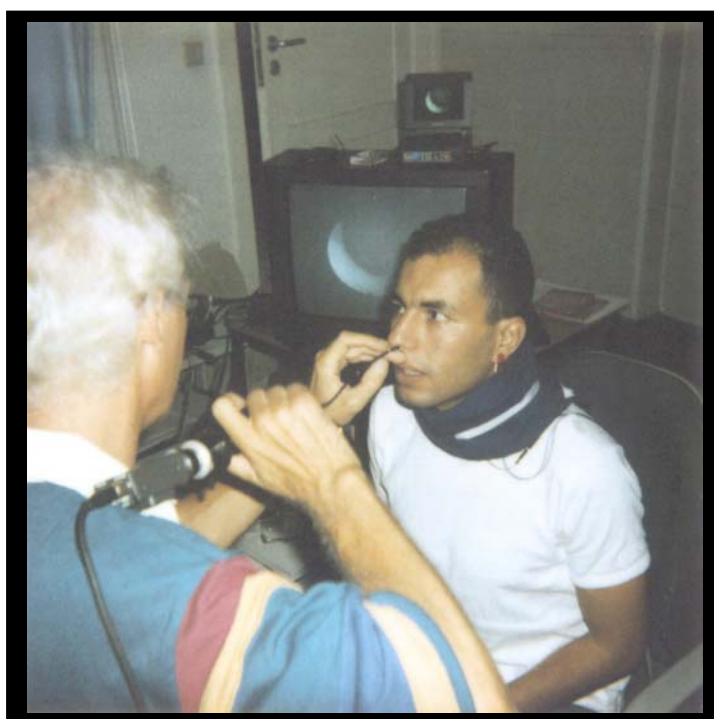


Figure 4.1. Schéma illustrant la procédure de l'enregistrement par transillumination (adapté de Fuchs 2003)

La transillumination consiste en une source de lumière qui illumine la glotte et un phototransistor localisé sur le côté opposé de la glotte et qui enregistre le degré de lumière qui passe à travers la glotte pendant son ouverture. Plus la glotte est ouverte, plus l'intensité de cette lumière est importante, et inversement. Comme le montre la figure (4.1) ci-dessus, la glotte est illuminée à l'aide d'un fibroscope inséré à travers la narine du sujet. Un fibroscope standard de type Olympus ENG (type P3), le même que celui utilisé pendant l'expérience fibroscopique, a été relié à une caméra et connecté à un vidéo-enregistreur (Hitachi CCT) avec un moniteur. Les images vidéo ont principalement servi pour contrôler et s'assurer du bon déroulement de l'enregistrement. Il est important en effet de bien contrôler la position du bout interne du fibroscope et de s'assurer que la salive, par exemple, n'influence pas le signal. Dans un cas pareil, on demande au sujet d'avaler (ou de tousser) et de répéter la séquence une nouvelle fois. Pour fournir le degré suffisant de lumière, une source lumineuse externe a été attachée à l'endoscope. Généralement un seul phototransistor est utilisé pour ce type d'expérimentation. Mais, suivant le conseil de P. Hoole, nous avons opté pour l'utilisation de deux phototransistors (PGG1 et PGG2). Les deux phototransistors ont été collés au cou du sujet et connectés à un photoélectroglottographe (Type LG 900 N°. 13). PGG1 a été placé

entre le cartilage thyroïdien et le cartilage cricoïdien et PGG2 au dessous du cartilage cricoïdien. Il s'est avéré après l'examen des données que PGG1 présente des amplitudes très hautes à cause notamment de la proximité du phototransistor de la glotte (cf. Jessen 1998). Aussi, le signal extrait de PGG1 est plus sensible aux mouvements verticaux du larynx et de l'épiglotte. PGG2 par contre est plutôt stable (voir figure 4.3). Toutes les données traitées dans cette étude sont extraites de PGG2. Les lumières de la chambre où s'est déroulé l'enregistrement ont été presque toutes éteintes, les rideaux des fenêtres ont été abaissés et une serviette a été mise autour du cou du sujet pour garantir que les phototransistors n'enregistrent que la lumière de l'endoscope (voir figure 4.2).



*Figure 4.2. Photo illustrant le début de la procédure de transillumination, Elle indique le moment de l'insertion par le médecin (Dr Dahlmeier) du fibroscope à travers la narine du sujet (l'auteur).*

Avant d'insérer l'endoscope, un spray pour le nez (Gelonasal) a été injecté dans la narine du sujet pour réduire une possible sensibilité et parer à toute enflure éventuelle. Un autre spray avec anesthésie locale (Xylocaim) a été inséré dans la cavité pharyngale pour réduire la sensibilité à la présence d'un objet dans le pharynx et garantir le bien être du sujet. Toutes les sessions de l'enregistrement se sont parfaitement déroulées.

### 4.3 Le traitement des données<sup>1</sup> :

Les données acoustiques et photoélectroglottographiques, prises avec un microphone *Sennheiser MKH 20*, ont été enregistrées sur un support DAT (Sony PC 208 Ax). Les signaux PGG1 et PGG2 ont été contrôlés à travers un oscillographe (voir figure 1). Les signaux de synchronisation ont été envoyés à partir d'un ordinateur Pc vers une chaîne de l'enregistreur vidéo et vers le DAT. Ce signal a permis de couper les données en fichiers ayant chacun une durée de 3 secondes permettant ainsi l'alignement des données acoustiques sur les données photoglottographiques (cf. Hoole 1996). Le traitement des données s'est déroulé en plusieurs étapes en utilisant des scripts, sur le logiciel Matlab, écrits par P. Hoole et C. Mooshammer:

1. Le programme cherche les impulsions de synchronisation et génère des fichiers découpés ;
2. Le programme édite des labels, appelés code (e.g. tt2\_1 pour un /tt/ géminé, première répétition) dans les fichiers préalablement découpés ;
3. Le programme extrait les signaux PGG1 et PGG2 à partir des fichiers découpés et les fichiers Sony (Enregistreur DAT). Les données sont filtrées avec une bande de transition de 30 à 90 Hz et échantillonnées à 3000 Hz.
4. Les données sont encore une fois filtrées et échantillonnées à 200 Hz. Les vitesses ont été calculées comme les premières dérivées des signaux correspondants (PGG1 vel, PGG2 vel)

Pour visualiser simultanément les données acoustiques et photoglottographiques, un programme de Matlab « Artmat » écrit par C. Mooshammer a été utilisé (voir figure 3). Les données acoustiques ont une fréquence d'échantillonnage de 24 000 Hz et celles de la photoglottographie une fréquence de 200 Hz.

---

<sup>1</sup> Nos données ont été traitées avec l'aide de P. Hoole et C. Mooshammer. La même méthode est décrite dans Fuchs (2003).

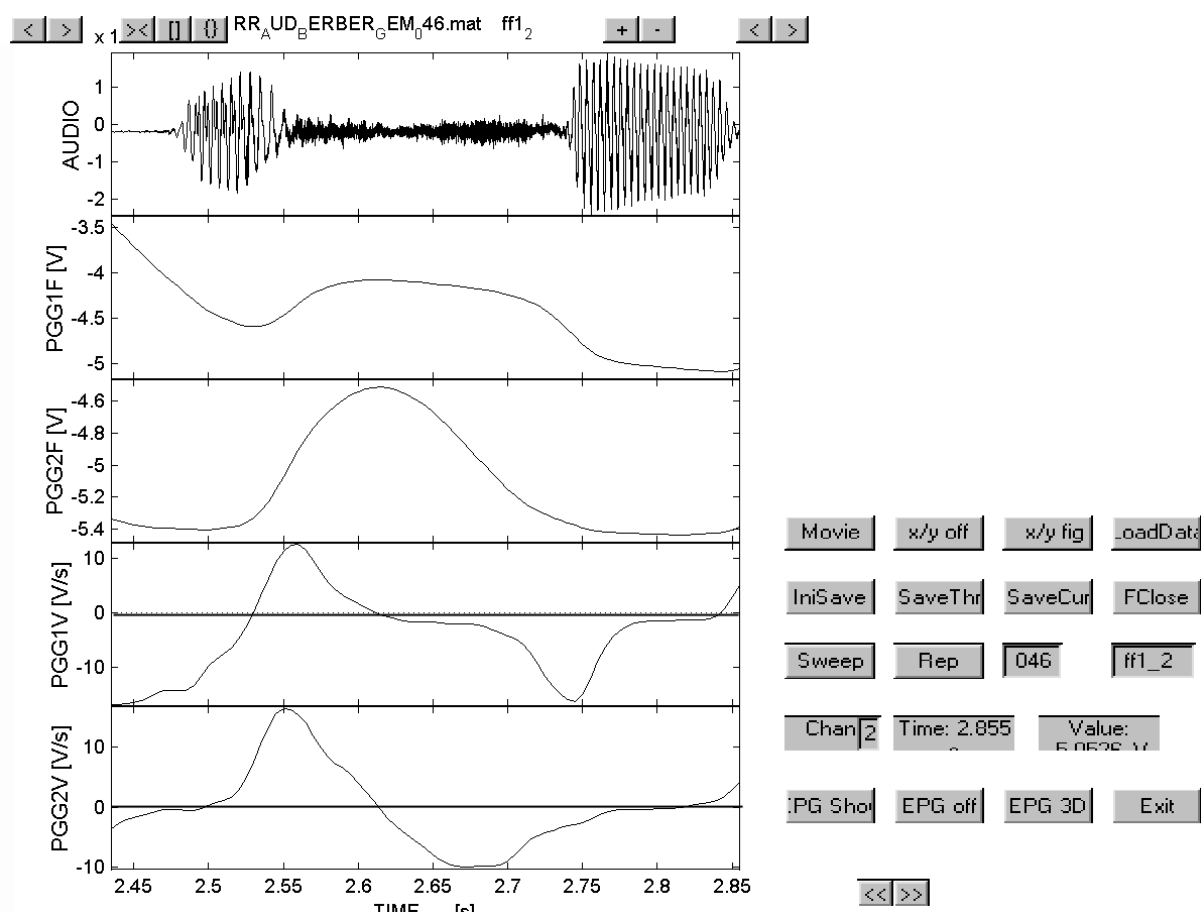


Figure 4.3. Illustration d'un exemple représentatif des formes analysées. Il s'agit ici de la forme[iffi]. La figure correspond à l'image de l'écran telle qu'elle est visible à l'utilisateur du programme « Artmat ». Notez la différence entre les signaux (PGG2F, PGG2V) et (PGG1F, PGG1V).

#### 4.4 La fiabilité de l'enregistrement

L'inconvénient majeur de la méthode de la transillumination est que le système ne peut pas être calibré puisque la distance entre l'endoscope et la glotte varie. Les valeurs concernant le degré de l'ouverture de la glotte doivent donc être maniées avec précaution (e.g. Hutters 1976, Hoole 1999b, Jessen 1998)<sup>2</sup>. Les mesures de l'amplitude de l'ouverture glottale que nous avons effectuées sont extraites aussi bien de l'expérimentation fibroscopique que de la transillumination. Par ordre chronologique, nous avons d'abord pris part à une expérience fibroscopique à Paris (4 sessions). Quelques mois plus tard, nous avons constaté que plusieurs questions relatives aux rapports temporels entre les gestes glottaux et supraglottaux et à la vitesse des gestes glottaux ne peuvent être analysées d'une manière satisfaisante en se basant uniquement sur les films fibroscopiques (25 images par seconde). Nous avons ainsi opté pour une deuxième expérimentation, la transillumination. Cette expérimentation s'est déroulée à

<sup>2</sup> Malgré cela, une comparaison des différentes amplitudes est possible en normalisant les données de la transillumination à l'image de Hutters (1984).



Berlin. Entre ces deux expériences, nous avons eu le temps de mesurer le degré de l'ouverture glottale pour les obstruantes analysées image par image en utilisant les différents logiciels appropriés. Les courbes que nous avons tracées suite à ces mesures et les courbes extraites du signal photoglottographique sont très semblables. Plusieurs auteurs ont aussi déjà montré que la fibroscopie et la transillumination arrivent presque aux mêmes résultats concernant les variations de l'aire glottique (cf. Löfqvist & Yoshioka 1980, Baer et al. 1983). Les films fibroscopiques enregistrés simultanément avec les données photoglottographiques nous ont aussi servi pour contrôler les données de la transillumination (le positionnement de l'endoscope, les possibles mouvements de l'épiglotte, l'influence de la salive). Avoir opté pour deux phototransistors au lieu d'un s'est aussi révélé être un moyen de contrôle supplémentaire très important.

Une autre influence qui doit être prise en considération pour s'assurer de la fiabilité des données temporelles et non temporelles concerne la vitesse de la parole pendant la réalisation des formes à analyser (cf. Andersen 1981, Löfqvist & McGarr 1987). Pendant l'enregistrement, le début de chaque séquence (composée de trois mots ou groupes de mots) est annoncé par une tonalité sous forme de « bip » audible (pour la synchronisation). Le sujet est invité à répéter la séquence une nouvelle fois en augmentant ou en diminuant la cadence si la phrase est produite trop lentement ou trop rapidement.

Parmi les méthodes de phonétique instrumentale, la transillumination et la fibroscopie sont généralement considérées comme des méthodes semi-invasives. La présence d'un médecin au moment de l'enregistrement est obligatoire (Pour notre part, Dr. Crevier-Buchman pendant l'expérience fibroscopique et Dr. Dahlmeier pendant l'expérience photoglottographique). Il est souvent recommandé de procéder à une anesthésie locale pour réduire la sensibilité à la présence d'un objet dans le pharynx et garantir ainsi le bien être du sujet. Disons le, la procédure n'est pas des plus confortables (surtout au moment de l'insertion du fibroscope). C'est globalement pour cette raison que c'est souvent un seul locuteur, généralement le chercheur lui-même (elle-même), qui sert comme unique sujet dans de telles expériences (e.g. Löfqvist & Yoshioka 1980, Löfqvist & Pétursson 1978, Dixit 1989, Jessen 1998). Dans certaines études, deux ou trois personnes peuvent servir de sujet (e.g. Sawashima 1970, Kagaya 1974, Hoole et al. 1984, Cooper 1991, Munhall et al. 1994). Comme nous l'avons déjà signalé, le cas de Hutters (1984) qui a enregistré 5 locuteurs, est extrêmement rare. Nous n'avons donc pas échappé à la règle, puisqu'un seul sujet (l'auteur) a pris part à l'expérience

photoglottographique. Une partie des données fibroscopiques (les mots sourds) a été enregistrée avec un sujet supplémentaire. Ce même sujet n'a malheureusement pas souhaité prendre part à d'autres sessions pour enregistrer les autres données. Une expérience phonétique basée sur les données d'un seul locuteur, l'auteur de surcroît, peut poser quelques problèmes potentiels. Connaissant l'objectif de l'étude qu'il mène, les résultats peuvent être influencés. Un autre risque est que la réalisation d'un seul sujet peut être atypique et ne pas refléter celle des autres locuteurs de la même langue. Nous sommes conscients de ces risques potentiels. L'examen des données acoustiques telles qu'elles sont réalisées par l'auteur, qui a aussi pris part à l'expérience acoustique, montre de grandes similitudes avec les résultats obtenus à partir d'autres sujets non informés du but de l'étude. Par ailleurs, pour l'analyse des mots sourds, les caractéristiques glottographiques des formes produites par l'auteur sont quasiment identiques à celles obtenues à partir des données du deuxième sujet qui, lui, n'était pas informé du but de l'étude. Il nous semble aussi peu probable que des variations des gestes d'ouverture-fermeture de la glotte soient significatives pour un locuteur mais pas pour d'autres locuteurs parlant la même variété de langue (cf. Jessen 1998 pour l'allemand, Cooper 1991 pour l'anglais).

#### **4.5 Le stimuli linguistique**

Les segments cibles sujets de notre investigation principale dans cette étude sont les occlusives et fricatives sourdes simples et géminées. Les segments sonores n'ont pas été inclus car ils ne sont pratiquement jamais produits avec un geste d'ouverture glottale visible. Nous nous sommes limité aux seules occlusives dentales et vélaires simples et géminées et aux fricatives labiales et dentales, car ce sont généralement ces mêmes consonnes qui sont analysées dans des études similaires sur d'autres langues. Nous allons donc pouvoir comparer plus facilement nos résultats avec les résultats de ces études. Nos analyses seront plus particulièrement axées sur la position intervocalique, pas uniquement parce que la majorité des études de transillumination traitent de ce type de segments mais aussi parce que certains paramètres ne peuvent être mesurés pour la position initiale ou finale. Rappelons qu'en position initiale absolue, seul le geste de fermeture est visible. Pour la position finale, seul un geste d'ouverture est produit. Ces deux positions seront analysées brièvement dans la section (4.9).

	<i>Segment cible</i>	<i>trans.</i>	<i>Gloss.</i>	<i>Segment cible</i>	<i>trans.</i>	<i>Gloss.</i>
a.	t	tili	brebis	tt	ttili	aie, imp.
	k	kiyyi	toi	kk	kkiyyi	passe
	f	fit	donne-le	ff	ffit	verse-le
	s	sin	deux	ss	ssir	lacet
b.	t	itili	pour la brebis	tt	ittili	qu'il aie
	k	ikiyi	pour toi	kk	ikkiyi	qu'il passe
	f	ifit	il l'a donné	ff	iffit	il l'a versé
	s	isin	pour deux	ss	issir	pour le lacet
c.	t	fit	donne-le	tt	fitt	donne-la
	k	ifik	il t'a donné	kk	imikk	peu
	f	if	il donne	ff	iff	mauvaise odeur
	s	ifis	hyène	ss	ifiss	il est silencieux

*Tableau 4.1. La liste des formes analysées lors de l'expérience photoglottographique. Ces formes sont identiques à celles traitées dans la partie acoustique et fibroscopique.*

Les formes (4.1) sont les mêmes que celles analysées pendant les expérimentations acoustique et fibroscopique. Ces formes, rappelons-le, ont été choisies en prenant en considération le fait que l'adjacence des segments cibles avec des voyelles arrières ou basses doit être évité. Pendant la tenue de ces voyelles en effet, la racine de la langue ou l'épiglotte peut obstruer le fibroscope et empêcher d'avoir une meilleure observation des mouvements articulatoires au niveau du larynx.

#### **4.6 Les événements mesurés et les critères**

Un ensemble d'événements a été marqué sur les signaux acoustiques et articulatoires des formes analysées dans cette expérimentation. Un label a été assigné à chaque événement. Sa localisation temporelle est extraite ensuite et utilisée pour calculer les différentes variables en termes d'intervalles de durée. Ces intervalles peuvent être acoustiques (e.g. la durée de l'occlusion orale), glottales (e.g. la durée de l'ouverture glottale) ou les deux combinés (intervalle entre le relâchement de l'occlusion et l'ouverture maximale de la glotte). Les événements acoustiques ont été déterminés visuellement à partir des oscillogrammes et des

spectrogrammes, les évènements glottaux ont été déterminés d'une manière algorithmique.

Les évènements acoustiques libellés pour les occlusives sont :

- a. L'onset de la consonne = ***OnC*** ;
- b. Le relâchement oral = ***Rel*** ;
- c. L'onset de la voyelle = ***OnV***.

Pour les fricatives, dépourvues de relâchement oral, seuls l'onset de la consonne et l'onset de la voyelle ont été libellés. L'onset de la consonne a été déterminé à partir des spectrogrammes comme la fin du F2 de la voyelle précédant l'obstruante. L'onset de la voyelle a été déterminé comme le début du F2 de la voyelle suivante (voir chapitre 2). Les évènements glottaux libellés aussi bien pour les occlusives que pour les fricatives sont :

- a. L'onset du geste d'ouverture glottale = ***on\_gov*** ;
- b. La vélocité maximale du geste d'ouverture glottale = ***vmx\_gov*** ;
- c. L'offset du geste d'ouverture glottale = ***off\_gov***
- d. L'onset du geste de fermeture glottale = ***on\_gfr*** ;
- e. La vélocité maximale du geste de fermeture glottale = ***vmx\_gfr*** ;
- f. L'offset du geste de fermeture glottale = ***off\_gfr***.

Il est assez difficile de déterminer exactement l'onset et l'offset des gestes d'ouverture et de fermeture de la glotte en se basant uniquement sur la courbe indiquant l'ouverture glottale (PGG2F dans la figure 4.4). C'est pour cela que ces événements sont généralement déterminés en se basant sur les points extrêmes de la courbe de vélocité (PGG2V).

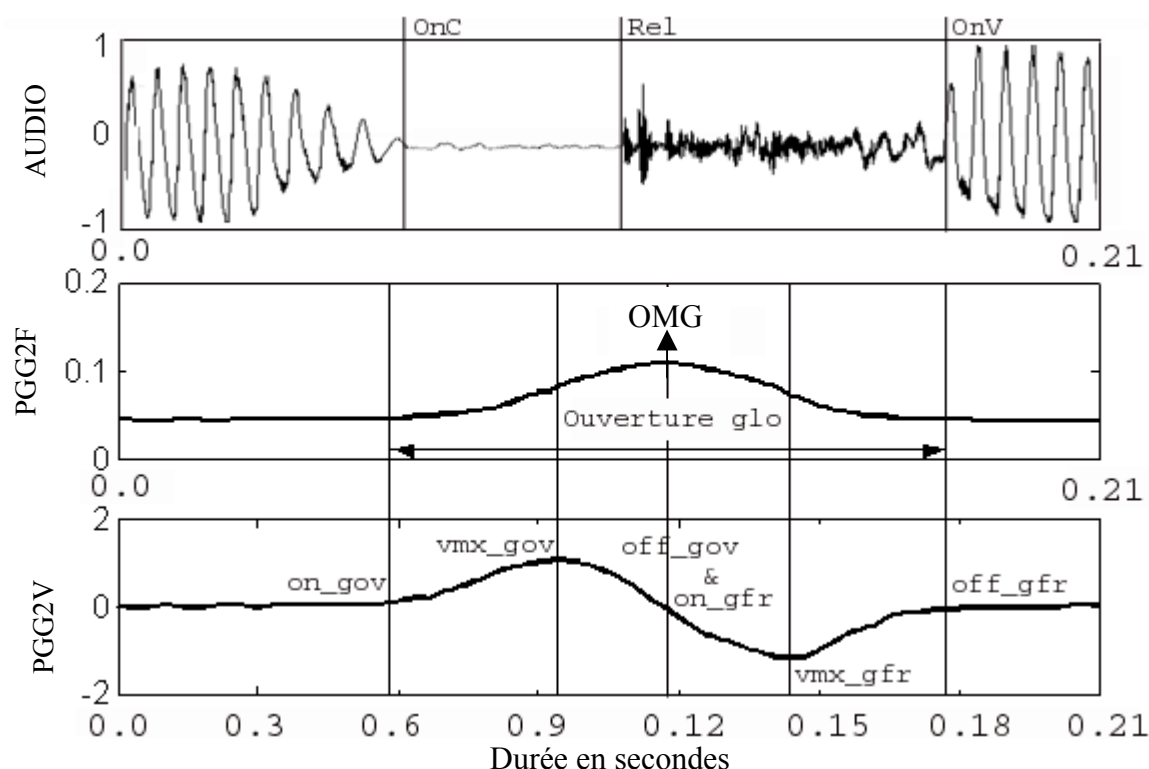


Figure 4.4. Exemple des différents évènements acoustiques et glottaux définis dans cette expérimentation. PGG2F indique l'ouverture glottale. PGG2V indique la courbe de vélocité.

Généralement un seuil de 5% (ou plus) est utilisé comme point de repérage des différents gestes d'ouverture et de fermeture de la glotte. Ce pourcentage est basé sur la distance entre le point extrême (le point d'intersection zéro) et le sommet de la vélocité (Hoole et al. 1984, Jessen 1998, Fuchs 2003). Le programme cherche automatiquement la valeur adéquate où les 5% du point extrême sont atteintes. Ainsi sont indiqués sur la courbe de vélocité pour le geste d'ouverture glottale, le point extrême gauche (correspondant à zéro), le seuil minimum (5% de la distance entre le point extrême et le sommet de la vélocité), le seuil maximal (95% de la distance entre le point extrême et le sommet de la vélocité), le sommet de la vélocité, suivi du seuil maximal et ainsi de suite jusqu'à atteindre le point extrême droit. Les mêmes distances temporelles sont indiquées sur le geste de fermeture glottale. L'avantage d'un tel procédé est qu'il est algorithmique ; les événements libellés peuvent être déterminés quantitativement sans passer par une inspection visuelle.

Nous reproduisons dans le tableau (4.2) ci-dessous, la liste complète des variables mesurées. Ces variables correspondent aux intervalles temporels entre les différents événements acoustiques et glottographiques, présentés dans le tableau (4.3). La seule variable non temporelle analysée dans cette étude est l'ouverture maximale de la glotte (OMG). Elle a été mesurée d'une manière algorithmique en procédant à la soustraction suivante : la valeur

indiquant le degré de l'ouverture glottale de *off\_gov* – la valeur indiquant le degré de l'ouverture glottale de *off\_gfr*.

<i>Le nom de l'événement</i>	<i>Label</i>
Onset de la consonne	OnC
Relâchement orale	Rel
Onset de la voyelle	OnV
Onset du geste d'ouverture glottale	On_gov
Vélocité maximale du geste d'ouverture glottale	Vmx_gov
Offset du geste d'ouverture de la glotte	Off_gov
Onset du geste de fermeture glottale	On_gfr
Vélocité maximale du geste de fermeture glottale	Vmx_gfr
Offset du geste de fermeture glottale	Off_gfr

Tableau 4.2. La liste des évènements acoustiques et glottaux utilisés dans cette expérimentation

<i>Nom de la variable</i>	<i>Intervalle</i>
Durée de l'occlusion	Rel – OnC
Durée d'aspiration	OnV – Rel
Durée totale de la fricative ou de l'occlusive	OnV – OnC
Durée de l'ouverture glottale	Off_gfr – On_gov
Durée du geste d'ouverture glottale	Off_gov – On_gov
Durée du geste de fermeture glottale	Off_gfr – On_gfr
La phase d'accélération du geste d'ouverture	Vmx_gov – On_gov
La phase d'accélération du geste de fermeture	Vmx_gfr – On_gfr
Intervalle entre OMG et Rel	Rel – OMG
— Ouverture maximale de la glotte (OMG)	

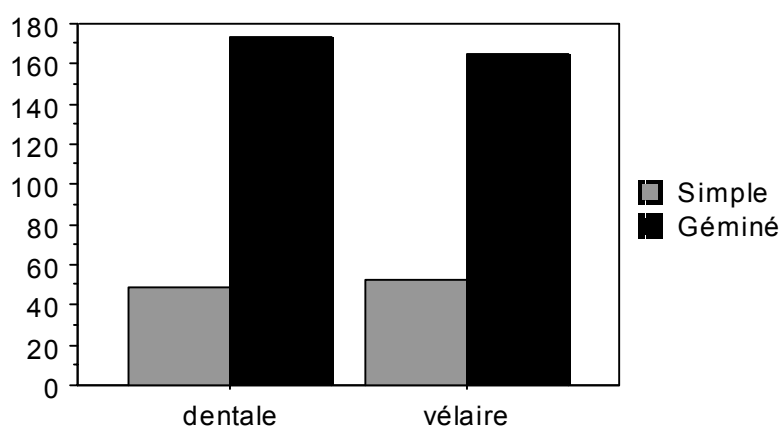
Tableau 4.3. La liste des variables utilisées dans cette expérimentation. *Off\_gfr – On\_gov* correspond à l'intervalle entre l'onset du geste d'ouverture glottale et l'offset du geste de fermeture glottale.

## 4.7 Résultats

Nous allons organiser cette section autour d'une série de comparaisons. L'objectif principal de notre travail étant de comparer les simples aux géminées, nous allons donc principalement analyser les différentes variables mesurées en comparant d'abord la série des occlusives simples et géminées, et ensuite la série des fricatives. Nous allons réserver deux parties, au moment de l'analyse de nos résultats, à deux autres séries de comparaison : une première en terme de mode d'articulation (occlusives et fricatives) et une autre en terme de place d'articulation (labiale, dentale et vélaire).

### 4.7.1 Occlusives simples et géminées.

Les paramètres acoustiques mesurés sont la durée de l'occlusion et de l'aspiration. Les résultats confirment la tendance observée dans la partie acoustique : les simples et les géminées se distinguent en terme de durée d'occlusion (fig. 4.5). Pour les dentales, nos mesures montrent que la durée de l'occlusion varie entre 40 et 55 ms pour les simples et entre 160 et 205 ms pour les géminées. Pour les vélaires, cette durée varie entre 44 et 62 ms pour les simples et 153 et 175 ms pour les géminées.



*Figure 4.5. Les durées moyennes de l'occlusion orale pour les occlusives simples et géminées sourdes.*

La durée d'aspiration par contre n'est pas un paramètre qui permet de distinguer les simples des géminées (fig. 6). Pour les dentales nos mesures montrent que la durée de l'aspiration varie entre 45 et 67 ms pour les simples et entre 44 et 60 ms pour les géminées. Pour les vélaires, la durée de l'aspiration varie entre 46 et 70 ms pour les simples et entre 45 et 55 ms pour les géminées.

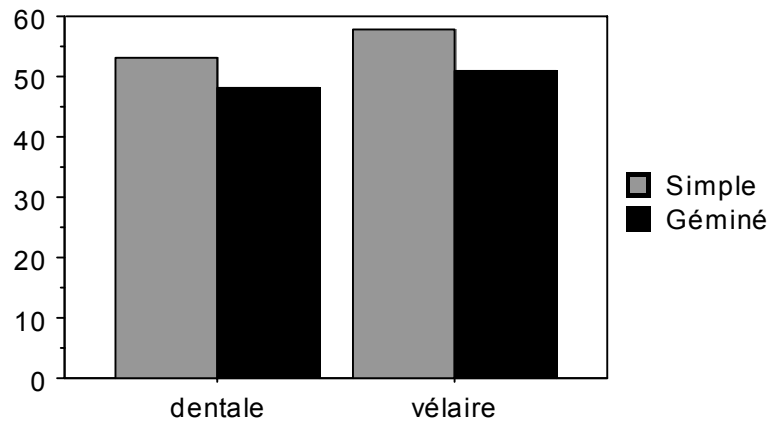


Figure 4.6. Les durées moyennes de l'aspiration pour les occlusives simples et géminées sourdes.

La comparaison des durées moyennes pour les géminées et les simples indique que ces dernières ont une durée (55 ms, DS = 8) légèrement supérieure à celle des géminées (49 ms, DS = 6). Mais cette différence n'est pas très importante. Notez aussi que les vélares simples ou géminées ont une durée moyenne légèrement supérieure à celle des dentales correspondantes.

Le dernier paramètre acoustique, la durée totale de l'occlusive, permet, comme le montre la figure (4.7), de distinguer les simples des géminées. Les géminées ont une durée totale beaucoup plus importante que celle des simples. Ce paramètre n'est pas une variable indépendante puisqu'il est entièrement attribuable à la durée de l'occlusion. Nous avons mesuré ce paramètre pour pouvoir comparer plus facilement la durée de l'ouverture glottale avec la durée acoustique des occlusives.

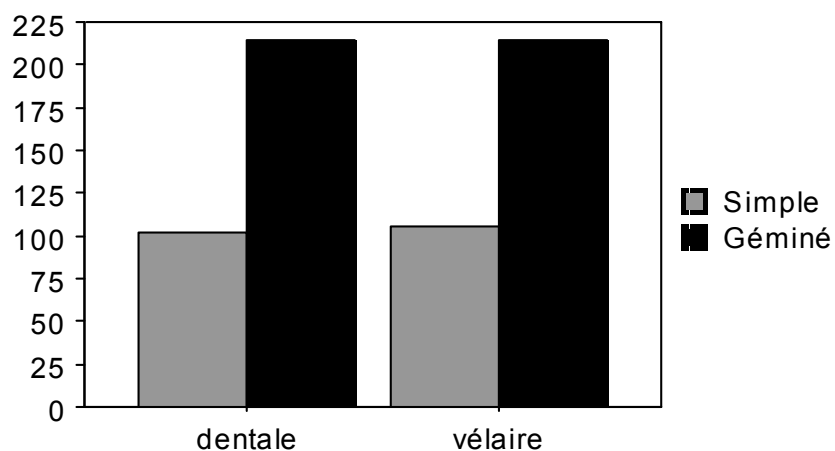
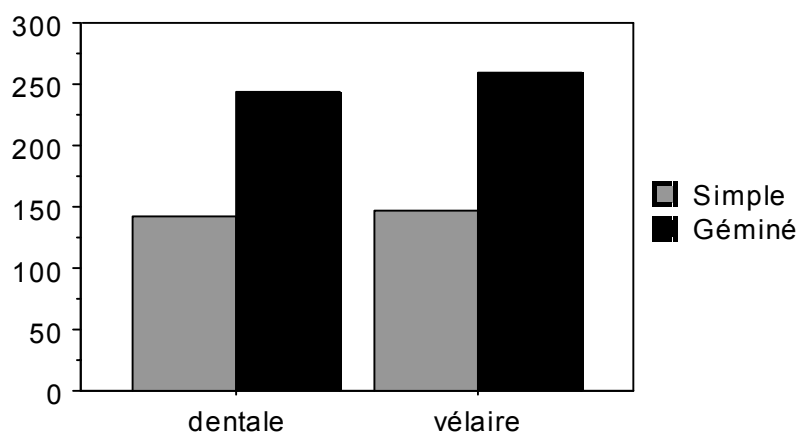


Figure 4.7. Les durées moyennes des occlusives simples et géminées sourdes.



Passons aux paramètres glottaux et commençons justement par la durée de l'ouverture glottale. La figure (4.8) montre que les gémínées ont une durée d'ouverture glottale plus longue que celle des simples (une différence moyenne de 107 ms). Cette différence est totalement prédictible puisqu'elle reflète la différence de durée acoustique entre les simples et les gémínées.



*Figure 4. 8. Les durées moyennes de l'ouverture glottale pour les occlusives simples et gémínées sourdes.*

La comparaison entre les durées acoustiques et glottiques révèle des différences notables. La durée de l'ouverture glottale est en moyenne de 39 ms plus longue que la durée acoustique de l'occlusive (41 ms pour les simples et 37 ms pour les gémínées). Cela veut dire que la glotte commence à s'ouvrir avant l'onset de l'occlusion et se referme bien après le relâchement. Cette configuration est typique des occlusives sourdes aspirées (Stevens 1998 : 456).

L'ouverture glottale étant constituée d'un geste d'ouverture et d'un geste de fermeture de la glotte, la question est de savoir si la différence observée entre les simples et les gémínées a lieu pendant la phase d'ouverture de la glotte, ou la phase de fermeture, ou pendant les deux phases. Nous avons donc mesuré les durées du geste d'ouverture et de fermeture glottale pour les simples et les gémínées. Le geste d'ouverture dure 59 ms en moyenne pour les simples (DS = 10) et 113 ms pour les gémínées (DS = 25). La durée du geste d'ouverture glottale pour les gémínées est donc en moyenne de 54 ms plus longue.

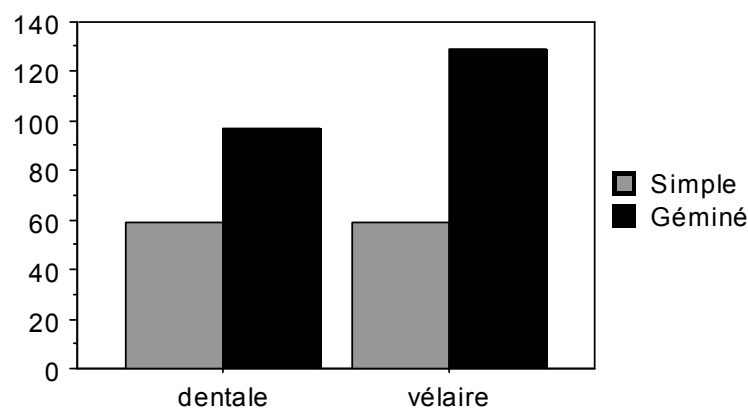


Figure 4.9. Les durées moyennes du geste d'ouverture glottale pour les occlusives simples et géminées sourdes.

Concernant le geste de fermeture, nos résultats indiquent qu'il dure 85 ms en moyenne pour les simples (DS = 13) et 138 ms pour les géminées (DS = 22) avec donc une différence moyenne de 53 ms. Il est intéressant d'observer que la différence de durée entre les simples et les géminées est équitablement répartie sur les deux phases d'ouverture et de fermeture de la glotte (54 et 53 ms respectivement).

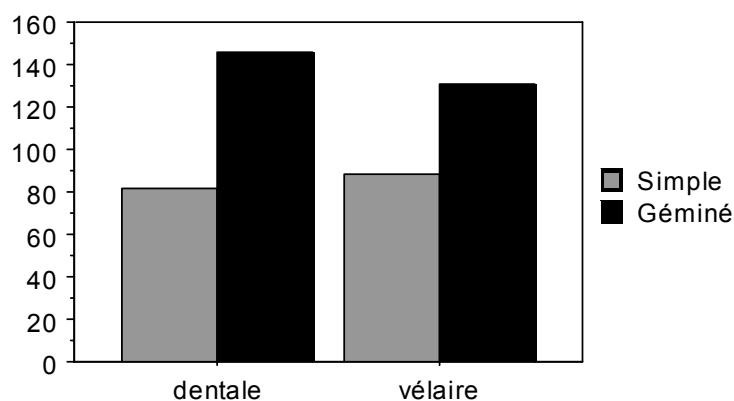


Figure 4.10. Les durées moyennes du geste de fermeture glottale pour les occlusives simples et géminées sourdes.

Nos résultats indiquent aussi que la durée du geste de fermeture glottale est toujours plus longue que celle du geste d'ouverture glottale, à l'exception d'une seule répétition pour la dentale /t/ où la durée du geste d'ouverture (65 ms) était légèrement supérieure au geste de fermeture (60 ms). En effet, sur la durée totale de l'ouverture glottale, 59% est composée d'une phase fermante pour les simples et 55 % pour les géminées. Ce résultat, qui indique que les deux gestes sont donc asymétriques et que la glotte met plus de temps à se refermer qu'à s'ouvrir, s'accorde avec les observations de Munhall et al. (1985) et Löfqvist & McGarr (1987).

Le quatrième paramètre temporel glottique mesuré est l'intervalle entre l'onset de l'abduction et la vélocité maximale du geste d'ouverture glottale. Nos mesures, illustrées par la figure (4.11) ci-dessous, n'indiquent pas de différence importantes entre les simples et les géminées.

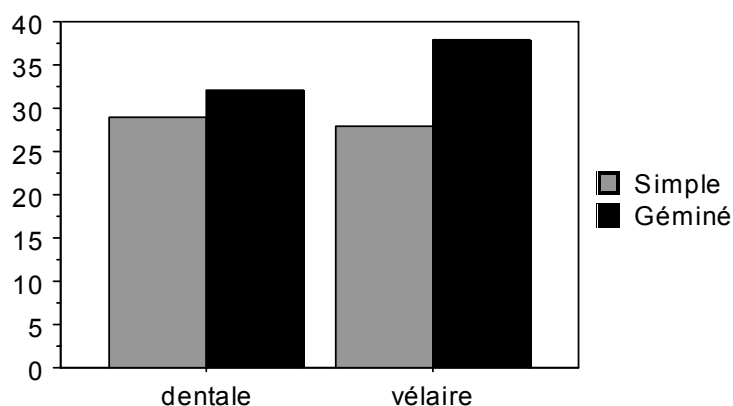


Figure 4.11. Les durées moyennes de la phase d'accélération du geste d'ouverture glottale pour les occlusives simples et géminées sourdes.

Cet intervalle est en moyenne de 28 ms pour les simples ( $DS = 7$ ) et de 35 ms pour les géminées ( $DS = 7$ ). L'absence de différence importante entre ces deux séries d'occlusives indique que la glotte entame sa phase d'abduction aussi rapidement pour les simples que pour les géminées. La figure (4.12) illustre les différences entre les simples et les géminées en terme d'intervalle entre l'onset de l'abduction et la vélocité maximale du geste de fermeture glottale. Des différences importantes existent entre ces deux séries d'occlusives.

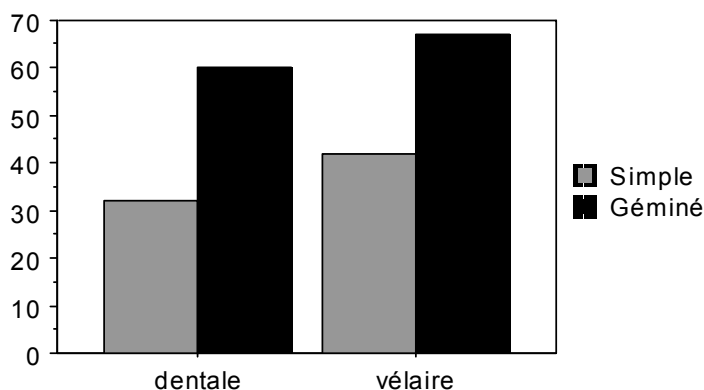
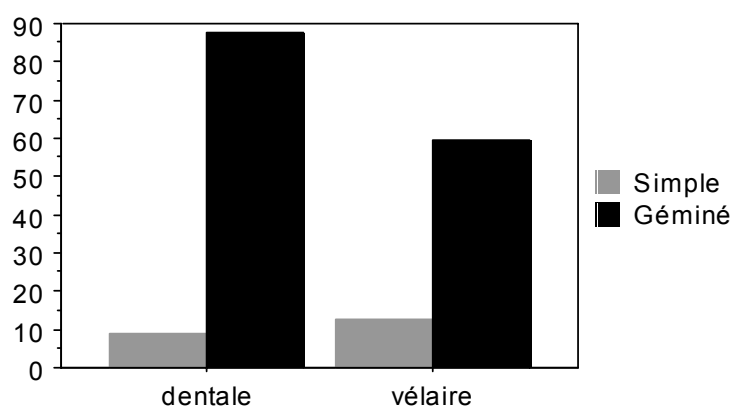


Figure 4.12. Les durées moyennes de la phase d'accélération du geste de fermeture glottale pour les occlusives simples et géminées sourdes.

Si la glotte entame la phase d'accélération de son geste d'ouverture avec la même vélocité aussi bien pour les simples que pour les géminées, pour la phase fermante, par contre, la glotte entame ce geste toujours beaucoup plus rapidement pour les simples (37 ms,  $DS = 6$ ) que pour les géminées (64 ms,  $DS = 13$ ). Autrement dit, l'intervalle entre la vélocité maximale du

geste de fermeture de la glotte et l'onset du geste de fermeture glottale est beaucoup plus court pour les simples que pour les géminées correspondantes.

Dans ce qui va suivre nous allons traiter de deux aspects concernant le rapport temporel entre les événements glottaux et supraglottaux. Nous allons commencer par un paramètre considéré comme le facteur principal qui détermine l'aspiration des occlusives, notamment l'intervalle entre le relâchement oral et l'ouverture maximale de la glotte. La figure (4.13) indique, comme pour la plupart des paramètres mesurés jusqu'ici, des différences notables entre les simples et les géminées.



*Figure 4.13. Les durées moyennes de l'intervalle entre le relâchement oral et l'ouverture maximale de la glotte pour les occlusives simples et géminées sourdes.*

L'intervalle entre le relâchement oral et l'ouverture maximale de la glotte est beaucoup plus important pour les géminées que pour les simples. Pour les dentales, cet intervalle varie entre 0 et 10 ms pour les simples et entre 55 et 120 ms pour les géminées. Pour les vélaires, cet intervalle varie entre -10 et 20 ms pour les simples et entre 55 et 70 ms pour les géminées. La valeur négative de cet intervalle indique que le relâchement oral a lieu avant que la glotte ait atteint son ouverture maximale. La valeur 0 indique que le relâchement a lieu au moment où l'ouverture de la glotte atteint son niveau maximal. Une vue plus précise du rapport temporel interarticulaire pour les sourdes simples et géminées est donnée dans la figure (4.14). Le rapport entre la durée de cet intervalle et la durée de l'occlusion est clair. Plus la durée de l'occlusion est longue, plus l'intervalle entre l'ouverture maximale de la glotte et le relâchement de l'occlusive est important.

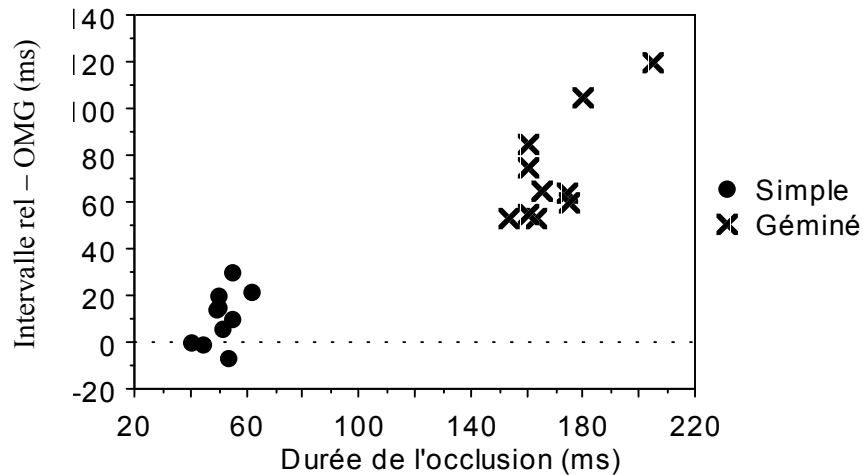


Figure 4.14. Illustration du rapport entre (*Rel-OMG*) et la durée d'occlusion pour les simples et les géminées occlusives sourdes.

Nous reproduisons ci-dessous une illustration de cette différence entre les simples et les géminées. Les deux spectrogrammes indiquent que pour la forme /itili/ le degré maximal de la glotte est atteint au moment du relâchement de /t/. Pour la géminée correspondante, par contre, le relâchement de l'occlusion a lieu bien après l'ouverture maximale de la glotte.

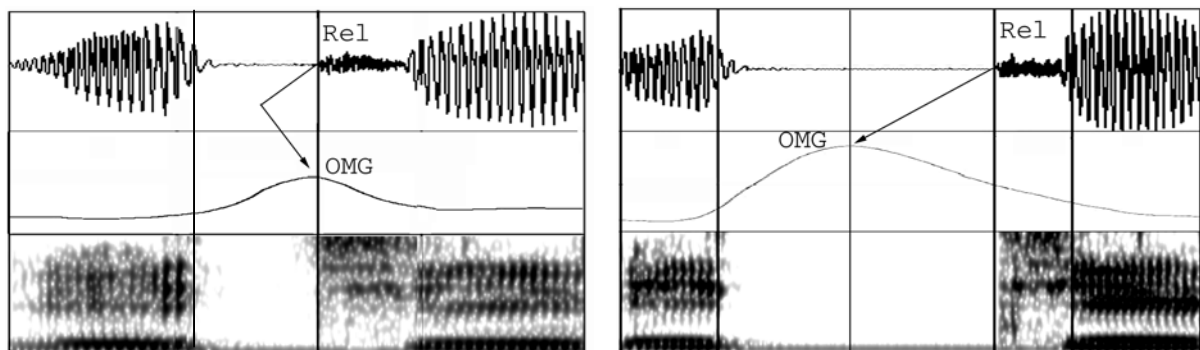
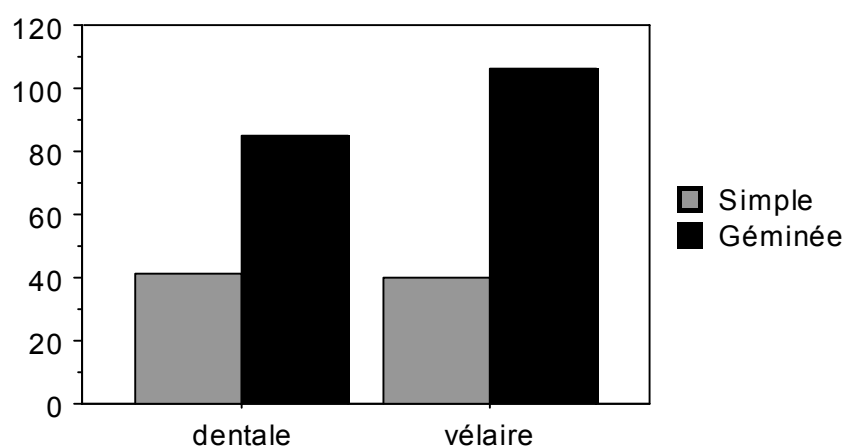


Figure 4.15. Le signal, la courbe glottographique et le spectrogramme (échelle : 0 – 5KHz) illustrant l'intervalle entre le relâchement oral et l'ouverture maximale de la glotte pour /t/ simple (à gauche) et /t:/ géminée (à droite). Les flèches indiquent l'intervalle temporel entre ces deux paramètres.

Un aspect important en relation avec cette observation concerne la corrélation entre le rapport temporel de l'ouverture glottale et l'aspiration. Un nombre important d'études sur l'aspiration insiste sur le rapport temporel entre l'ouverture maximale de la glotte et le relâchement de l'occlusion comme facteur contrôlant l'aspiration. Ce paramètre est considéré comme indice suffisant pour distinguer les aspirées, produites avec une ouverture glottale qui atteint son amplitude maximale au moment du relâchement oral, des non aspirées qui sont produites avec un rapport temporel différent. La glotte, pendant la tenue de ces occlusives, atteint son degré maximal bien avant le relâchement (Löfqvist 1980, 1992). Si on considère uniquement ce

paramètre, on en déduira d'une manière erronée que les simples sont aspirées et les géminées non aspirées. Nos résultats acoustiques ont en effet montré que les simples et les géminées, bien qu'elles soient produites avec des rapports temporels très différents, ont quasiment les mêmes durées d'aspiration. Il est évident donc, au moins pour le berbère, que le rapport temporel seul ne peut rendre compte de l'aspiration. La question est donc de déterminer le facteur principal qui rend compte de ce paramètre. Nous allons laisser cette question en suspens pour le moment. Nous allons y revenir lors de la discussion générale de nos résultats en réservant une partie à l'analyse de l'aspiration et aux facteurs glottiques et supraglottiques qui la déterminent.

L'intervalle entre l'onset de l'occlusion orale et le degré maximal de l'ouverture glottale a aussi été mesuré dans cette étude. Ce paramètre, comme le montre la figure (4.16), permet également de distinguer les simples des géminées.



*Figure 4.16. Les durées moyennes de l'intervalle entre l'onset de l'occlusion orale et l'ouverture maximale de la glotte pour les occlusives simples et géminées sourdes.*

L'intervalle entre le degré maximal de l'ouverture glottale et l'implosion de l'occlusive est beaucoup plus long pour les géminées que pour les simples. Nos résultats indiquent que cet intervalle est en moyenne de 41 ms pour la dentale simple (DS = 4) et 40 ms pour la vélaire simple (DS = 14). Il est de 85 ms pour la géminée dentale (DS = 15) et 106 ms (DS = 7) pour la géminée vélaire. A l'image du paramètre que nous venons de mesurer ci-dessus, l'influence de la durée de l'occlusion sur la durée de l'intervalle entre l'ouverture maximale de la glotte :

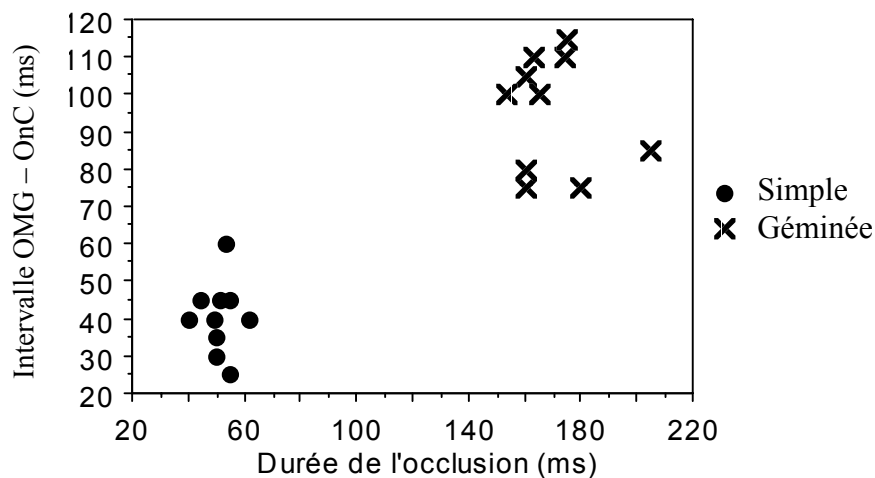
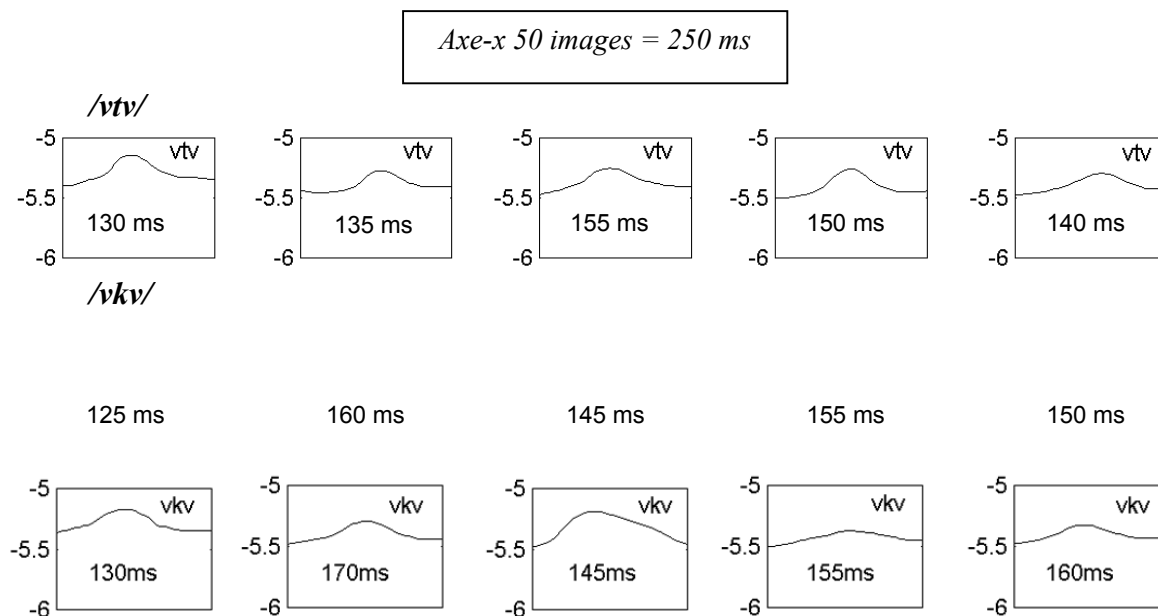


Figure 4.17. Illustration du rapport (OMG-OnC) et la durée d'occlusion pour les simples et les gémignées occlusives sourdes.

Pour finir cette série de mesures nous allons traiter du seul paramètre non temporel analysé dans cette étude. L'ouverture maximale de la glotte (OMG) a été mesurée pour les simples dentales et vélaires et leurs contreparties gémignées. OMG est obtenu en procédant algorithmiquement à la soustraction suivante : la valeur indiquant le degré de l'ouverture glottale de *off\_gov* – la valeur indiquant le degré de l'ouverture glottale de *off\_gfr*. Nous reproduisons ci-dessous, les courbes glottographiques de toutes les répétitions des occlusives simples et gémignées.

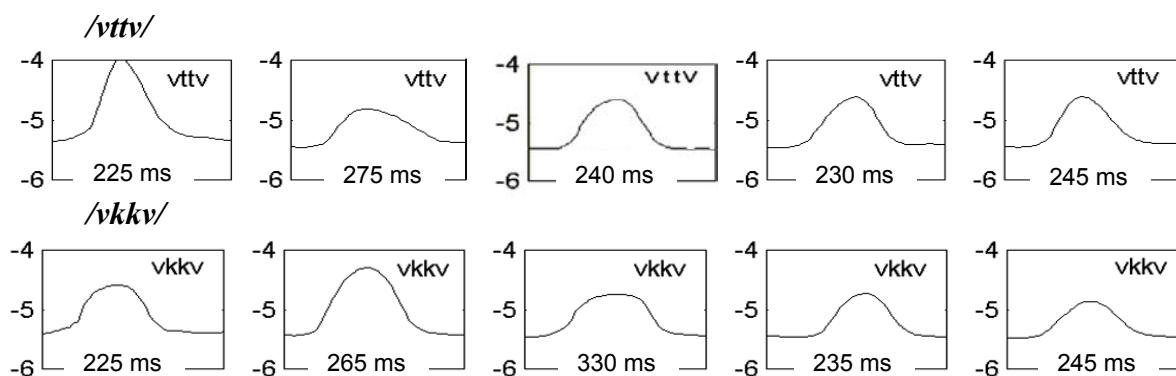


Figures 4.18. Les courbes glottographiques des cinq réalisations des formes contenant respectivement les occlusives simples /t/ et /k/. Les images indiquent la durée et le degré de l'ouverture glottale. Le degré de l'ouverture glottale est indiqué avec des valeurs allant de -6 à -5. Ces valeurs sont arbitraires.





Axe-x 80 images = 400 ms



Figures 2.19 : Les patterns glottographiques des cinq réalisations des formes contenant respectivement les occlusives géminées /tt/ et /kk/. Les images indiquent la durée et le degré de l'ouverture glottale. Le degré de l'ouverture glottale est indiqué avec des valeurs allant de -6 à -4. Ces valeurs sont arbitraires.

Les occlusives géminées sont systématiquement produites avec un degré d'ouverture glottale beaucoup plus important que les simples correspondantes. Nos résultats indiquent que cette amplitude varie entre 0.75 et 1.94 pour les simples et entre 5.71 et 13.07 pour les géminées. La figure ci-dessous illustre ces différences. Rappelons que les unités de mesures sont arbitraires.

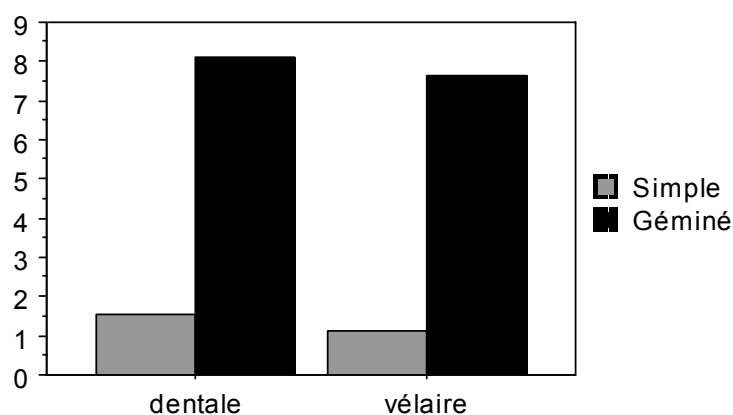


Figure 4.20. les degrés moyens de l'ouverture maximale de la glotte pour les occlusives simples et géminées sourdes. Ces unités de mesure sont arbitraires.

Le degré de l'ouverture maximale de la glotte est aussi considéré comme un paramètre important permettant de distinguer les aspirées des non aspirées, les aspirées étant produites avec un degré d'ouverture glottale plus important. Là aussi si on considérait uniquement ce paramètre, on en déduirait d'une manière erronée que les géminées, étant produites avec une amplitude d'ouverture glottale plus importante, sont aspirées et les simples non aspirées ou tout au moins moins aspirées. Comme nous l'avons indiqué plus haut les deux séries

d'occlusives sont produites avec pratiquement les mêmes durées d'aspiration. Nous allons revenir sur ce sujet plus loin.

Avant d'entamer l'analyse des fricatives, résumons nos différents résultats concernant les occlusives. Nous avons observé que tous les paramètres temporels mesurés permettent de distinguer entre les simples et les géminées, à l'exception de la durée de l'aspiration et de l'intervalle entre l'onset de l'ouverture glottale et la vitesse maximale de cette ouverture. Les résultats concernant ce dernier paramètre indiquent que la glotte s'ouvre aussi rapidement pour les simples que pour les géminées. Un autre aspect important qui permet de distinguer les simples des géminées concerne le rapport temporel entre l'ouverture maximale de la glotte et le relâchement oral. Pour les occlusives simples, la glotte atteint généralement son ouverture maximale au moment du relâchement oral. Pour les géminées par contre, l'ouverture glottale maximale est atteinte bien avant le relâchement. L'ouverture maximale de la glotte, le seul paramètre non temporel mesuré, permet aussi de distinguer clairement entre les simples et les géminées. Ces dernières sont systématiquement produites avec une amplitude d'ouverture glottale plus importante.

#### 4.7.2 Les fricatives simples et géminées.

Nous allons commencer cette série de comparaisons par la durée acoustique des fricatives. Là aussi comme pour les occlusives et conformément aux résultats présentés dans le chapitre (2), les fricatives géminées ont une durée totale beaucoup plus importante que les simples correspondantes. Nos mesures indiquent que la durée moyenne d'une labiale simple est de 113 ms (DS = 12) et de 196 ms (DS = 14) pour sa contrepartie géminée. Pour les dentales, la fricative simple dure en moyenne 129 ms (DS = 10) et la géminée 229 ms (DS = 13). La différence entre les simples et les géminées est illustrée par la figure (4.21) ci-dessous.

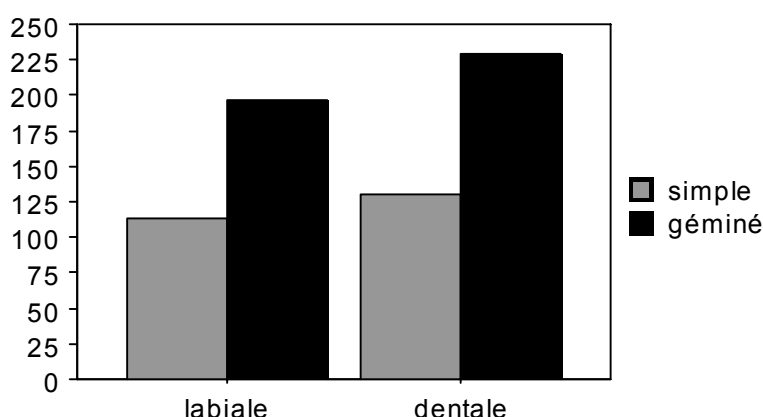


Figure 4.21. Les durées moyennes des fricatives simples et géminées sourdes.

La durée totale de l'ouverture glottale est aussi un paramètre permettant de distinguer les simples des géminées. Les simples ont une durée d'ouverture glottale de 159 ms (DS = 12) et les géminées de 257 ms (DS = 21). Ce paramètre, comme pour les occlusives, est entièrement attribuable à la durée acoustique de la fricative. Cette corrélation est reflétée par la figure (4.22) ci-dessous. Cette figure rappelle aussi la tendance observée pour les occlusives, la durée de l'ouverture glottale est plus importante que la durée acoustique.

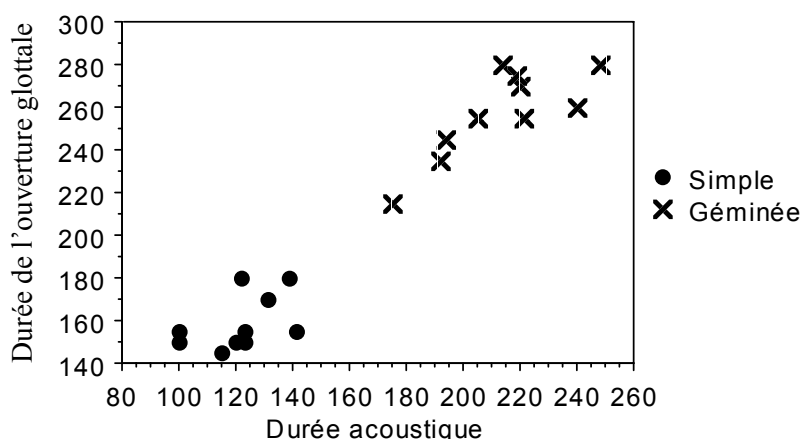
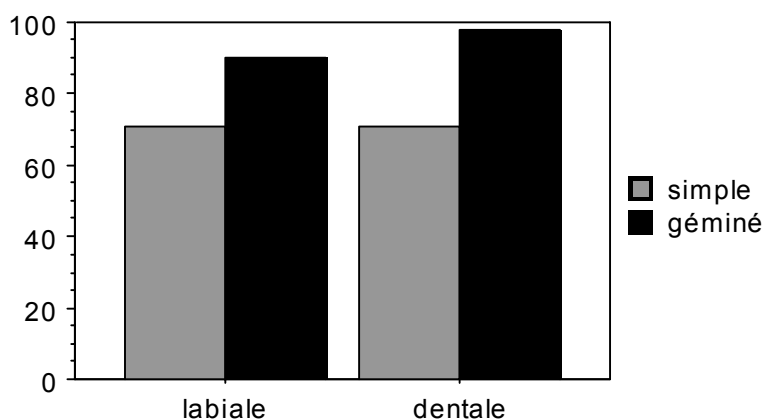


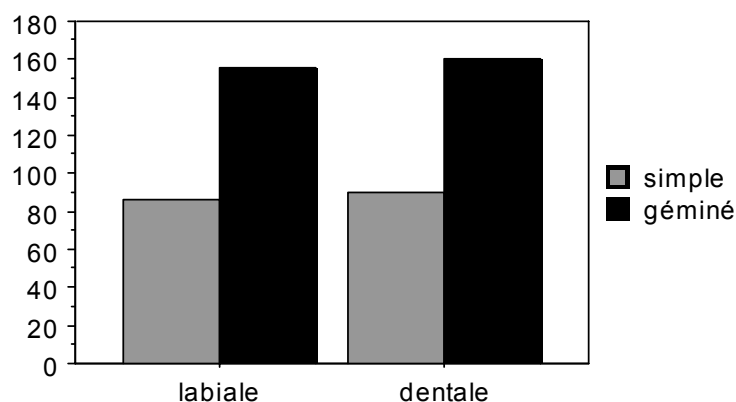
Figure 4.22. Illustration du rapport entre la durée acoustique et la durée de l'ouverture glottale pour les fricatives simples et géminées sourdes.

La figure (4.23) illustre les différences entre les simples et les géminées en terme de durée du geste d'ouverture. Pour les simples, le geste d'ouverture glottale dure 71 ms en moyenne (DS = 9) et 94 ms pour les géminées (DS = 18).



*Figure 4.23. Les durées moyennes du geste d'ouverture glottale pour les fricatives simples et géminées sourdes.*

La différence concernant le geste de fermeture glottale est encore plus importante selon la nature simple ou géminée de la fricative. En effet, si la différence moyenne concernant le geste d'ouverture est de 23 ms, la différence moyenne pendant la phase fermante est de 70 ms. Nos mesures indiquent que le geste de fermeture dure en moyenne 88 ms pour les simples (DS = 7) et 158 ms pour les géminées (DS = 16).



*Figure 4.24. Les durées moyennes du geste de fermeture glottale pour les fricatives simples et géminées sourdes.*

Ces résultats indiquent, comme pour les occlusives, que le geste d'ouverture-fermeture de la glotte n'est pas symétrique. La glotte met plus de temps à se refermer qu'à s'ouvrir. En effet 56 % de la durée totale de l'ouverture glottale est produit pendant la phase fermante pour la simple. Ce pourcentage est encore plus important pour la géminée puisque 66% de l'ouverture totale est produit pendant la phase fermante. Ce résultat s'accorde avec les résultats de

Löfqvst & McGarr (1987) qui ont observé que le geste d'adduction pour la fricative /s/ de l'anglais américain est généralement plus long que le geste d'abduction.

Nous avons aussi mesuré l'intervalle entre la vélocité maximale du geste d'ouverture de la glotte et l'onset de ce geste. L'objectif est de déterminer la rapidité de la phase d'accélération du geste d'ouverture glottale. La figure (4.25) indique, comme pour les occlusives, que la vélocité maximale est atteinte aussi rapidement pour les simples que pour les géminées. L'intervalle entre la vélocité maximale du geste d'ouverture de la glotte et l'onset de ce geste est de 37 ms pour les simples (DS = 7) et 39 ms pour les géminées (DS = 9).

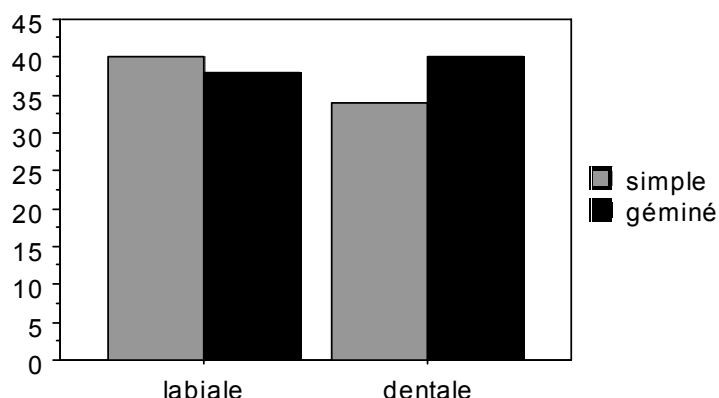


Figure 4.25. Les durées moyennes de la phase d'accélération du geste d'ouverture glottale pour les fricatives simples et géminées sourdes.

L'intervalle entre l'onset de la fermeture glottale et la vélocité maximale de cette fermeture, comme l'indique la figure (4.26), est différent selon que la fricative est simple ou géminée. Cet intervalle est de 36 ms en moyenne pour les simples (DS = 6) et de 72 ms (DS = 23) pour les géminées. Comme pour les occlusives, les géminées fricatives entament donc le geste d'adduction plus lentement que leurs contreparties simples.

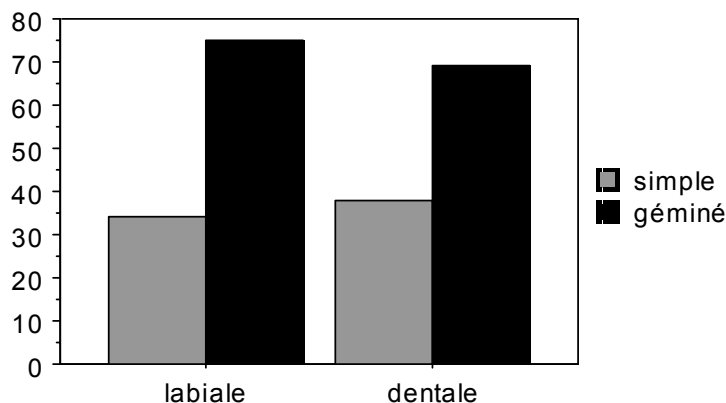
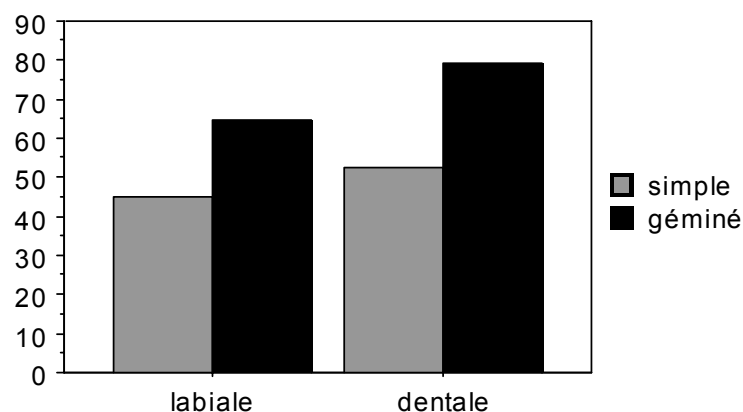


Figure 4.26. Les durées moyennes de la phase d'accélération du geste de fermeture glottale pour les fricatives simples et géminées sourdes.

Les fricatives étant dépourvues de relâchement oral, un seul paramètre concernant le rapport temporel entre le geste glottal et le geste supraglottal a été mesuré. L'intervalle entre le degré maximal de l'ouverture glottale et l'onset de la consonne est différent selon que la fricative est simple ou géminée comme l'indique la figure (4.27) ci-dessous. Cet intervalle est de 48 ms en moyenne pour les simples et de 71 ms pour les géminées.



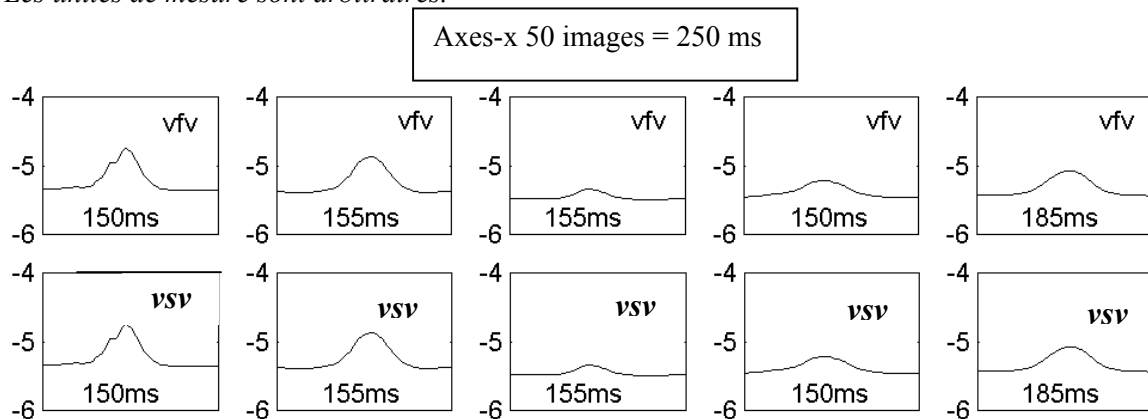
*Figure 4.27. Les durées moyennes de l'intervalle entre l'ouverture maximale de la glotte et l'onset de la consonne pour les fricatives simples et géminées sourdes.*

L'influence de la durée de la fricative sur la durée de l'intervalle entre l'ouverture maximale de la glotte et l'onset de la consonne est évidente. Plus la fricative est longue, plus l'ouverture maximale est retardée par rapport à l'implosion de la consonne. Si on prend en considération la durée totale de l'ouverture glottale, on s'aperçoit que la glotte, toute proportion gardée, met à peu près le même temps pour atteindre son ouverture maximale (30% pour les simples et 28% pour les géminées).

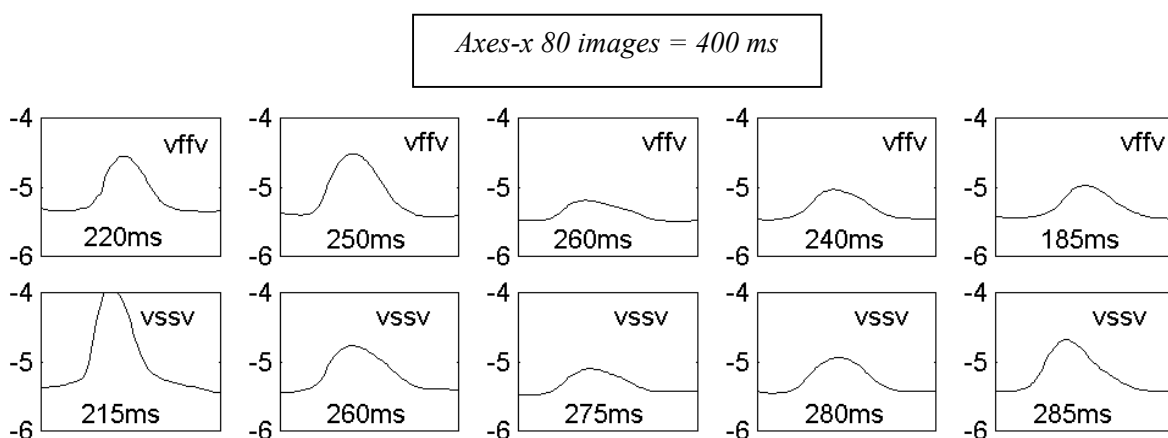
Le dernier paramètre, le degré d'ouverture maximal, n'indique pas de différences importantes entre les simples et les géminées. En effet, contrairement aux occlusives, les fricatives géminées ne présentent pas systématiquement un degré d'ouverture glottale plus large. Comme l'indique le tableau (4.4), certaines répétitions de la fricative simple sont produites avec une amplitude glottale similaire voire parfois supérieure à celle de leurs contreparties géminées. Les courbes glottographiques de toutes les répétitions de ces deux séries de fricatives sont reproduites dans les figures (4.28) et (4.29).

Labiales		Dentales	
Simple	Gémignée	Simple	Gémignée
5.90	7.89	3.55	14.21
5.11	2.95	3.62	6.20
1.40	9.03	2.56	3.29
2.13	4.10	2.92	4.93
3.55	3.41	2.22	7.40
<b>Moy.</b>	<b>3.62</b>	<b>5.47</b>	<b>7.21</b>
<b>D.S.</b>	<b>1.91</b>	<b>2.79</b>	<b>4.20</b>

Tableau 4.4. Le degré de l'ouverture glottale pour toutes les répétitions des fricatives simples et gémignées. La durée moyenne et la déviation standard sont indiquées en gras pour chaque fricative. Les unités de mesure sont arbitraires.



Figures 4.28. Les courbes glottographiques des cinq réalisations des formes contenant respectivement les fricatives simples /f/ et /s/. Les images indiquent la durée et le degré de l'ouverture glottale. Le degré de l'ouverture glottale est indiqué avec des valeurs allant de -6 à -4. Ces valeurs sont arbitraires.



Figures 4.29. Les courbes glottographiques des cinq réalisations des formes contenant respectivement les fricatives gémignées /ff/ et /ss/. Les images indiquent la durée et le degré de l'ouverture glottale. Le degré de l'ouverture glottale est indiqué avec des valeurs allant de -6 à -4. Ces valeurs sont arbitraires.

Pour résumer, tous les paramètres temporels mesurés permettent de distinguer les fricatives simples des géminées, à l'exception de l'intervalle entre l'onset de l'ouverture glottale et la vitesse maximale de cette ouverture. Nos résultats indiquent que la glotte entame son geste d'abduction aussi rapidement pour les simples que pour les géminées. Le seul paramètre non temporel mesuré, l'ouverture maximale de la glotte, indique une tendance générale pour une amplitude plus importante pour les géminées. Mais cette différence n'est pas systématique, certaines répétitions de fricatives simples étant produites avec une ouverture maximale comparable à celle de leurs contreparties géminées.



## **4.8 Synthèse et discussion**

Les résultats que nous avons obtenus à partir de l'analyse des occlusives et des fricatives sourdes indiquent des différences importantes entre les simples et les géminées.. Les consonnes simples, occlusives ou fricatives, se distinguent des géminées par leurs durées acoustiques et leurs durées d'ouverture glottale. La durée de l'ouverture glottale est toujours plus longue que la durée acoustique. Les deux phases d'ouverture et de fermeture de la glotte sont aussi différentes selon la nature simple ou géminée des consonnes. Il ressort de nos mesures que la durée du geste de fermeture est toujours plus longue que celle du geste d'ouverture indiquant donc que le cycle balistique d'ouverture-fermeture de la glotte n'est pas symétrique. Une autre constance entre les simples et les géminées concerne les vitesses d'ouverture et de fermeture de la glotte. La glotte entame son geste d'abduction aussi rapidement pour les simples que pour les géminées. Concernant la vitesse du geste de fermeture glottale, nos mesures indiquent que les simples, occlusives ou fricatives, entament leurs gestes d'adduction plus rapidement que les géminées correspondantes. La seule différence notable qui ressort de nos résultats concerne la différence de degré d'ouverture maximale de la glotte entre les simples et les géminées. Cette différence est systématique pour les occlusives, les géminées étant toujours produites avec une amplitude plus importante. Nous avons vu que cette différence entre simples et géminées n'est pas systématique pour les fricatives. Nous allons dans ce qui va suivre traiter du degré de l'ouverture glottale pour essayer de déterminer pourquoi les occlusives géminées sont systématiquement produites avec une telle amplitude.

### **4.8.1 Les occlusives géminées et la largeur de l'ouverture glottale**

Pourquoi les occlusives géminées sont systématiquement produites avec une ouverture glottale aussi large ? Deux hypothèses à notre avis peuvent rendre compte de cet aspect. Premièrement, on peut supposer que le degré de l'ouverture glottale est une fonction de la durée de l'ouverture glottale pour les occlusives. Autrement dit, plus la durée de l'ouverture glottale est longue, plus son amplitude est large. Une deuxième hypothèse est de postuler que la largeur de l'ouverture glottale est un aspect inhérent aux géminées occlusives sourdes qui sont produites avec une forte augmentation de la pression intraorale et/ou avec un contact très fort entre le palais et la langue. Une autre question, qui est liée à la première, concerne l'intérêt phonétique ou phonologique d'une telle ouverture systématique. Nous savons que d'un point de vue biologique, le contrôle de l'ouverture glottale est généralement partie

intégrante d'autres activités comme la respiration, les réflexes de protection ou la parole. Selon Löfqvist et al. (1981) la largeur de l'ouverture glottale n'est presque jamais utilisée à elle seule pour distinguer entre deux types de consonnes, qui seraient autrement identiques. D'un point de vue phonétique, l'aperture glottale en elle-même n'est pas utilisée d'une manière indépendante pour signaler des oppositions phonologiques. Pendant la parole, l'ouverture et la fermeture glottales ont toujours lieu par rapport aux événements supraglottaux, et ce sont les variations dans ce rapport temporel qui sont souvent utilisées pour des fins phonologiques (Löfqvist et al. (ibid)). On peut donc légitimement se demander quel est l'intérêt d'une ouverture glottale aussi importante pour les géminées. Pourquoi maintenir systématiquement une telle différence, sachant que, ayant lieu au moment de l'occlusion, elle n'a aucune incidence acoustique ou perceptive ?

Nous allons tester les deux hypothèses citées ci-dessus. Commençons par la première. Le degré de l'ouverture glottale est une fonction de la durée de l'ouverture glottale. La figure ci-dessous où le degré de l'ouverture glottale est aligné sur la durée de l'ouverture glottale laisse supposer qu'effectivement, plus l'ouverture de la glotte est longue, plus elle est large. Autrement dit, plus la durée entre l'initiation du geste d'abduction et la fin du geste d'adduction est longue, plus la largeur maximale atteinte sera grande.

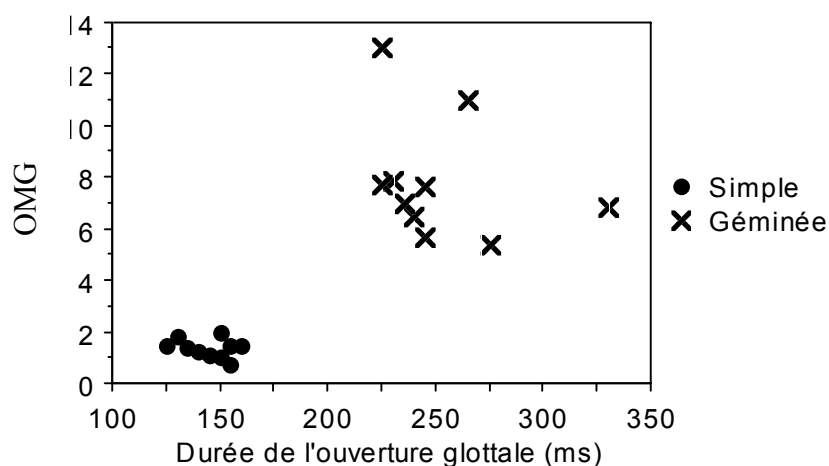


Figure 4.30. Illustration du rapport entre la durée et le degré maximal de l'ouverture glottale pour les occlusives simples et géminées sourdes.

La figure (4.30) indique qu'au dessous d'une certaine durée (160 ms pour nos données), la glotte entame un geste d'ouverture dont l'amplitude est moins importante (voir aussi figures 17 et 18). La comparaison entre ces données et les données du japonais, qui rappelons-le, est une des rares langues disposant de géminées tautomorphémiques à avoir fait l'objet d'analyses détaillées, montre des divergences importantes. Selon Sawashima & Miyazaki

(1973), dont l'objet principal était justement de traiter de la corrélation entre l'amplitude et la durée de l'ouverture glottale : « *There seems to be no correlation between the peak value and the duration.* ». Pour avoir une vue plus précise sur les données du japonais et permettre ainsi de comparer les deux langues plus facilement, nous avons adapté la figure 4 de Sawashima & Miyazaki (1973) que nous présentons ci-dessous. La figure représente les six répétitions des formes /sekeH/ et /sekkeH/ par un locuteur japonais. La durée de l'ouverture glottale est indiquée par le nombre d'images vidéo (1 image/ 20 ms).

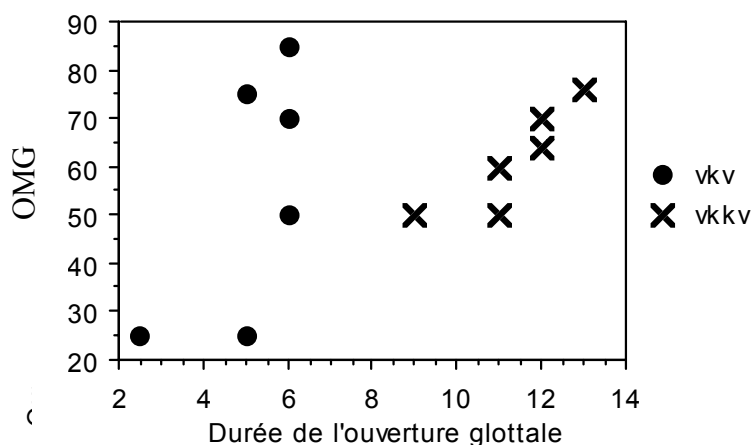


Figure 4.31. Illustration du rapport entre la durée et le degré maximal de l'ouverture glottale pour les vélaires simples et géminées sourdes du japonais (adaptée de Sawashima & Miyazaki 1973).

La figure montre clairement que contrairement au berbère, la géminée /kk/, bien qu'elle soit produite avec une ouverture glottale plus longue, présente des amplitudes similaires à celle de sa contrepartie simple /k/. Pétursson (1976), qui a analysé entre autres la géminée sourde non aspirée et l'occlusive simple aspirée de l'islandais, n'a pas à proprement parler traité de la corrélation entre la durée et l'amplitude de l'ouverture glottale. Ces mesures peuvent néanmoins nous renseigner sur cet aspect. Les géminées sont produites avec une durée d'ouverture glottale plus importante que les occlusives simples aspirées, mais les deux séries d'occlusives sont produites avec quasiment les mêmes amplitudes glottales. Ainsi, l'amplitude de l'ouverture glottale en islandais n'est pas non plus corrélée avec la durée de cette ouverture. D'autres études ont traité de la différence entre segments simples et géminés, mais contrairement au berbère et au japonais, il s'agit dans ces études de suites de deux consonnes identiques séparées par une frontière morphologique. Yoshioka et al. (1981) ont examiné les gestes d'ouverture glottale dans diverses séquences d'obstruantes sourdes dont la géminée hétéromorphémique /k#k/. Leurs résultats indiquent qu'acoustiquement, la géminée se réalise avec une occlusion orale plus longue que la simple /k/, suivie d'un degré

d'aspiration semblable à celui d'une occlusive simple aspirée. Concernant le geste glottal, la gémignée est produite avec une durée d'ouverture glottale plus importante mais avec une amplitude semblable à celle de sa correspondante simple<sup>3</sup>. Benguerel et al. (1978) ont analysé les gémignées hétéromorphémiques du français, du type /t#t/. L'opposition simple vs. gémignée indique des différences assez nettes en termes de durée et de degré d'ouverture glottale. Les gémignées se réalisent avec une durée et une amplitude d'ouverture glottale plus importantes que les simples. Pour Benguerel et al., l'ouverture maximale de la glotte pendant l'occlusion orale des occlusives sourdes non gémignées est une fonction de la durée de l'ouverture glottale (et de la durée de l'occlusion orale qui est concomitante). Pour les gémignées par contre, l'ouverture maximale atteinte ne semble pas être une fonction de la durée de l'ouverture glottale. Selon eux (ibid : 181): « Up to an upper bound, the peak width reached during the abduction gesture appears to be a function of duration [...] Once the upper bound is reached, no further abduction is possible and separation of the folds is maintained until the adduction is initiated. » Ils ajoutent : « The duration of geminated consonants [...] is such that in almost all instances, glottal width reaches its upper bound ; thus, in this case, the maximum width reached during the glottal gesture is not a function of time. » Benguerel et al. n'ont pas fourni d'indice pouvant définir ou délimiter cet « upper bound ». Ils n'ont pas non plus expliqué les raisons d'une telle amplitude pour les gémignées. Pour notre part, nous allons partir de l'hypothèse suivante : si le degré de l'ouverture glottale est une fonction de la durée de cette ouverture, alors toute séquence d'occlusives sourdes adjacentes produites avec la même durée d'ouverture glottale que la gémignée présentera approximativement la même amplitude. Pour tester cette hypothèse nous avons comparé les ajustements glottaux pendant la production de la simple /k/, la gémignée /kk/ et la séquence /kt/ du mot /i-kti/ « il s'est rappelé ». Cette dernière forme a été répétée cinq fois en isolation et enregistrée lors de la même session que les autres données traitées dans cette partie. La séquence /kt/ est produite avec une durée d'ouverture glottale (232 ms, DS = 15) semblable à celle de la gémignée /kk/ (260 ms, DS = 41) et donc plus longue que la simple /k/. L'amplitude de l'ouverture glottale par contre est différente entre /kt/ et /kk/ comme le montre le tableau (4.5).

---

<sup>3</sup> Löffqvist & MacGarr (1987) ont aussi observé, pour les occlusives et les fricatives simples de l'anglais américain, une très faible corrélation entre l'amplitude et la durée de l'ouverture glottale.

	Diff. moy.	Diff. crit.	Valeur p	
Géminé, Simple	,615	,193	<,0001	S
Géminé, séquence	,452	,193	,0003	S
Simple, séquence	-,163	,193	,0894	

Tableau 4.5. Résultats de l'analyse Post-hoc faite sur les degrés d'ouverture glottale pour la simple /k/, la géminée /kk/ et la séquence /kt/.

Ce résultat indique que l'amplitude de l'ouverture glottale n'est pas forcément corrélée avec la durée de l'ouverture glottale. Cet aspect est illustré par la figure (4.32).

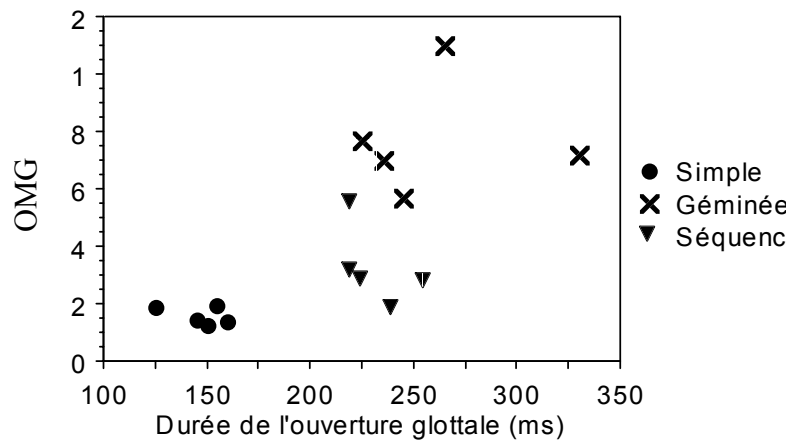


Figure 4.32. Illustration du rapport entre la durée et le degré maximal de l'ouverture glottale pour la simple /k/, la géminée /kk/ et la séquence /kt/.

On peut supposer que /kt/ et /kk/ ont des amplitudes différentes à cause de la structure acoustique différente des deux formes. La géminée /kk/ est produite avec une seule occlusion longue suivie d'un relâchement. La séquence /kt/ est produite avec une occlusion + relâchement pour la vélaire suivie d'une occlusion et d'un autre relâchement pour la dentale /t/. Il serait dès lors intéressant de comparer la géminée /kk/ avec une géminée hétéromorphémique, qui sont, comme l'avons montré dans l'étude acoustique, produites avec une même durée d'occlusion. Nous avons effectué ces comparaisons. Nos résultats indiquent là aussi que la géminée /kk/ est produite avec des amplitudes d'ouverture glottale systématiquement supérieures. Il ressort de ces différentes comparaisons que l'amplitude de l'ouverture glottale n'est due ni à la durée de l'ouverture glottale ni à la durée de l'occlusion orale. A quoi donc peut-on l'attribuer ? Il semble que d'autres mécanismes d'ordre

aérodynamique déterminent la largeur de cette ouverture. Nous avons signalé tout à l'heure que la largeur de la glotte produite lors de la tenue des géminées n'a aucune incidence sur le signal acoustique et n'est pas perceptible. Il est donc totalement plausible de postuler que cette ouverture très large est une conséquence passive de l'augmentation de la pression intraorale nécessaire pour la production des géminées. Louali et Puech (1994) ont procédé à des mesures de la pression intraorale lors de la tenue des géminées occlusives sourdes et ont montré que ces dernières nécessitent effectivement une augmentation de la pression orale. Löfqvist et al. (1981) ont aussi démontré que l'augmentation de la pression intraorale est intimement liée à la largeur de l'ouverture glottale : « *Glottal opening [...] seemed to be controlled indirectly by varying expiratory effort, as evidenced by the close relationship between glottal opening and oral pressure.* » (ibid : 273). Nous avons vu, concernant les fricatives, que les simples et les géminées ne présentent pas de différence systématique d'amplitude d'ouverture glottale. On peut attribuer cette absence de différence au fait que toute fricative, simple ou géminée, est produite avec une forte augmentation de la pression intraorale.

Une autre hypothèse peut rendre compte de la largeur glottale pour les géminées. On peut en effet faire un rapprochement entre l'effort expiratoire, qui selon Löfqvist et al. (1981) contrôle indirectement l'ouverture glottale, et la force de contact entre la langue et le palais pendant la tenue des géminées. Notre intuition est que pendant l'onset de l'occlusion orale pour la vélaire /kk/ par exemple, le contact entre le dos de la langue et le palais est plus fort et plus intense que pendant la tenue de la simple correspondante. Nous avons montré en comparant la qualité de l'occlusion des simples et des géminées lors de l'étude acoustique que les simples sont parfois produites avec une occlusion incomplète, caractéristique d'une articulation relâchée. Cette différence est très probablement liée à une différence de force de contact entre la langue et le palais. Si on suppose, à l'instar de Munhall et al. (1994), que c'est l'onset de l'occlusion orale qui initie et contrôle le mouvement glottal, on peut supposer que la force de contact entre la langue et le palais a pour conséquence d'élargir l'ouverture glottale. On peut par substitution analogique comparer ce mouvement articulaire au jet d'un ballon. Pour le jeter le plus haut possible, il faudra produire plus de force au début et c'est cette force qu'initie et détermine la trajectoire du ballon. Cette hypothèse expliquerait aussi pourquoi les fricatives géminées ne présentent pas systématiquement de différence de degré d'ouverture glottale avec les simples correspondantes : pendant la production des fricatives, la langue n'est pas en

contact ferme avec le palais. Cette hypothèse demande à être examinée de plus près en procédant notamment à des analyses électropalatographiques.

#### 4.8.2 L'aspiration, l'amplitude de l'ouverture glottale et le rapport temporel entre les gestes glottaux et supraglottaux

Nous avons jusqu'ici traité des occlusives sourdes en berbère en les considérant comme des aspirées sans avoir au préalable spécifié ce que nous entendons par l'aspiration. Nous avons aussi employé les termes VOT et aspiration d'une manière indifférente, les deux étant employés comme des synonymes de « bruit de relâchement »<sup>4</sup>. Le VOT positif est considéré comme l'intervalle temporel entre le début du relâchement et l'onset du voisement de la voyelle qui suit. L'aspiration est définie temporellement comme l'intervalle entre le début du relâchement et l'onset du F2 de la voyelle qui suit. Selon les observations de Jessen (1998), une différence négligeable existe entre les mesures du VOT et les mesures qui se concentrent sur l'onset du F2 de la voyelle suivante ; le VOT étant d'une à deux périodes de voisement plus court<sup>5</sup>. Pour notre part, nous avons mesuré l'intervalle entre le relâchement et l'onset du F2 de la voyelle qui suit (voir section 2.3). Ce critère de mesure n'a aucune incidence sachant qu'on l'a appliqué aussi bien pour les simples que pour les géminées.

Acoustiquement, trois phases sont détectées sur le signal acoustique entre l'onset du relâchement et l'onset de la voyelle qui suit : la barre d'explosion, sous forme de barre verticale sur le spectrogramme, d'une durée très brève ; le bruit de friction et l'aspiration proprement dite (Fant, 1973, Stevens, 1998). L'aspect principal qui caractérise la phase d'aspiration d'un point de vue acoustique, illustré par les spectrogrammes de Fant (1973), est que les structures formantiques (F2, F3 et F4) sont visibles pendant le relâchement juste avant le début de la voyelle qui suit. Cette même structure formantique est visible sur les spectrogrammes des occlusives sourdes en berbère, comme l'illustre la figure (4.33). Ce spectrogramme ressemble aussi au spectrogramme présenté par Lisker & Abramson (1964 : 390) pour la dentale /t/ aspirée du thai.

---

<sup>4</sup> Selon la revue de littérature présentée dans Jessen (1998), différents termes sont utilisés pour désigner cet intervalle entre le relâchement et le début de la voyelle qui suit. Fischer-Jørgensen (1976) ainsi que Hutters (1985) emploient le terme « open interval », Shinn (1985) emploie le terme « noise duration ». Jessen (1998), quant à lui, parle aussi bien de VOT positif que d'aspiration pour désigner le même paramètre.

<sup>5</sup> Fischer-Jørgensen & Hutters (1981 : 83), cité par Jessen (1998), ont observé une différence maximale de 46 ms entre le début du voisement et le début du F2 de la voyelle qui suit.



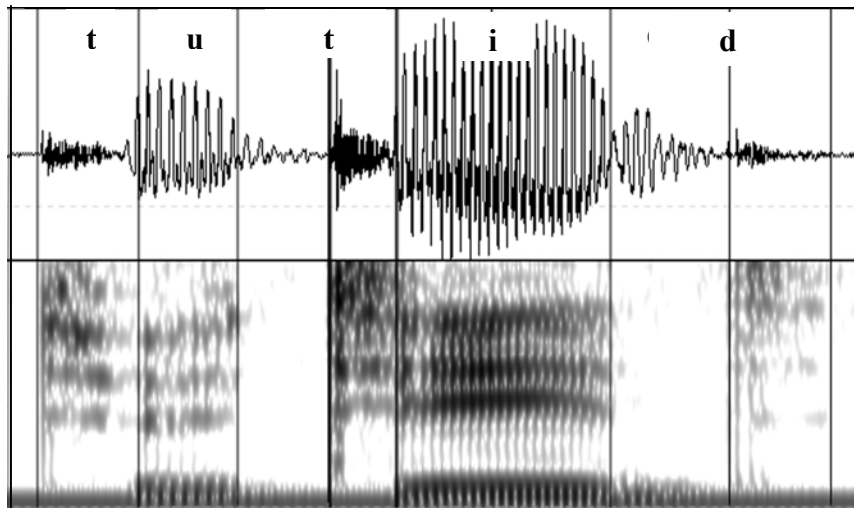


Figure 4.33. Le spectrogramme (échelle : 0-5KHz) de la forme /tutid/ « elle dépasse » illustrant les caractéristiques acoustiques d'une occlusive aspirée.

L'aspiration est traditionnellement définie comme un souffle sourd ou « une bouffée d'air » qu'on entend après la rupture de l'occlusion. Heffner (1950 : 120, cité par Kim 1970), par exemple, 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 (Dieth 1950, Jones 1956, Malmberg 1962). Dixit (1979) définit l'aspiration comme une « friction glottale » suivant le relâchement. Selon 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.* » (1964 : 387). Abercombie (1967 : 148) partage la même analyse.

Dans ce qui va suivre nous n'allons pas discuter de la validité de telle ou telle définition. Suivant Hutter (1985 : 15) pour qui : « *... the definition of aspiration is – to a certain degree – a matter of purpose or of point of view, it may not be very relevant to discuss which of the definitions is right or wrong.* », nous allons traiter des explications physiologiques de l'aspiration et considérer laquelle rend le mieux compte des données observées en berbère. On considère généralement l'aspiration comme une fonction de l'ouverture glottale et /ou de sa relation temporelle avec le relâchement oral. Les interprétations divergent quant à l'importance de l'un ou de l'autre critère. Kim (1970) dans son article « *A theory of aspiration* » propose une explication de l'aspiration en terme de degré d'ouverture glottale au moment du relâchement. A la suite d'un examen cinéradiographique des trois types

d'occlusives coréennes (non aspiré, légèrement aspiré, fortement aspiré), il remet en cause les définitions traditionnelles et plus particulièrement la « friction glottale » de Dixit et définit l'aspiration comme une fonction de l'amplitude de l'ouverture glottale au moment du relâchement de l'occlusive : « ... *it seems to be safe to assume that aspiration in nothing but a function of the glottal opening at the time of release.* » (ibid : 111). Selon Kim, une occlusive aspirée ayant un degré  $n$  d'aspiration doit posséder un degré  $n$  d'ouverture glottale au moment de la rupture de l'occlusion. Aucune occlusive ne sera donc aspirée si elle a une petite ouverture glottale au moment de l'explosion et une occlusive ne pourra pas être sans aspiration si elle a une grande ouverture glottale au moment de l'explosion. Pétursson (1976) arrive à la même conclusion. A partir d'une étude photoglottographique des consonnes et de groupes de consonnes (dont des géminées non aspirées) en islandais, Pétursson décrit l'aspiration comme une fonction de l'ouverture glottale au moment de la rupture de l'occlusion. Cette langue, sur laquelle nous disposons de données aussi bien phonétiques que phonologiques, dispose de consonnes géminées et de consonnes pré-aspirées. Ce dernier type de consonnes se caractérise par une période de dévoisement à la fin de la voyelle, de la nasale ou de la liquide qui précède immédiatement l'occlusion orale. Le geste d'ouverture glottale pour l'occlusive sourde pré-aspirée est plus large que pour la géminée non aspirée, mais ne dure pas plus longtemps. Aussi, pour les occlusives pré-aspirées, l'occlusion orale a lieu au moment où l'ouverture glottale s'approche de son niveau maximal, à peu près au milieu de la période de dévoisement. Pour les géminées sourdes non aspirées, l'occlusion orale a lieu au moment où le geste d'ouverture glottale commence. L'ouverture glottale maximale est presque identique pour les occlusives aspirées et les géminées non aspirées, ce qui montre qu'une ouverture glottale très importante n'est pas la seule caractéristique qui définit les aspirées. Ladefoged et Maddieson (1996) se sont basés sur les données de la même langue fournies par Ni Chasaide, et arrivent aussi à la même conclusion à savoir que le degré de l'ouverture glottale à lui seul ne peut distinguer les aspirées des non aspirées. Nous reproduisons, ci-après, une figure illustrant l'aperture glottale des différents types d'occlusives labiales sourdes, tirée de Ladefoged & Maddieson (1996 : 71) :

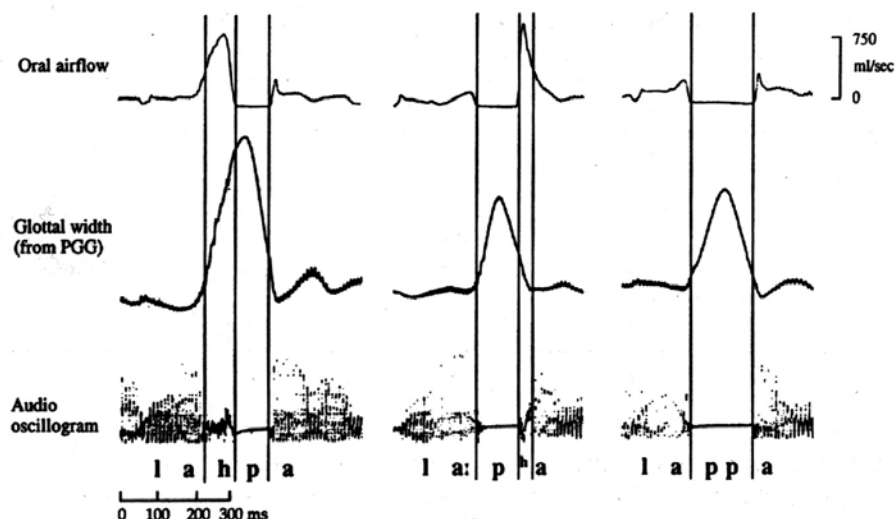


Figure 4.34. Illustration du débit d'air aoral et de l'ouverture glottale pendant la tenue des occlusives bilabiales sourdes pré-aspirée /hp/, aspirée /ph/ et géminée non aspirée /pp/. Les pré-aspirées et les non aspirées sont phonologiquement des géminées. (Tirée de Ladefoged & Maddieson 1996 : 71)

Au vu d'une telle ouverture glottale pour les géminées non aspirées, Ladefoged et Maddieson (ibid : 72) concluent que « [...] *the glottal aperture is no greater for the aspirated than for the unaspirated stop, again suggesting that greater glottal opening is not the defining characteristic of aspiration.* »

Hutters (1985), à partir d'une analyse des occlusives danoises, considère le degré de l'ouverture glottale comme un paramètre plus important que le rapport temporel des articulations glottales et supraglottales : « *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.* » (ibid : 15). Plusieurs autres études insistent aussi sur le fait que le facteur principal qui rend compte de l'aspiration est l'amplitude de l'ouverture glottale (Sawashima & Miyazaki 1973, Kagaya 1974, Jessen 1998). Löfqvist dans plusieurs études considère l'aspiration comme une fonction du timing interarticulatoire entre l'onset de l'occlusion et l'ouverture maximale de la glotte (1980, 1992). Selon Löfqvist (1980 : 485), à partir de l'analyse des occlusives aspirées et non aspirées du suédois, le rapport temporel du geste glottal par rapport aux événements supraglottaux est le facteur décisif contrôlant l'aspiration, même s'il n'exclut pas l'implication d'autres paramètres comme le degré de l'ouverture glottale: « *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.* » (ibid : 485).

Rappelons nos résultats à partir de l'analyse des occlusives simples et géminées berbères. Au niveau du geste glottal, les géminées et les simples sont produites avec deux gestes glottaux différents, l'amplitude de l'ouverture glottal pendant la tenue des géminées étant plus large. Malgré cette différence d'amplitude les deux séries sont aussi aspirées l'une que l'autre. Il est donc clair que l'amplitude de l'ouverture glottale à elle seule ne peut rendre compte de l'aspiration. Le rapport temporel entre l'articulation glottale et les événements supraglottaux divergent aussi considérablement selon que le segment est simple ou géminé. Pendant la tenue des simples, l'ouverture maximale de la glotte est atteinte pratiquement au moment de la rupture de l'occlusion. Pour les géminées par contre l'ouverture maximale de la glotte est atteinte bien avant le relâchement. Le rapport temporel interarticulatoire entre l'onset de l'occlusion et l'ouverture maximale de la glotte est aussi très différent selon la nature simple ou géminée de l'occlusive. Pourtant les deux séries de consonnes présentent quasiment les mêmes durées d'aspiration. A l'évidence, ni l'amplitude d'ouverture glottale seule ni le rapport temporel seul ne peut rendre compte de l'aspiration en berbère. Autrement dit, ni l'explication fournie par Hutterer ni celle de Löfqvist ne peut expliquer l'aspiration des occlusives sourdes en berbère. Qu'en est-il de l'explication fournie par Kim (1970) ? Rappelons que selon son analyse, une occlusive aspirée ayant un degré  $n$  d'aspiration doit posséder un degré  $n$  d'ouverture glottale au moment de la rupture de l'occlusion. Autrement dit les simples et les géminées, ayant quasiment une même durée d'aspiration, doivent donc avoir le même degré d'ouverture glottal au moment du relâchement. Nous avons testé cette affirmation en mesurant le degré de l'ouverture glottale au moment du relâchement pour les simples et les géminées. Nos résultats, illustrés par la figure (4.35), présentent globalement deux cas de figure.

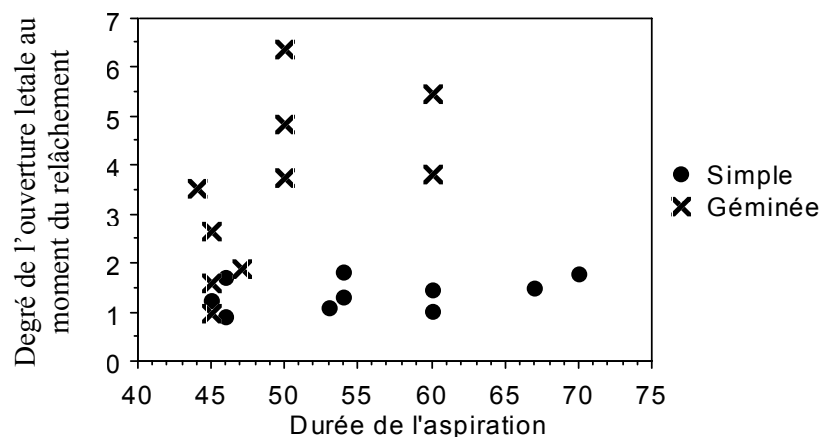


Figure 4.35. Illustration du rapport entre le degré de l'ouverture glottale au moment du relâchement et la durée d'aspiration pour les occlusives simples et géminées sourdes.

Au moment du relâchement, les géminées ont soit une ouverture quasi identique à celle des simples soit une amplitude plus importante. L'analyse de Kim semble s'accorder parfaitement avec le premier cas. Nous présentons ci-dessous une illustration schématique de cet aspect. Cette figure correspond à une répétition de la dentale simple /t/ et de sa contrepartie géminée /tt/ produites avec un même degré d'ouverture glottale au moment du relâchement et une durée d'aspiration quasi identique.

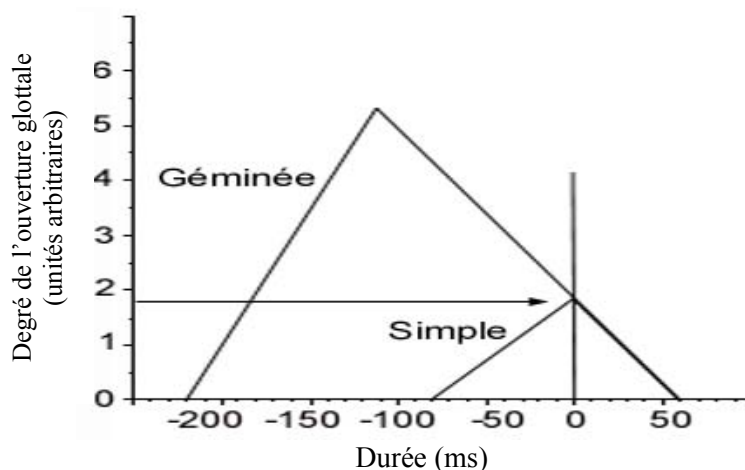


Figure 4.36. Illustration schématique de la durée et de l'amplitude de l'ouverture glottale pendant la tenue de /t/ et /tt/ dans les formes /itili/ et /ittili/ respectivement. La barre verticale indique l'onset du relâchement oral. La flèche indique le degré d'ouverture glottale au moment du relâchement.

Le deuxième cas de figure, où les géminées présentent une amplitude d'ouverture glottale plus importante au moment du relâchement, ne remet pas totalement en cause l'explication de Kim mais permet à notre avis de la renforcer en incluant un autre paramètre qu'il n'avait pas

pris en considération, à savoir la vitesse de la fermeture glottale. Les géminées, comme nous l'avons montré, entament leurs gestes de fermeture glottale plus lentement que les simples et présentent donc dans certains cas des amplitudes plus importantes au moment de la rupture de l'occlusion. A partir du relâchement la glotte se referme plus rapidement. La figure (4.37), qui schématise cet aspect, correspond à une répétition de la vélaire simple /k/ et de sa contrepartie géminée /kk/.

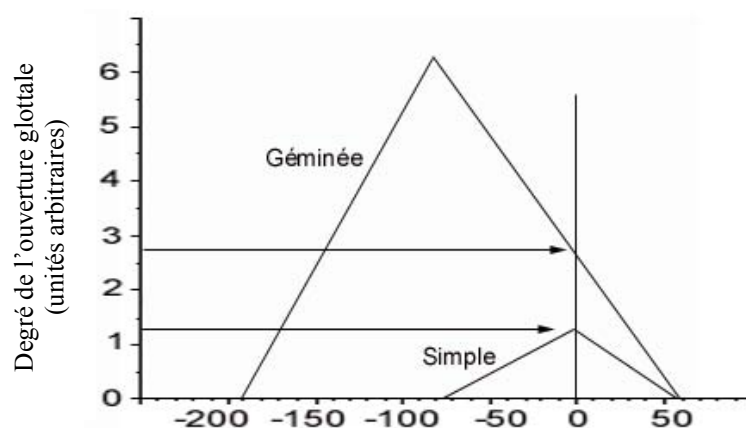


Figure 4.37. La durée et l'amplitude de l'ouverture glottale pendant la tenue de /k/ et /kk/ dans les formes /ikkiyyi/ et /ikiyi/ respectivement. La barre verticale indique l'onset du relâchement oral. La flèche indique le degré d'ouverture glottale au moment du relâchement.

L'aspiration constitue donc la période qu'il faut à la glotte pour arriver à la fermeture complète. Mais cette période est définie aussi bien par rapport au degré de l'ouverture glottale au moment de la rupture de l'occlusion que par rapport à la vitesse de la fermeture glottale. L'ouverture glottale ne définit pas l'aspiration si l'on ne fait pas intervenir un facteur temporel (incluant la vitesse). De même, le facteur temporel ne peut définir l'aspiration si l'on ne fait pas intervenir le facteur glottal.

#### 4.9 Les positions initiale et finale absolues.

Nous avons montré dans la partie fibroscopique qu'en position initiale absolue, un seul geste glottal est visible : celui de l'adduction. En position finale, seul le geste d'abduction est visible. En l'absence du geste d'ouverture glottale pour la position initiale et de fermeture glottale pour la position finale, nous ne pouvons donc procéder aux mêmes mesures que celles effectuées pour la position intervocalique. Le seul paramètre acoustique qui peut être mesuré est la durée d'aspiration pour la position initiale et la durée du relâchement pour la position finale. Concernant le rapport temporel interarticulatoire, seul le degré de l'ouverture glottale au moment du relâchement peut être mesuré. Les autres aspects dont nous allons discuter plus bas émanent de l'observation directe du signal glottal.

Les résultats concernant la durée de l'aspiration en position initiale sont indiqués dans la figure (4.38) ci-dessous :

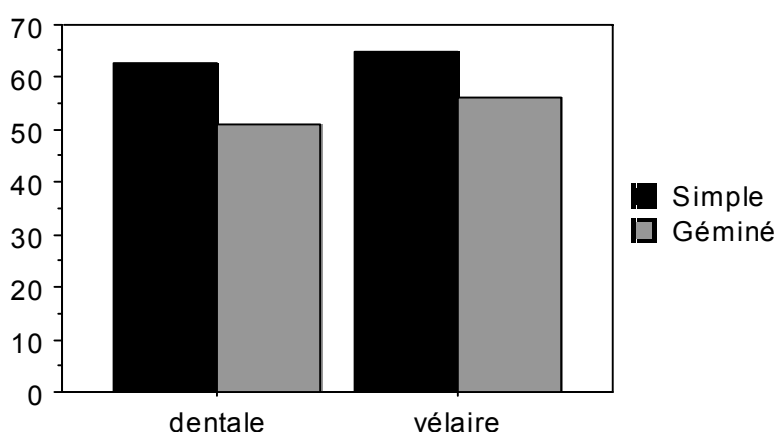


Figure 4.38. Les durées moyennes de l'aspiration pour les dentales et vélaires simples et géminées en position initiale

Les occlusives simples sont produites avec une durée d'aspiration légèrement supérieure à celle des géminées correspondantes. Nos résultats indiquent en effet que la durée de l'aspiration varie entre 45 et 65 ms pour les géminées et entre 54 et 70 ms pour les simples.

Concernant l'amplitude de l'ouverture glottale au moment du relâchement, nos mesures n'indiquent aucune différence importante entre les occlusives simples et les géminées. Ce degré est en moyenne de 2.993 pour la dentale simple ( $DS = 0.859$ ) et de 3.198 pour sa correspondante géminée ( $DS = 1.203$ ). Concernant les vélaires, ce degré est de 3.373 pour la simple ( $DS = 1.390$ ) et de 3.987 pour sa contrepartie géminée ( $DS = 0.686$ ). Ces résultats sont illustrés par la figure (4.39) :

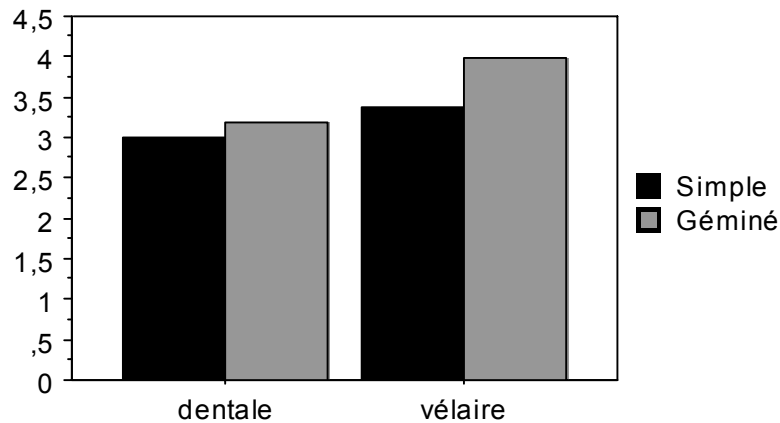


Figure (4.39). Les degrés moyens de l'ouverture maximale de la glotte pour les occlusives dentales et vélaires simples et géminées. Ces unités de mesure sont arbitraires.

Un ensemble de remarques est à faire à propos de ces résultats. La comparaison entre l'amplitude de l'ouverture glottale en position initiale et en position intervocalique révèle une différence importante entre les segments simples. Les occlusives simples en position initiale ont un degré d'ouverture glottale au moment du relâchement systématiquement plus important qu'en position intervocalique (3.162 et 1.424 respectivement). Cette amplitude par contre est quasi identique pour les géminées initiales ou intervocaliques (3.592 et 3.491 respectivement) :

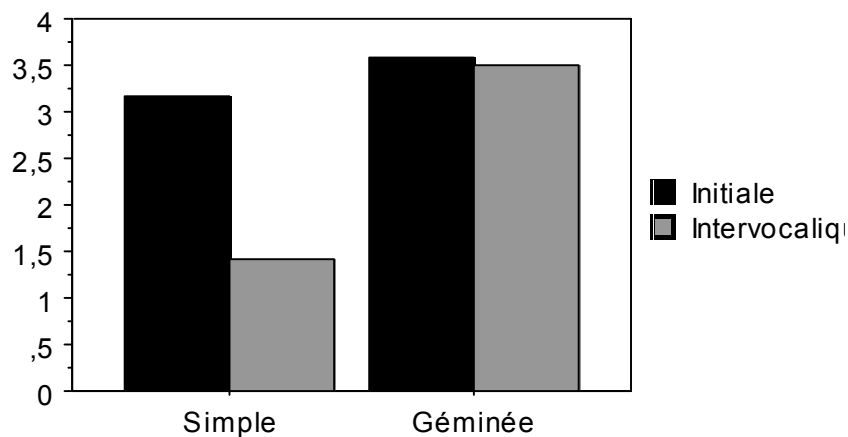


Figure 4.40. Les degrés moyens de l'ouverture maximale de la glotte pour les occlusives simples et géminées sourdes en position initiale et intervocalique..

Les segments en position initiale présentent une amplitude telle que la différence qui caractérise normalement les simples et les géminées est neutralisée dans cette position. La raison en est qu'en position initiale absolue, contrairement à la position intervocalique, la



glotte, avant le début de l'occlusion, était très largement ouverte (phase respiratoire), contrairement à la position intervocalique où la glotte est fermée pendant la tenue de la voyelle précédente. Sachant que la glotte met un certain temps pour atteindre une occlusion complète, il est donc normal que les amplitudes varient selon les contextes.

La seule véritable différence entre les simples et les géminées en position initiale absolue concerne la nature du mouvement glottal. Nous avons observé que pour les simples, la glotte, depuis la phase respiratoire, entame un geste d'adduction qui continue jusqu'à la tenue de la voyelle suivante. Pour les géminées par contre, un geste d'abduction voire deux sont systématiquement produits entre la phase respiratoire et la fermeture complète de la glotte nécessaire pour la production de la voyelle qui suit. Nous illustrons ces deux aspects ci-dessous<sup>6</sup> :

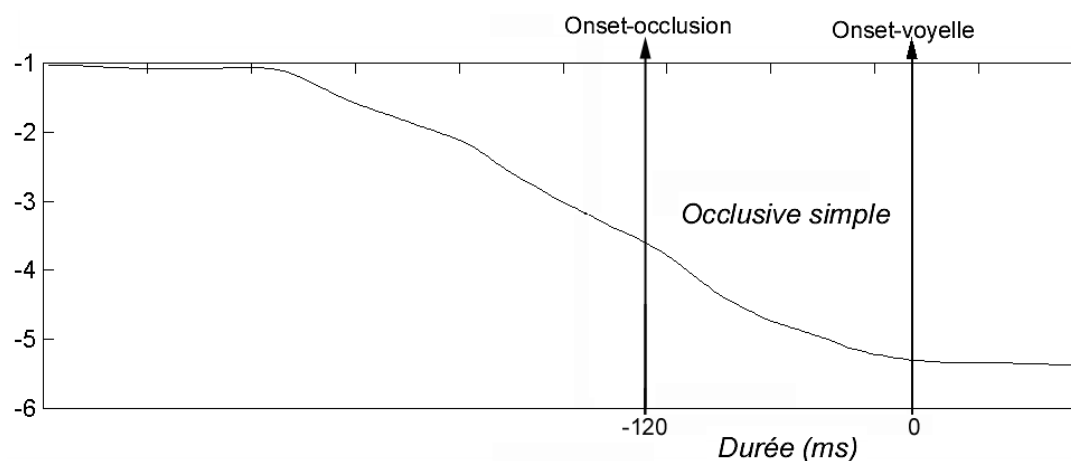


Figure 4.41. La courbe glottographique d'une répétition de la vélaire simple /k/ en position initiale absolue

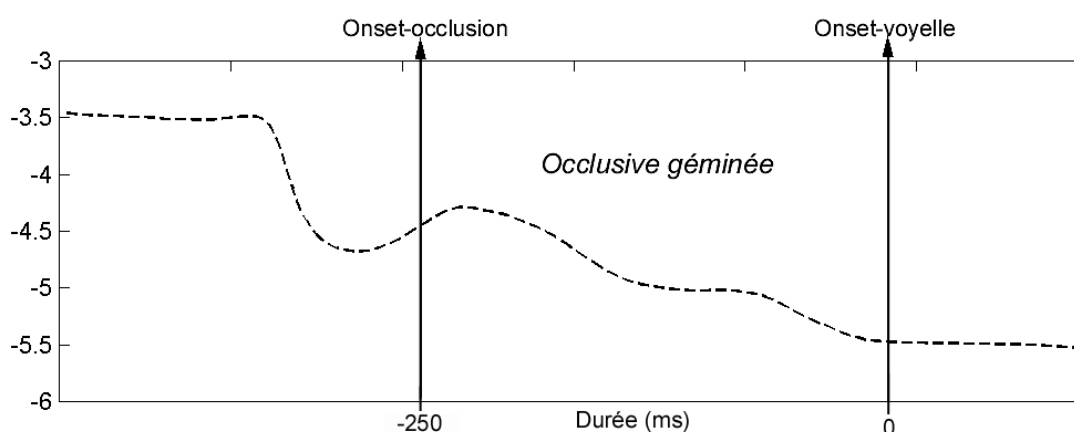


Figure 4.42. La courbe glottographique d'une répétition de la vélaire géminée /kk/ en position initiale absolue

Selon Löfqvist et Yoshioka (1980 : 800) : « *There is little, if any evidence that the glottis ever opens and maintains a static position in speech. Thus, for single voiceless obstruents, the glottis executes a continuously changing, “ballistic” opening and closing gesture, and in clusters one or more gestures can occur.* » Nous avons observé pour certaines répétitions un geste glottal quasi statique pendant plus de 60 ms. Nous en fournissons une illustration dans la figure (4.43) ci-dessous :

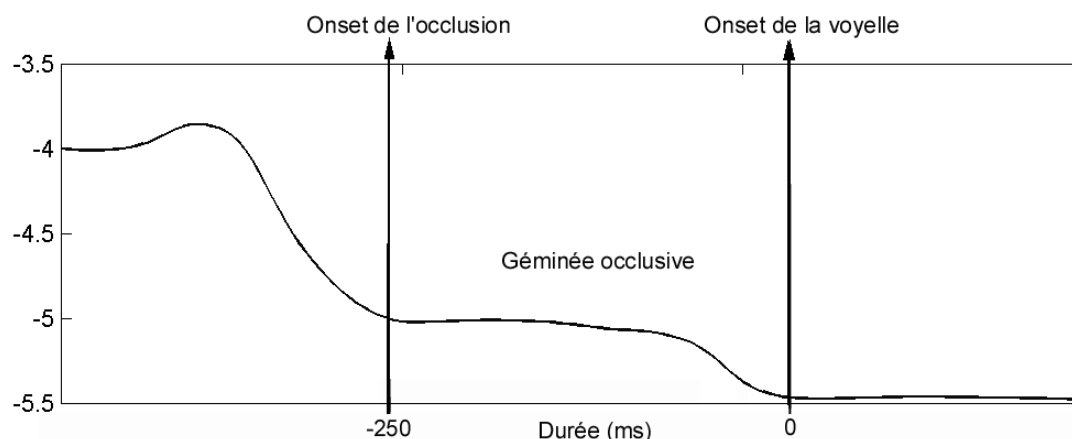


Figure 4.43. La courbe glottographique d'une répétition de la dentale gémignée /tt/ en position initiale absolue

Nous allons revenir sur cet aspect lors de l'analyse des mots sourds et des séquences d'obstruantes sourdes.

Les fricatives simples ou gémignées sont généralement produites avec une configuration glottale similaire à celle des gémignées occlusives sourdes, à savoir avec un geste d'adduction glottale entre la phase respiratoire et l'onset de la voyelle qui suit. La figure ci-dessous illustre la configuration glottale lors de la tenue de la fricative /ss/.

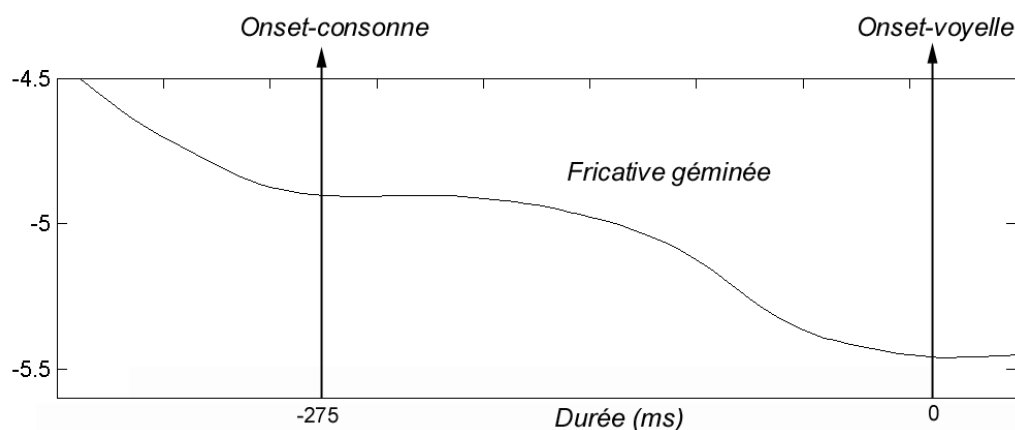


Figure 4.44. La courbe glottographique d'une répétition de la dentale gémignée /ss/ en position initiale absolue

<sup>6</sup> Nous nous sommes basés sur les données aérodynamiques (les mesures du flux d'air, voir chapitre 2) pour déterminer la durée totale des occlusives sourdes. Nous avons pris comme point de référence la plus longue durée mesurée lors de cette expérimentation, à savoir 120 ms pour les simples et 250 ms pour les gémignées.

Nous allons traiter brièvement dans le reste de cette section des ajustements laryngaux observés pendant la tenue des segments simples et gémérés en position finale absolue. Cette partie sera brève car nous n'avons pas observé de différences majeures entre les simples et les gémérés. Le geste glottal présente pratiquement la même configuration pour ces deux séries d'occlusives. La glotte, qui était fermée pendant la tenue de la voyelle précédente, s'ouvre et atteint généralement son ouverture maximale pendant le relâchement aussi bien pour les simples que pour les gémérés. Elle maintient globalement ce même degré d'ouverture glottale jusqu'à la fin du relâchement (pendant une période qui dure en moyenne de 25 à 60 ms). Puis la glotte s'ouvre encore d'avantage pour la phase respiratoire. Dans certaines répétitions, la glotte, après son ouverture maximale, entame d'abord un léger geste d'adduction juste après le relâchement pour s'ouvrir encore d'avantage après. Les figures ci-dessous illustrent ce mécanisme articulatoire pour la vélaire simple et la dentale gémérée respectivement.

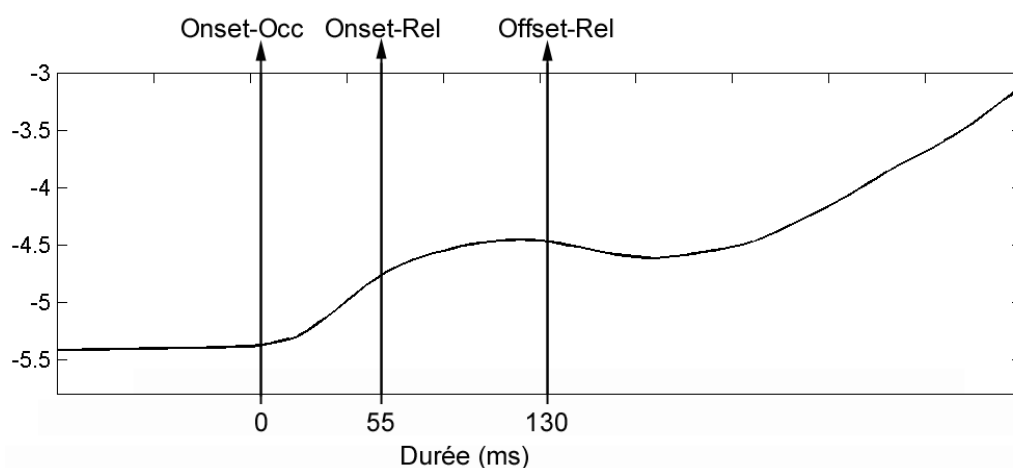


Figure 4.45. La courbe glottographique d'une répétition de la vélaire simple /k/ en position finale absolue

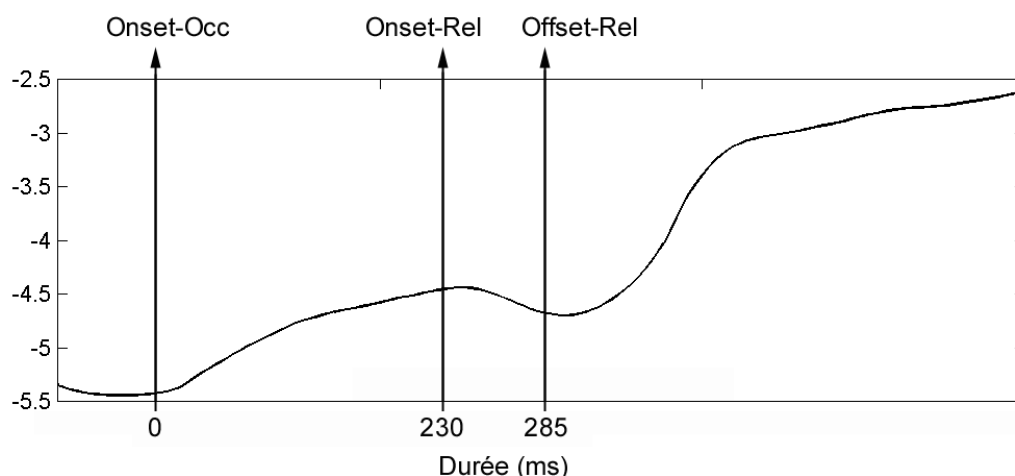


Figure 4.46. La courbe glottographique d'une répétition de la dentale gémérée /tt/ en position finale absolue

Malgré une durée d'ouverture glottale plus importante, due à la durée plus longue de l'occlusion, les géminées sont produites avec une amplitude glottale qui est quasiment identique à celle des simples. Ainsi, comme pour la position initiale, la différence d'amplitude qui caractérise les simples et les géminées en position intervocalique est neutralisée en position finale. Un autre aspect commun aux simples et aux géminées concerne le rapport temporel de l'ouverture maximale de la glotte par rapport au relâchement oral. Pour les simples comme pour les géminées, l'amplitude maximale est atteinte au moment ou pendant le relâchement. Ces différentes caractéristiques indiquent que la glotte s'ouvre plus lentement pour les géminées que pour les simples.

#### 4.10 La comparaison entre les occlusives et les fricatives

Nous allons dans cette section comparer les gestes glottaux des occlusives et des fricatives. Pour pouvoir comparer des segments partageant les mêmes lieux d'articulation, seules les obstruantes /t/ vs. /s/ d'une part et /tt/ vs. /ss/ de l'autre seront comparées. Nous allons analyser trois aspects considérés selon la littérature comme paramètres glottaux permettant de différencier les deux séries d'obstruantes :

- a. Le degré de l'ouverture glottale ;
- b. Le rapport temporel de l'ouverture glottale ;
- c. La vélocité du geste d'ouverture glottale.

Il a été largement observé que l'amplitude de l'ouverture glottale est plus importante pour les fricatives que pour les occlusives. Des comparaisons entre les occlusives simples et les fricatives simples attestant de cet aspect-là sont par exemple citées dans Löfqvist & McGarr (1987), McGarr & Löfqvist (1982), Löfqvist & Yoshioka (1980), Yoshioka et al.(1980) Yoshioka et al.(1981), Hoole et al. (1984) et Hoole (1999a). Yoshioka et al.(1980), qui présentent un résumé d'un autre ensemble de travaux, concluent : « *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.* » (ibid : 360).

Mais s'agit-il réellement d'un aspect universel ? Avant d'examiner le cas du berbère, rappelons qu'en danois par exemple, Hutter (1984) a observé des ouvertures maximales de la glotte pour les occlusives aspirées qui sont significativement plus larges que pour les fricatives. Butcher (1977), cité par Hoole (1999a), rapporte aussi que pour un locuteur anglais l'ouverture maximale de la glotte est plus importante pour les occlusives que pour les fricatives. Pour notre part nous avons comparé le degré de l'ouverture glottale de /t/ et de /s/ d'une part et de /tt/ et /ss/ de l'autre. Les résultats sont indiqués dans la figure (4.47).

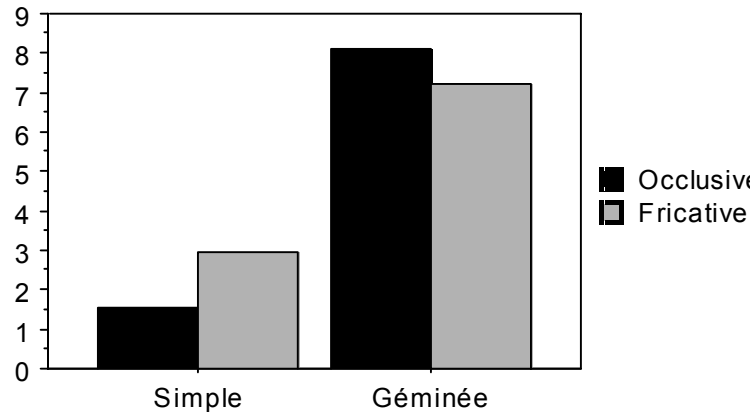


Figure 4.47. Les degrés moyens de l'ouverture maximale de la glotte pour les occlusives et les fricatives simples et gémignées. Ces unités de mesure sont arbitraires

Pour les segments simples, nos résultats indiquent que la fricative présente des amplitudes d'ouverture glottale systématiquement plus importantes que pour sa correspondante occlusive. Les mesures que nous avons effectuées indiquent que pour la fricative /s/ ce degré varie entre 2.217 et 3.622. Pour l'occlusive /t/, il varie entre 1.258 et 1.936. Nous présentons ci-dessous les courbes correspondant au mouvement glottal pendant une répétition de /t/ et de /s/.

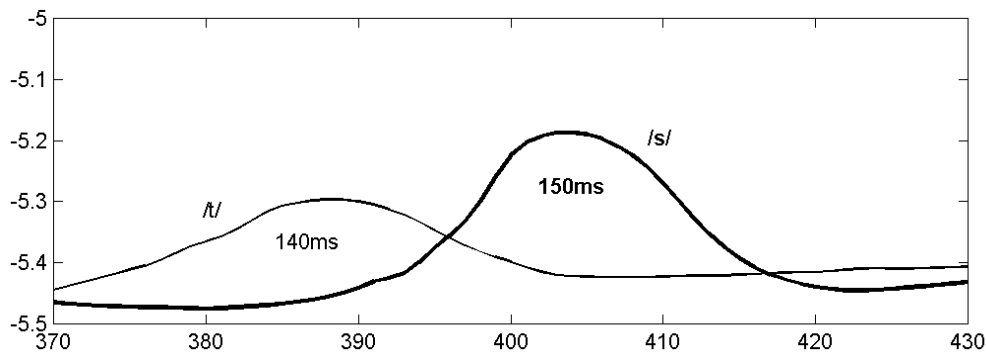


Figure 4.48. Illustration de la différence d'amplitude d'ouverture glottale entre une occlusive et une fricative simples.

Cet aspect des fricatives simples du berbère correspond donc à la tendance générale observée dans d'autres langues. Une des raisons les plus avancées pour expliquer cette tendance est d'ordre aérodynamique. Pour Löfqvist & Yoshioka (1980 : 800) : *“The difference in laryngeal movements between stops and fricatives [...] is most likely related to different aerodynamic requirements for stop and fricative production. A rapid increase in glottal area would allow for the high air flow necessary to generate the turbulent noise source during voiceless fricatives (Stevens, 1971)”*. Löfqvist & McGarr (1987 : 399) adopte la même approche mais en incluant l'impact de l'ouverture glottale sur l'augmentation de la pression intraorale : *“The larger gesture for a voiceless fricative is most likely due to the aerodynamics of fricative production, in that glottal opening not only prevents voicing but also reduces laryngeal*

*resistance to air flow and assists in the build-up of oral pressure necessary for driving the noise source.*”

Pour les gémínées, par contre, l’ouverture maximale de la glotte est quasiment identique pour les deux séries d’obstruantes. Le degré de l’amplitude glottale est en moyenne de 8.106 pour l’occlusive /tt/ (DS = 2.943) et de 6.808 pour la fricative /ss/ (DS = 4.407). La figure ci-dessous présente les courbes glottographiques d’une répétition de ces deux obstruantes.

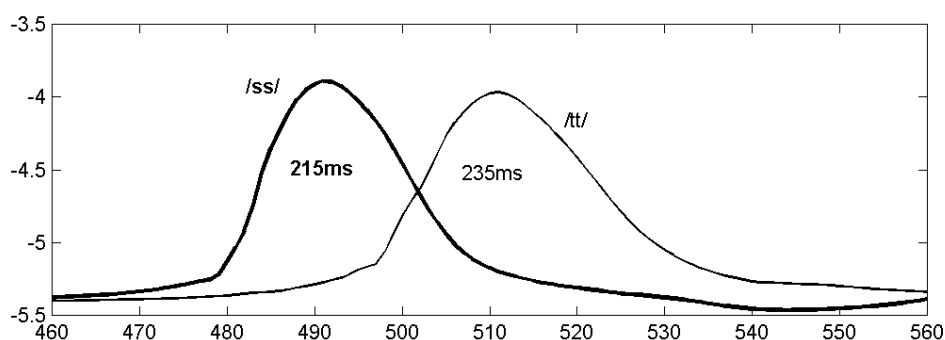


Figure 4.49. Illustration de l’amplitude d’ouverture glottale pour une occlusive et une fricative dentales gémínées.

L’absence de différence entre les occlusives gémínées et les fricatives semble confirmer l’hypothèse que nous avons soulevée plus haut. Notamment que l’augmentation de la pression intraorale est une caractéristique inhérente aux occlusives gémínées.

Des différences concernant le rapport temporel interarticulatoire entre les occlusives et les fricatives ont aussi été relevées (Löfqvst & Yoshioka 1980, Hoole et al. 1984, Hutters 1984, Löfqvst & Yoshioka 1984 et Löfqvist & McGarr 1987). Löfqvst & Yoshioka (1980) et Löfqvst & Yoshioka (1984) ont observé que l’amplitude maximale de l’ouverture glottale a lieu plus proche de l’implosion pour les fricatives que pour les occlusives. Autrement dit, l’intervalle entre l’ouverture maximale de la glotte et l’implosion est plus long pour les occlusives. Nous avons mesuré cet intervalle pour les obstruantes simples et gémínées. Nos résultats sont illustrés par la figure (4.50) ci-après :

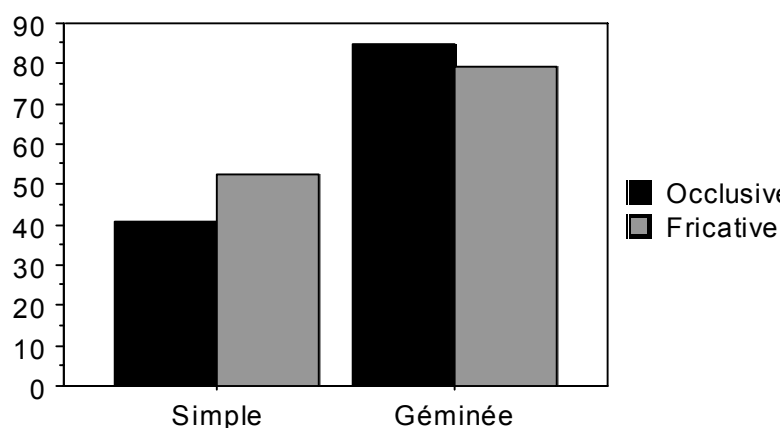


Figure 4.50. L'intervalle entre l'ouverture maximale de la glotte et l'implosion pour les occlusives et les fricatives simples et géminées.

Nos résultats pour les segments simples sont en contradiction avec les résultats des travaux cités ci-dessus. L'intervalle entre l'ouverture glottale maximale et l'onset de l'implosion est plus long pour les fricatives simples que pour leurs contreparties occlusives. Nos mesures indiquent en effet que cet intervalle est en moyenne de 41 ms pour l'occlusive ( $DS = 4.183$ ) et de 52 ms pour la fricative (7.444). Une possible explication de l'allongement de cet intervalle pour les fricatives peut être fournie en prenant en considération la durée totale du geste d'ouverture glottale. Selon Löfqvist & McGarr (1987), la durée des gestes d'abduction et d'adduction est à peu près la même pour les occlusives et les fricatives. Pour nos données, par contre, les fricatives ont systématiquement une durée du geste d'ouverture glottale supérieure à celle des occlusives (71 ms et 59 ms respectivement).

Une autre différence entre les fricatives et les occlusives concerne l'intervalle entre l'onset de l'ouverture glottale et la vélocité maximale du geste d'ouverture glottale qui est plus importante pour les fricatives (Yoshioka & al. 1981, Hirose & Niimi 1987, Löfqvist & McGarr 1987, Hoole 1999a). Nos données confirment cet aspect aussi bien pour les segments simples que pour les géminées comme le montre la figure (4.51) :



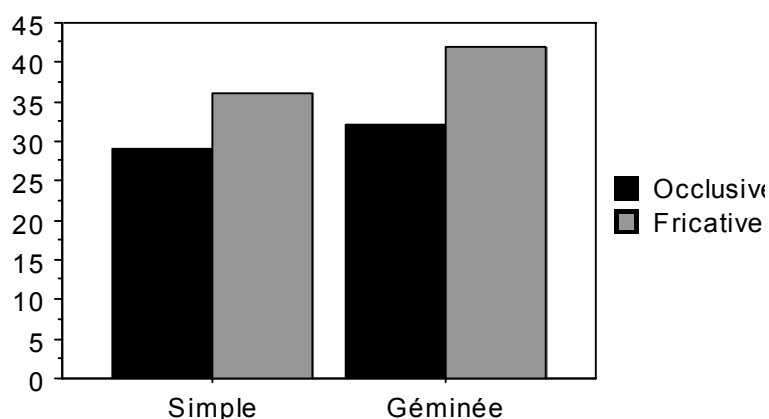


Figure 4.51. La vélocité du geste d'ouverture glottale pour les occlusives et les fricatives simples et gémignées.

On observe généralement que les cordes vocales continuent de vibrer avec une ouverture glottale plus importante pour /s/ que pour /t/ au moment de l'implosion. La rapidité de l'abduction des cordes vocales pour les fricatives peut expliquer cet aspect. On peut en effet supposer que la glotte, s'ouvrant plus rapidement, atteint une amplitude assez importante avant que la différence de pression transglottique diminue à un niveau propice à la cessation des vibrations des cordes vocales. Cette vélocité du geste d'ouverture glottale peut aussi expliquer un aspect largement attesté, notamment que, durant la tenue d'une séquence d'obstruantes sourdes, la glotte atteint généralement son niveau d'ouverture maximale pendant la tenue des fricatives. Selon Löfqvist & Yoshioka (1980 : 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.* »

#### 4.11 La comparaison entre différents lieux d'articulation

Deux aspects sont généralement examinés dans les travaux qui ont traité des ajustements laryngaux selon les différents lieux d'articulation : l'amplitude de l'ouverture glottale et le rapport temporel entre les événements glottaux et supraglottaux. Ces deux aspects sont considérés comme facteurs essentiels déterminant la durée du VOT.

Selon Pétursson (1976), le degré de l'ouverture glottale n'est pas indépendant du lieu d'articulation. L'ouverture de la glotte augmente à mesure que le lieu d'articulation recule dans la cavité buccale. Ceci expliquerait selon Pétursson pourquoi le VOT est plus long pour les vélaires que pour les labiales et les dentales. Sawashima & Miyazaki (1973) à partir des données du japonais ont aussi signalé que le degré d'ouverture de la glotte pour /k/ est plus important que pour la dentale /t/. Sawashima & Niimi (1974 : 14), dans leur analyse des occlusives labiale, dentale et vélaire du japonais, ont observé que : « *The opening for /k/ appears to be larger than for [t] and [p]* » Hirose (1975) ainsi que Hirose & Ushijama (1978), toujours pour le japonais, ont aussi constaté que le degré de l'ouverture de la glotte est plus important pour les occlusives vélaires. Hutters (1984) a montré, pour le danois, que l'ouverture maximale de la glotte est plus importante pour /s/ que pour /f/, et pour /t/ que pour /p/. Une tendance inverse a été observée par Cooper (1991). A partir des réalisations de deux locuteurs de l'anglais américain, cet auteur a trouvé que le lieu d'articulation a effectivement un effet significatif sur le degré de l'ouverture glottale, mais contrairement aux autres langues, c'est la dentale /t/ qui présente une amplitude d'ouverture glottale significativement plus large que celle de /k/.

Pour notre part, nous avons comparé les degrés d'ouverture glottale selon le lieu d'articulation dentale et vélaire des occlusives simples d'un côté et géminées de l'autre. La même comparaison a été effectuée entre les fricatives labiales et dentales. Concernant les occlusives, nos résultats, illustrés par la figure (4.52) ci-après, n'indiquent pas de différences importantes entre les vélaires et les dentales. Contrairement à la tendance relevée dans les études citées ci-dessus, les dentales présentent des amplitudes d'ouverture glottale similaires voire légèrement supérieures à celle des vélaires. La même remarque s'applique aussi aux occlusives géminées.

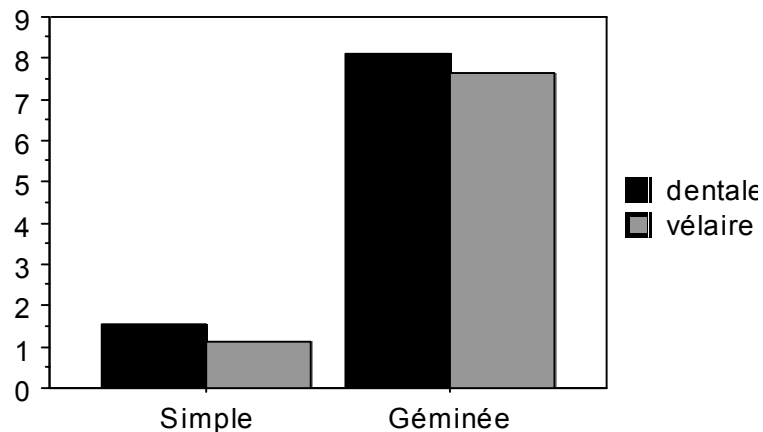


Figure 4.52. Les degrés moyens de l'ouverture maximale de la glotte selon le mode d'articulation dental et vélaire des occlusives simples et géminées

Concernant les fricatives, là aussi, nous n'avons observé aucun effet important du lieu d'articulation sur le degré de l'ouverture glottale. Le degré d'ouverture glottale est en moyenne de 3.62 pour la labiale simple (DS = 2) et 2.97 pour la dentale (DS = 1). La même observation a été relevée pour les géminées fricatives aussi ; le lieu d'articulation ne semble avoir aucune influence sur l'amplitude glottale. La labiale géminée est produite avec une amplitude glottale moyenne de 5.47 (DS = 3) et la dentale avec un degré moyen de 7.21 (DS = 4). Ces résultats sont illustrés par la figure (4.53).

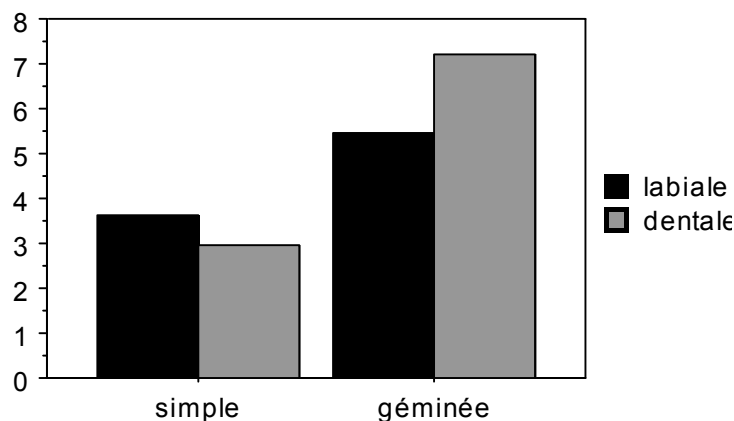


Figure 4.53. Les degrés moyens de l'ouverture maximale de la glotte selon le mode d'articulation labial et dental des fricatives simples et géminées

L'absence de différence importante entre les différents lieux d'articulation n'est pas propre aux segments berbères. Löfqvist (1976) n'a pas non plus relevé de différence d'amplitude glottale selon les différents points d'articulation pour les occlusives suédoises. Löfqvist & Yoshioka (1979) suggèrent qu'une telle amplitude produite durant la tenue des vélaires est probablement due à l'influence des mouvements verticaux du larynx. Ils recommandent, pour éviter ce type d'artifice, de placer le phototransistor au-dessous du cartilage cricoïdien.

Rappelons que, suivant le conseil de P. Hoole, nous avons utilisé deux phototransistors, l'un est placé entre le cartilage thyroïdien et le cartilage cricoïdien (PGG1) et le deuxième au dessous du cartilage cricoïdien (PGG2). Toutes les données traitées dans cette étude sont justement extraites de ce dernier phototransistor, le premier étant effectivement plus sensible aux mouvements verticaux du larynx et de l'épiglotte.

L'autre aspect important qui peut être affecté par le lieu d'articulation concerne le rapport temporel entre le geste glottal et le geste supraglottal. Cette différence de rapport temporel peut ainsi expliquer l'influence du lieu d'articulation sur la durée du VOT. Il a été largement observé en effet que /p/ par exemple a un VOT plus court que /t/ et /k/. Cette différence de durée du VOT suggère que le timing de l'ouverture maximale de la glotte par rapport au relâchement oral a lieu plus tôt pour /p/ que pour /t/ et /k/. Selon Hutters (1985), la relation temporelle entre le relâchement oral et l'aperture maximale de la glotte dépend du point d'articulation de la consonne. Les différences de rapport temporel qu'elle a relevées sont significatives. Hoole et al. (1984) ont analysé les occlusives bilabiales et dentales sourdes /p/ et /t/ de l'allemand. Les mesures effectuées sur l'intervalle entre le degré maximal de l'ouverture glottale et le relâchement oral indiquent aussi des différences significatives ; cet intervalle étant plus long pour /p/ que pour /t/ (pour les trois sujets enregistrés). Selon Hoole et al., les variations de durée d'aspiration entre ces différents points d'articulations ne seraient pas dues à des variations du geste glottal mais plutôt à des différences de durée d'occlusion. Ils ont en effet observé que la bilabiale /p/ a une durée d'occlusion plus longue que la dentale /t/. Ainsi, si on considère ces deux paramètres ensemble (le rapport temporel et la durée de l'occlusion), une possibilité est que le geste de dévoisement est quasi identique pour toutes les occlusives, et que les différences en terme de VOT ne sont que de simples effets passifs des différentes durées d'occlusion superposées sur un geste glottal constant. Autrement dit, les deux types d'occlusives sont produites avec un geste glottal quasi identique superposé sur une variété d'articulations orales. D'autres études n'ont pas à proprement parler traité de cette corrélation, mais leurs figures peuvent nous renseigner sur ce sujet. C'est le cas notamment de Pétursson pour l'islandais (1976) et Kagaya pour le coréen (1974). La figure 4 de Pétursson (1976 : 178), par exemple, qui indique le moment de l'ouverture glottale maximale par rapport au début de l'occlusion, semble montrer une différence de rapport temporel importante entre /p, t/ d'un côté et /k/ de l'autre (une différence d'à peu près 20 ms). Les figures 2 et 3 de Kagaya (1974 : 164-165) montrent aussi une légère différence de rapport temporel entre /p, t/ et /k/ mais ces différences varient selon la nature de la voyelle qui suit et la position dans le mot. Lindqvist (1972), par contre, n'a pas trouvé de différences

systématiques en ce qui concerne le rapport temporel glottal et supraglottal pour les occlusives /p/, /t/ et /k/ du suédois. Nous avons mesuré l'intervalle temporel entre le relâchement oral et l'amplitude maximale de l'ouverture glottale pour les dentales et les vélares simples et géminées.

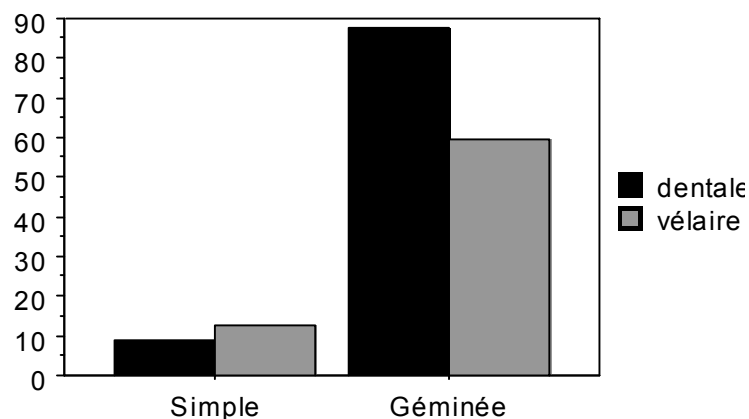


Figure 4.54. L'intervalle temporel entre le relâchement oral et l'amplitude maximale de l'ouverture glottale pour les dentales et les vélares simples et géminées.

Nos mesures pour les occlusives simples n'indiquent pas de différences importantes entre la dentale et la vélaire. Pour la dentale, l'ouverture maximale de la glotte précède l'onset de l'explosion en moyenne de 9 ms (DS = 6), cet intervalle est de 12 ms pour la vélaire (DS = 16). Pour les occlusives géminées, par contre, la dentale est produite avec une ouverture maximale de la glotte qui est généralement plus loin du relâchement oral que la vélaire. Nos mesures indiquent que cet intervalle est de 87 ms pour la dentale (DS = 26) et 59 ms pour la vélaire (DS = 5). Mais cette différence ne semble pas avoir d'effet significatif sur la durée du VOT. Les deux points d'articulation présentent quasiment les mêmes durées, même si en terme de durée moyenne la tendance observée va dans le sens d'une légère augmentation de la durée du VOT pour la vélaire (51 ms) par rapport à la dentale (47 ms). Cette tendance a aussi été observée lors de l'analyse du VOT dans la partie acoustique de ce travail (voir section 2.5.1.3) où les vélares présentent une durée moyenne de 61 ms et les dentales 54 ms.

Un autre paramètre qui semble déterminer la durée du VOT est la durée de l'occlusion. Hutters (1985) a présenté des arguments en faveur d'une réciprocité positive entre ces deux paramètres. Elle a observé en comparant différentes langues que les langues ayant une occlusion orale courte ont un VOT plus long et les langues ayant une durée d'occlusion plus longue ont un VOT plus court. Nous reproduisons ci-dessous le tableau récapitulant ces données. Nous avons ajouté dans le bas de ce tableau les données du berbère pour permettre une meilleure comparaison :

	<i>Durée de l'occlusion (ms)</i>	<i>Durée de l'aspiration (ms)</i>
Danois	98	86
Hindi	90	70
Suédois	115	32
Anglais	128	50
Islandais	129	36

BC (simples)	51	55
BC (géménées)	169	49

Tableau 4.6. Les données sur la durée d'occlusion et d'aspiration de plusieurs langues (tirées de Hutters 1985 : 17). Les données au bas de tableau concernent nos propres mesures pour les simples et les géménées occlusives. (BC = berbère chsleuh)

Le suédois, l'anglais et l'islandais ont des durées d'occlusion très longues et des durées de VOT très courtes, à l'inverse du danois et du hindi. Le berbère a la plus courte durée d'occlusion (pour la simple) mais aussi la plus longue (pour la géminée). Sa durée du VOT correspond plus ou moins à celle de l'anglais. A l'évidence l'influence de la durée d'occlusion sur la durée du VOT ne peut être déterminante pour le berbère puisque les géménées, ayant une durée d'occlusion considérablement plus longue, présentent quasiment les mêmes durées d'aspiration que les simples. L'absence de corrélation entre ces deux paramètres est illustrée par la figure (4.55) ci-dessous.

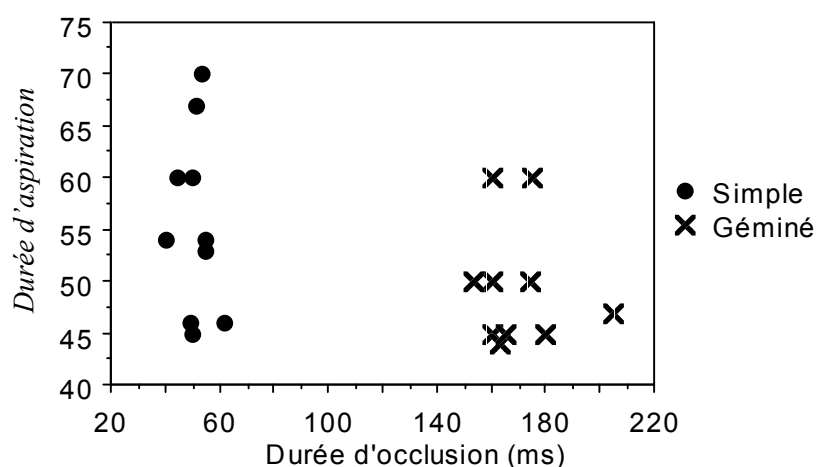


Figure 4.55. Illustration du rapport entre la durée d'occlusion et la durée d'aspiration pour les occlusives simples et géménées sourdes

## CHAPITRE 5

### *ANALYSES PHONOLOGIQUES*

#### **5.1 Introduction**

Un des objectifs de notre étude est de déterminer la nature phonologique de l'opposition entre simples et géminées. Nous avons indiqué au début de ce travail que cette question a été traitée par des chercheurs ayant travaillé sur le berbère. Nous avons distingué deux tendances générales. Ceux pour qui la différence entre simples et géminées reflète une opposition de tension (Mitchel 1957, Ouakrim 1994, Galand 1997) et ceux pour qui la durée serait plutôt le corrélat principal de la gémination (Applegate 1985, Chaker 1975, Louali et Puech 1994). Cette classification n'est pas absolue car les tenants du trait tendu n'excluent pas le paramètre de la durée mais la considèrent comme une conséquence de l'articulation tendue des géminées. De même les tenants de la durée ne déniaient pas pour autant tout rôle à la tension. Chaker (1975), par exemple, à partir d'une analyse acoustique sur le kabyle, a observé que c'est la durée, et non l'intensité, qui est le principal corrélat acoustique qui assure la distinction entre consonnes « tendues » et « non-tendues ». Mais il ajoute : « *Il serait prématuré de dénier tout rôle à la tension musculaire et de revenir pour le kabyle, purement et simplement à la terminologie 'longue' / 'brève'.* ».

Sur la base de nos investigations phonétiques, nous tenterons de déterminer les représentations phonologiques les plus adéquates pour les géminées. De fait, nous aboutirons à une position très semblable à celle de Dell et Elmedlaoui qui représentent les géminées avec deux positions prosodiques liées à un seul élément mélodique.

Ce chapitre est organisé de la manière suivante. La première section donne un aperçu sur les différentes représentations des géminées en s'intéressant plus particulièrement à l'approche autosegmentale et aux différentes solutions qu'elle a proposées pour rendre compte du comportement des géminées. La deuxième section relate les conclusions des travaux récents sur les représentations phonologiques des géminées en berbère. Notre propre argumentation sera développée dans la section suivante. La deuxième partie de ce chapitre traite du comportement des géminées vis-à-vis du processus de spirantisation qui affecte les occlusives non coronales du parler chleuh de Haha.

## 5.2 La représentation phonologique des géminées

### 5.2.1 Rappel de la littérature

Dans cette section nous allons présenter un résumé des propositions traitant des géminées dans la littérature phonologique. Nous allons commencer par un aperçu très bref sur les travaux qui ont précédé la théorie générative. Les travaux conduits dans le cadre de la phonologie générative (Chomsky et Halle 1968) ainsi que les approches autosegmentales seront traités avec plus de détail. Un résumé des travaux sur la gémination en berbère sera présenté dans la section (5.2.2).

#### 5.2.1.1 Les premiers travaux

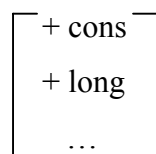
Swadesh (1937) a distingué entre les géminées dérivées d'une séquence de deux consonnes identiques et les consonnes longues. Selon lui, seules les consonnes longues peuvent être en opposition phonémique. Trubetzkoy (1939) a, pour sa part, développé pour la première fois, une analyse formelle de la gémination d'un point de vue purement phonologique. Les géminées selon lui sont des segments longs et non pas une séquence de deux segments simples identiques. Hockett (1955) propose une analyse différente : toutes les géminées sont des séquences de deux consonnes identiques.

La question était donc déjà clairement posée et débattue : les géminées se composent-elles d'un segment ou de deux segments identiques ? L'approche générative a hérité de la question.

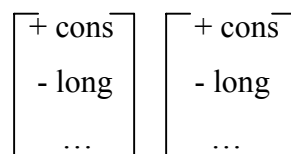
#### 5.2.1.2 Approche générative

Chomsky et Halle (1986) présentent deux manières pour décrire les géminées : comme un seul segment spécifié par le trait [+long] ou comme une séquence de deux segments simples spécifiés par des traits identiques. Ce modèle linéaire permet donc les deux représentations (1a) et (1b) ci-dessous :

1. a    Segment [+long]



1. b    Deux segments [-long]





L'ambiguïté des géminées a été traitée dans le cadre introduit par Chomsky et Halle (1986) en termes de règles qui modifient la représentation (1a) en (1b) ou vice-versa, mais ces règles sont ad hoc. 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 géminées se comportent vis-à-vis de certains processus phonologiques (cf. Kenstowicz 1970, Sampson 1973, Barkai 1974).

La dualité des représentations (1a, b) reflète une ambiguïté inhérente au comportement des géminées. Dans certains cas, les géminées se comportent comme un seul segment, mais dans d'autres comme une suite de deux segments. Ce comportement est parfois attesté au sein d'une même langue, comme c'est le cas pour l'hébreu ou le berbère. Puisque nous allons revenir d'une manière plus détaillée sur le cas du berbère, nous allons nous servir d'exemples très connus tirés de l'hébreu biblique pour illustrer cette ambiguïté. Sampson (1973) décrit le processus de spirantisation qui affecte les segments simples (2a-b) mais pas les géminées (2c) :

- |    |              |            |                 |
|----|--------------|------------|-----------------|
| 2. | a. /katab/   | → [kaθav]  | « écrire »      |
|    | b. /yi-ktob/ | → [yixtov] | « écrire, imp » |
|    | c. /gibbor/  | → [gibbor] | « héros »       |

La représentation (1a) simplifie la règle de spirantisation des occlusives post-vocaliques et rend compte de l'incapacité de la première moitié de la géminée /bb/ à se spirantiser. Cette représentation permet en effet de différencier la géminée (2c) des simples par le trait [long] et la règle de spirantisation est facilement formulée comme suit :

[-sonorant, - long]    —>    [- continu] / V —

Si on avait représenté les géminées comme une séquence de deux consonnes, l'élaboration de la règle de spirantisation aurait été difficile et complexe. Mais il y a d'autres aspects où la représentation (1b), et non pas (1a), serait plus appropriée. Toujours en hébreu biblique, les voyelles se réduisent régulièrement en chva dans le contexte —CVCV :

- |    |            |              |          |
|----|------------|--------------|----------|
| 3. | /malak+im/ | —> [məɫaxim] | « rois » |
|----|------------|--------------|----------|

La réduction vocalique n'a pas lieu si la voyelle est suivie d'une séquence de deux consonnes (4a) ou d'une gémignée (4b) :

4.     a. /galgal-im/ → [galgalim]     \*gəlgalim     « roues »  
           b. /sappirim/ → [sappirim]\*səpppirim     « saphirs »

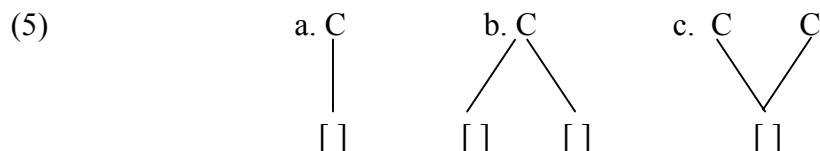
La distinction doit donc se faire entre les segments simples d'un côté et les gémignées et les séquences de deux consonnes adjacentes de l'autre. Les gémignées, se comportant vis à vis de la réduction vocalique comme une séquence de deux consonnes adjacentes, leur spécification comme un seul segment [+ long] ne peut rendre compte de ce comportement parallèle. L'ambiguïté des gémignées a été traitée par Kenstowicz (1970) aussi, en termes de règles qui modifient la représentation (1b) en (1a). Ces règles sont ad hoc et se sont avérées, et c'est Kenstowicz lui-même qui l'a démontré, incorrectes. Il a en effet souligné le cas d'une règle en lithuanien qui nécessite les deux représentations en même temps.

Les gémignées constituent donc un problème pour le modèle linéaire mais qui sera en grande partie résolu dans le cadre de la représentation autosegmentale. La période post-SPE n'a certes pas apporté de réponse satisfaisante au problème de l'ambiguïté des gémignées car le cadre théorique de l'époque ne le permettait pas. Mais les différents travaux qui ont traité de ce sujet ont eu le mérite d'avoir identifié ce problème et pour certains, notamment Kenstowicz (1970), d'avoir suggéré une généralisation qui va s'avérer très prometteuse. Kenstowicz a remarqué en effet que les règles phonologiques qui font appel à la représentation séquentielle sont des règles prosodiques qui affectent la durée ou l'accent. Les règles qui requièrent des spécifications en terme de trait [+long] sont souvent des règles qui affectent la qualité des segments. Cette distinction entre règles prosodiques et règles qualitatives sera développée d'une manière formelle dans le cadre de la phonologie CV.

### 5.2.1.3 Les représentations autosegmentales

La phonologie CV, développée initialement par Clements & Keyser (1983), s'inscrit dans la phonologie autosegmentale, dont les principes de base ont été posés par Goldsmith (1976). Elle apporte la pièce manquante et résout d'une manière définitive le problème de l'ambiguïté des gémignées. 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 représentations sont liés par des lignes d'association. Cette approche permet les représentations suivantes :



(5a) est une représentation d'un segment simple lié à une seule position prosodique. La représentation (5b) est celle des affriquées par exemple ou des occlusives pré-nasalisées. La représentation (5c) est celle des consonnes géminées. Les consonnes géminées 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 (6a) et la géminée à deux positions prosodiques (6b) :



Un certain nombre de principes gouvernant les représentations (5-6) est généralement admis dans la littérature phonologique. Le Principe du Contour Obligatoire (PCO) est sans doute le plus important. Développé initialement par Leben (1973) pour la phonologie tonale, repris ensuite par Goldsmith (1976), ce principe interdit l'adjacence de deux éléments identiques sur un même niveau autosegmental. Une telle suite est remplacée par un segment simple doublement lié. C'est principalement à travers l'analyse de la structure de la racine en arabe que la valeur explicative de ce principe a été développée. En effet, le PCO combiné aux principes d'association gauche / droite, permet d'expliquer l'asymétrie entre les mots de type « samam », qui sont très largement répandus et les mots de type « sasam » qui sont exclus (McCarthy 1979, 1981). Le PCO a suscité beaucoup de débats et de controverse concernant sa nature et sa portée : s'agit-il d'un principe universel ? Est-il obligatoire ou facultatif ? Sur quel niveau peut-il porter ? Ainsi que d'autres questions qui ont été traitées entre autres par McCarthy 1981, 1986 ; Schein 1981 ; Kenstowicz 1982 ; Odden 1986 ; Yip 1989 ; ainsi que Paradis et Prunet 1990.

Considérons maintenant comment la question de l'ambiguïté des géménées est traitée dans le cadre de la phonologie autosegmentale. En accord avec le principe du contour obligatoire, les géménées sont représentées comme un seul segment au niveau mélodique lié à deux positions prosodiques. Cette représentation suffit à elle seule à résoudre les problèmes soulevés par le comportement ambigu des géménées : les segments gémérés forment des unités simples au niveau de la couche responsable de la représentation de la qualité et comme une séquence de deux segments au niveau de la couche responsable de la représentation de la quantité. Hayes (1986a : 325) a illustré cet aspect à partir de deux exemples tirés de la langue hausa et de l'islandais. Le hausa ne permet pas la présence de voyelles longues ou de diphtongues dans des syllabes fermées. Quand de telles occurrences devraient se former suite à des combinaisons morphologiques, elles sont modifiées à travers la réduction des voyelles longues ou l'élision de la deuxième moitié de la diphtongue :

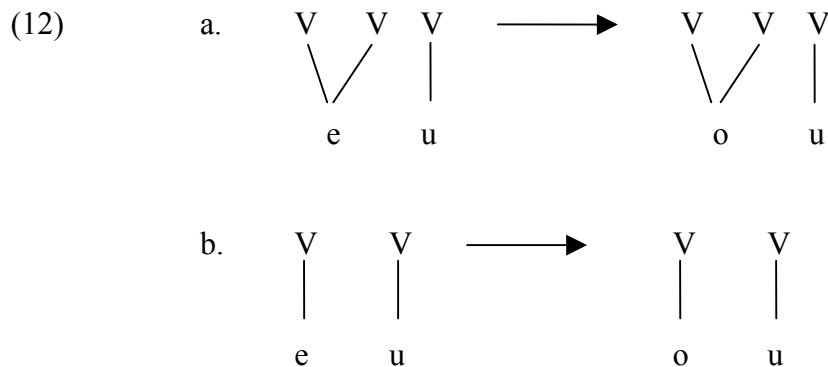
- (10)            a.        da:-n-ka                      danka                      « ton fils »  
                      b.        kai-n-ka                      kanka                      « ta tête »

Dans cette langue, les voyelles longues se comportent à l'évidence comme les diphtongues, autrement dit comme une suite de deux segments adjacents. La phonologie autosegmentale peut rendre compte de ce comportement similaire d'une manière formelle. Pour réduire les voyelles longues, la règle doit effacer une position V :

- (11)             $V \rightarrow \emptyset / V \text{ ---- } C ]_{\text{syl}}$



De tels segments s'effacent par convention : « Stray Erasure » (cf. McCarthy 1981). Le lithuanien illustre le cas d'une règle qualitative. Dans cette langue, les voyelles /e/ et /e:/ assimilent le trait [arrière] de la voyelle /u/ ou de la semi-voyelle /w/ suivantes et deviennent /o/ et /o:/ respectivement. Une telle règle doit considérer les voyelles longues comme une seule unité pour ne pas donner lieu à des représentations incorrectes de type \*[eou]. La règle doit donc s'appliquer au niveau de la couche mélodique où la qualité des voyelles est représentée. De cette façon, elle peut affecter aussi bien les longues que les brèves.



La deuxième particularité des géminées est qu'elles ne peuvent être scindées par l'épenthèse. On parle d'«insécabilité» des géminées. La généralisation qui en rend compte, établie d'abord par Kenstowicz et Pyle (1973), est plus généralement connue sous la formule développée par Guerssel (1978) :

Adjacency Identity Constraint :

*Given a string A1A2, where A1 = A2, a rule alters the adjacency of A1 A2 if and only if it alters the identity of A1 or A2.*

Ainsi, dans les langues contenant des consonnes géminées et des règles d'épenthèse, il a été observé qu'un segment épenthétique ne peut être inséré entre les deux moitiés d'une géminée. Ce comportement des géminées a fait l'objet de plusieurs études qui tendent toutes à confirmer cette insécabilité des géminées ; c'est le cas notamment de Kenstowicz et Pyle (1973), Guerssel (1978), Abu-Salim (1980), Steriade (1982), Kenstowicz, Bader et Benkeddache (1982). Des exemples tirés de Guerssel (1978) pour illustrer ce comportement des géminées seront présentés dans la section suivante portant sur le berbère.

Le problème du comportement ambigu des géminées est parfaitement résolu dans le cadre de la représentation autosegmentale, puisque de telles représentations permettent de rendre compte aussi bien des règles qualitatives que quantitatives. L'insécabilité des géminées est également déductible des représentations qui définissent les géminées comme un seul segment lié à deux positions prosodiques. Une autre particularité des géminées, leur inaltérabilité, a aussi été traitée dans le même cadre. Nous examinerons dans la section (5.3.1) différentes analyses phonologiques qui ont essayé de rendre compte de cet aspect.

### 5.2.2 La représentation des géminées en berbère

Le berbère n'a pas échappé aux questions que soulève la représentation des géminées. Saïb (1977) et Guerssel (1977) ont été, à notre connaissance, les premiers berbérissants à se poser cette question et à la traiter en profondeur. Saïb a énuméré un ensemble d'arguments qui militent en faveur de la représentation séquentielle des géminées. Mais il a aussi fourni des arguments qui militent en faveur de la représentation des géminées comme un seul segment spécifié par le trait [+ tendu] : *“In order to state the phonological properties of Berber, we find it necessary to refer to geminates both as sequences of identical consonants and also as [+ tense] consonants.”* Ci-dessous nous allons reproduire les différents arguments qui militent en faveur de l'une ou de l'autre position telles qu'elles ont été développées pour le cas du berbère par les différents berbérissants qui ont traité de ce sujet.

#### 5.2.2.1 La représentation en trait

Les fonctionnalistes représentent ce courant qui n'est en réalité qu'une reprise de l'analyse qui figure déjà dans la tradition descriptive initiée dès la fin du siècle dernier par un certain nombre de berbérissants de l'école française. Selon cette tendance, les géminées comptent pour un seul segment qui est caractérisé par le trait [+long] ou [+ tendu]. Le choix de l'un ou de l'autre trait dépend du trait articulatoire considéré comme prédominant dans la réalisation de ces consonnes. Pour Galand (1997), la consonne géminée se distingue par sa tension et s'oppose à la non-tendue comme un phénomène à un autre. Le trait pertinent est donc la tension musculaire, aux côtés de laquelle la durée peut jouer un rôle dans certaines positions. Différents arguments ont été invoqués en faveur du caractère unitaire de cette consonne et notamment la présence de ces consonnes dans des positions où il est impossible de les considérer comme faisant charnière entre deux syllabes, à savoir la position finale (e.g. ass « jour » ; yuff « il est gonflé ») et la position initiale (e.g. kkrz « laboure ») (voir aussi la section (1.3.1)). Chaker (1984), dans son analyse du dialecte kabyle, exclut l'interprétation biphonématique des géminées en se basant sur deux arguments essentiels :

- Les fréquences élevées de ces consonnes qui représentent environ 20% des phonèmes consonantiques dans la chaîne.
- Le fait qu'elles apparaissent dans des environnements où un groupe de deux consonnes n'est pas admis.

Les arguments développés par Saïb (1977) en faveur de l'analyse en trait concernent le comportement de ces consonnes vis-à-vis de la formation de l'intensif et du processus phonologique de la spirantisation. La formation de l'intensif dérive de l'aoriste. Cette règle est morphologiquement conditionnée. Les formes ci-dessous illustrent une manière de former l'intensif, à savoir la gémination d'une consonne de la racine :

(13)	<i>aoriste</i>	<i>intensif</i>
	χdm	χddm
	ftu	fttu

Dans le cas des verbes qui contiennent des géménées sous-jacentes dans l'aoriste, la géminée /tt/ est préfixée pour dériver la forme intensive :

(14)	<i>Aoriste</i>	<i>Intensif</i>
	kks	ttkks
	qqn	ttqqn

Son analyse en trait rend compte des données (13) par la règle suivante :

(15) ...[-tendu]... → [+tend] / informations morphologiques

Cette règle prédit effectivement que les formes contenant des géménées sous-jacentes, représentées comme des segments simples tendus, ne donnent pas lieu aux formes incorrectes suivantes : \*kkks, \*qqqn.

Selon l'analyse séquentielle, les données (13) sont rendues par la règle informelle suivante :

(16) ...Cx... → ...Cx Cx... / informations morphologiques

Selon cette formalisation, la forme intensive est censée être dérivée de l'aoriste par reduplication d'une consonne de la racine du verbe. Selon Saïb, si la règle (16) était correcte, une des consonnes de la géminée devrait donc être capable de subir une deuxième gémination comme dans (17) ci-après :

(17) ...Cx Cx... → ...Cx Cx Cx... / informations morphologiques

Mais les données excluent cette prédiction. L'analyse en trait, selon cet auteur, prédit correctement l'incapacité des géminées à subir une autre gémination. Pour que l'analyse séquentielle arrive à la même prédiction, il aurait fallu alourdir la règle en y ajoutant une contrainte qui n'est pas nécessaire dans l'analyse en trait.

Le deuxième argument que Saïb avance en faveur de l'analyse en trait provient du comportement des géminées vis-à-vis de la spirantisation. Des deux règles ci-dessous, la première paraît la plus simple. :

Analyse en trait :	[- tendu]	→	[+ continu]	
Analyse séquentielle :	Cx	→	[+ continu] / Y	où Y ≠ Cx

Cependant cet auteur argumente contre une représentation séquentielle où les deux parties d'une géminée sont considérées comme deux segments indépendants. Ses arguments ne seraient plus valables face à des représentations autosegmentales avec deux positions prosodiques associées à un seul élément.

### 5.2.2.2 La représentation positionnelle

Les géminées sont considérées comme une séquence de deux segments identiques. La géminée se distingue d'une simple par le nombre de positions prosodiques qu'elle comporte. C'est cette approche que nous adoptons dans ce travail. Les géminées seront représentées comme une seule entité mélodique attachée à deux positions sur le squelette. Un ensemble d'arguments milite en faveur de cette représentation. Certains, reproduits ci-dessous, ont été développés par Dell et Elmedlaoui (1997b) et s'accordent totalement avec les données du PCH, ainsi qu'avec certains de nos résultats acoustiques. Notre propre argumentation traitera de la conjugaison de certains verbes bi-consonantiques.

- Une géminée résulte d'une séquence de deux consonnes identiques :

(18)	a.	/ut=t/	[utt]	frappe-le
	b.	/gn-n/	[gnn]	ils dorment

Cette représentation rend mieux compte de l'homophonie entre la forme (18b) par exemple et /g-nn/ « mets là-bas » en répondant adéquatement aux deux questions de la fusion articulatoire et de la durée (voir Dell et Elmedlaoui 1997b pour plus de détail). Les mesures



de certains paramètres temporels entreprises dans la partie acoustique n'indiquent aucune différence de durée entre différents types de géménées. L'absence de différence de durée entre ces géménées est un argument en faveur d'une représentation de surface identique pour ces segments.

*- Alternance de longueur du préfixe réciproque :*

Pour construire un verbe réciproque, on préfixe une nasale labiale qui se réalise soit comme une simple /m/ soit comme une géminée /mm/. Le choix de l'une ou de l'autre forme dépend de la forme canonique de la base (nous représentons les géménées, pour les distinguer d'une suite de deux consonnes, par le symbole C:)

(19)	a.	CCV	kti	mmkti	« se souvenir »
	b.	C:V	ttu	mmttu	« oublier »
	c.	CV	zara	mzara	« voir »

Le comportement identique des formes (19a-b) découle de la représentation des géménées alors qu'il reste inexplicé si /C:/ était un segment qui ne se distingue de /C/ que par un trait distinctif. D'autres arguments ont été développés par Dell et Elmedloui (1997b) en faveur de la représentation des géménées comme une suite de deux positions prosodiques. La syllabation et la morphologie à schèmes par exemple montrent aussi l'équivalence prosodique entre une géminée et une suite de deux segments brefs.

*- Les géménées et l'épenthèse :*

Le parler tamazight a un processus d'insertion vocalique (Guerssel 1978). La voyelle chva est insérée pour permettre la syllabification de séquences d'obstruantes adjacentes. Dans ce dialecte berbère, la suite CCV se comporte vis-à-vis de l'épenthèse comme la suite C:V.

(20)	a.	bdu	[əbdu]	« commence »
	b.	ddu	[əddu]	« part »
	c.	su	*əsu	« bois »

Le chva est inséré dans les formes əCCV et əC:V mais pas dans la forme CV. La forme (20b), commençant par une géminée, représentée comme une séquence de deux consonnes, se comporte d'une manière prédictible comme la forme (20a) qui commence aussi par une suite de deux consonnes.

### *Les verbes bi-consonantiques et tri-consonantiques*

Nous présentons ci-dessous un autre argument en faveur d'une représentation positionnelle des gémées. Considérons le mode de conjugaison de certains verbes. En chleuh, et en berbère en général, les verbes composés de deux consonnes et de trois consonnes sont conjugués à l'accompli (1<sup>er</sup> personne du singulier) en suffixant l'enclitique /iR/ et /R/ respectivement. Le choix entre /-iR/ et /-R/ dépend de la forme canonique de la base. Si cette forme est composée de deux segments, l'enclitique /-iR/ est affixée (21a-b). Si elle est composée de trois consonnes (21c-d), /R/ qui est affixé. :

(21)	a. CC	/ks/	/ks-iR/	« paître »
	b. C:	/kk/	/kk-iR/	« passer »
	c. CCC	/rks/	/rks-R/	« se cacher »
	d. C:C	/kks/	/kks-R/	« enlever »

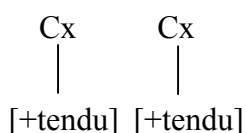
Le comportement identique des formes (21a-b) d'un côté et (21c-d) de l'autre découle de la représentation des gémées. Ce comportement reste inexpliqué si la première vélaire de /kks/ (21d) était un seul segment qui ne se distingue de sa contrepartie simple dans /ks/ que par un trait distinctif.

#### **5.2.2.3 Proposition intermédiaire :**

Comme nous l'avons indiqué plus haut, Saïb (1977) a développé des arguments aussi bien en faveur de la représentation en trait qu'en faveur de la représentation séquentielle. Pour rendre compte de cette ambiguïté, Saïb propose une analyse qui prend en compte à la fois la qualité et la quantité des gémées et fait l'hypothèse suivante :

*All geminates will be analysed as sequence of two identical consonants. However, they will be redundantly specified as [+tense]*

Il propose la convention suivante :



Les arguments en faveur de la représentation positionnelle des gémées suffisent à contrer cette convention. Les deux arguments qui sont présentés par Saïb ont fait l'objet d'une critique par Guerssel (1978) qui donne une explication au comportement des gémées en se basant essentiellement sur la convention mentionnée plus haut : « Adjacency-Identity Constraint ».

### **5.2.3 La représentation des géminées en chleuh**

Selon l'interprétation la plus récente de leur théorie du renforcement « enhancement theory », Keyser et Stevens (2003) postulent que si une opposition phonologique définie par un trait distinctif manque de proéminence perceptuelle, elle peut être renforcée par des gestes articulatoires secondaires. Cette hypothèse correspond plus ou moins à l'approche de Steriade (1997). Sa théorie « licensing by cue » postule que les oppositions phonologiques sont parfois transférées dans certaines positions où leur perception est moindre. Mais ce transfert se fait uniquement au prix d'un effort articulatoire supplémentaire. On peut interpréter cet effort articulatoire comme un geste de renforcement dans la théorie de Keyser et Stevens. C'est dans cette optique que nous interpréterons nos résultats acoustiques et articulatoires.

En nous basant sur la théorie du renforcement, notre argument est qu'en berbère la durée est le mécanisme de base qui permet de distinguer les simples des géminées. Nous montrerons, en nous basant sur nos résultats acoustiques et articulatoires, que la durée est parfois associée à d'autres corrélats, notamment pour les occlusives. Nous considérerons ces corrélats comme une manifestation de la force articulatoire qui caractérise ces segments.

#### ***5.2.3.1 Le corrélat de base***

Nos résultats acoustiques et articulatoires ont montré, d'une manière systématique, que les géminées occlusives ou fricatives sourdes ou sonores, sont toujours plus longues que leurs contreparties simples. La non perception de cette différence de durée en position initiale absolue pour les occlusives sourdes ne signifie pas son absence. Les mesures que nous avons effectuées en nous basant sur nos données aérodynamiques, montrent que la durée de l'occlusion est différente entre les simples et les géminées dans cette position. Nous avons même observé que la durée d'occlusion pour la géminée dans cette position tend à être plus longue qu'en position intervocalique ou finale. La propriété acoustique de la durée caractérise donc à chaque fois les segments géminés indépendamment du contexte, qu'ils soient en position initiale, intervocalique ou finale, précédés ou pas d'une voyelle.

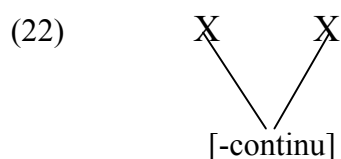
#### ***5.2.3.2 Corrélats secondaires***

Nous avons aussi considéré d'autres corrélats potentiels de la gémination. Certains de ces corrélats sont interprétés comme des corrélats de renforcement de l'opposition simples/géminées. Ils sont secondaires dans le sens où ils sont contextuellement limités et ne

concerne que certains segments mais pas d'autres. C'est le cas notamment de l'abrègement de la voyelle précédente et de l'ouverture glottale plus importante :

- a. La voyelle s'abrège significativement devant les occlusives géminées pour tous les locuteurs. Elle tend aussi à s'abrèger devant les fricatives géminées, mais des variations interlocuteurs ont été observées.
- b. Les occlusives géminées sourdes présentent une autre caractéristique qui permet de les distinguer de leurs contreparties simples. Elles sont produites avec une amplitude d'ouverture glottale systématiquement plus importante. Une telle différence d'amplitude n'a pas été observée entre les fricatives géminées et leurs contreparties simples.
- c. Les simples, contrairement aux géminées, sont parfois produites avec une occlusion incomplète. Cette occlusion incomplète est généralement considérée comme la manifestation d'une articulation relâchée par opposition à une articulation forte (cf. Lavoie 2001). Nous avons interprété ce paramètre comme une manifestation d'une force de contact accrue entre le palais et la langue. Concernant les occlusives en position initiale absolue, une possibilité est que cette force de contact est encore plus intense pour ce type d'occlusives. On peut supposer que cette caractéristique secondaire est devenue suffisamment importante et systématique dans le comportement des locuteurs au point qu'ils ont appris à l'utiliser pour aider à renforcer la distinction phonologique de durée aussi bien pendant la production que pendant la perception.

Pour résumer, l'opposition simple/géminée est rendue principalement par la durée (la durée de l'occlusion pour les occlusives). Ce trait est acoustiquement présent dans tous les contextes et permet de distinguer tous les segments géminés de leurs contreparties non géminées. Cependant elle est renforcée par des corrélats secondaires de force d'articulation, plus particulièrement pour les occlusives géminées. Sur la base de ces résultats nous présentons les géminées avec deux positions prosodiques liées à un seul élément mélodique. Les occlusives géminées auront ainsi la représentation (22) :



Nous interprétons la couche prosodique comme « une couche de durée » qui renvoie à la durée des segments : les deux positions se traduisent par une durée plus longue<sup>1</sup>. L'aspect « force d'articulation » spécifie au niveau phonétique les représentations du type (22). Nous allons montrer que cette représentation rend adéquatement compte de l'incapacité des géminées tautomorphémiques à se spirantiser.

---

<sup>1</sup> Voir aussi Lahiri & Hankamer (1988) pour une même approche.

### 5.3 La gémination et la spirantisation

Cette section traitera d'un aspect particulier des géménées, notamment leur incapacité à se spirantiser, un aspect qui reflète « l'inaltérabilité » des géménées. Nous commencerons par présenter un aperçu sur les différentes analyses développées par plusieurs auteurs pour rendre compte de ce phénomène. Nous allons ensuite présenter les données sur le parler chleuh de Haha (désormais PCH) où les occlusives simples non coronales se spirantisent. Le comportement des différents types de géménées vis-à-vis de la spirantisation sera développé dans la section (5.3.2.2). La section (5.3.2.3) traitera de la gémination morphologiquement alternante attestée en PCH et dans les autres parlers chleuhs.

#### 5.3.1 L'inaltérabilité des géménées

Les géménées résistent à certains processus phonologiques que leurs contreparties simples subissent. Pour illustrer ce cas de figure et les différentes tentatives pour rendre compte de ce comportement, nous reproduisons ci-dessous le cas très connu de la spirantisation en tigrinya. Dans cette langue, à l'image de l'hébreu biblique mentionné plus haut, les occlusives post-vocaliques se spirantisent<sup>2</sup>. Les exemples ci-dessous sont tirés de Hayes (1986a : 336-7)

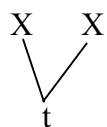
(23)	a.	Singulier	Pluriel	
		kAlbi	ʔaxalɨb	« chien »
		ɡAnʔi	ʔaɣanɨʔ	« terrain »
	b.	fAkkaɾa	fAkkaɾa	« he boasted »
	c.	mɨrak-ka	mɨrax-ka	« veau, 2sg. masc. »
	d.	yɨ-t-kAfɔt	yɨkkAfɔt	« ouvrir, passive »

La spirantisation n'affecte pas la géminée (23b) même si la première moitié de ce segment est post-vocalique. Cet aspect des géménées est décrit par Hayes (1986a : 321) comme suit : « *Long segments often resist the application of rules that a priori would be expected to apply to them.* ». Schein et Steriade (1986 : 691) font la même observation : « *Geminate structures can not allow one half of the cluster to undergo a rule that the other half does not undergo.* » Pour Schein et Steriade (ibid), le segment (24) peut soit subir une règle, auquel cas chaque

<sup>2</sup> Seules les occlusives vélaires se spirantisent dans cette langue. En hébreu biblique, la spirantisation affecte toutes les occlusives non-emphatiques.

position associée à ce segment sera affectée, ou la bloquer auquel cas aucune spécification des deux positions ne sera affectée.

(24)



Ils ajoutent : « *There is no third alternative* ». Ce que Schein et Steriade excluent est en réalité le cas d'altérabilité partielle des géminées. Par altérabilité partielle, nous entendons les cas où des processus phonologiques affecteraient uniquement une moitié de la géminée en gardant l'autre intacte. Cette affirmation rend donc possible le changement suivant /kk/ → [xx] mais exclut les cas \*[xk] ou \*[kx].

Nous allons présenter ci-dessous un aperçu assez succinct des propositions qui ont été faites pour rendre compte des données du type (23). Nous ferons notamment référence aux travaux de Hayes (1986a) et Schein et Steriade (1986). Ces trois approches rentrent dans le cadre de ce qu'Elmedlaoui (1993) appelle : « Notational Treatments of geminates ». Nous lui empruntons cette phrase pour servir de titre de la section suivante. D'autres analyses qui ne rentrent pas dans ce cadre ont été récemment développées. Nous présenterons notamment les résultats de l'analyse d'Elmedloui (1993) pour le cas du berbère.

### 5.3.1.1 Le traitement «notationnel» des géminées

Hayes (1986a), à qui nous devons le terme « inaltérabilité », ainsi que Schein et Steriade (1986) ont développé leurs analyses dans le cadre de la phonologie autosegmentale. Hayes postule qu'il est souvent possible de prédire quelle règle phonologique sera bloquée par la gémination « *The prediction follows from rather minimal assumptions about how rules apply to forms* » (ibid : 321). Selon Hayes, les règles qui sont sujettes à l'inaltérabilité sont celles qui mentionnent la couche mélodique ET la couche prosodique. Les règles qui échappent à l'inaltérabilité ne mentionnent qu'une seule couche. Comment déterminer quand une règle doit mentionner une couche particulière ? Hayes établit trois critères pour répondre à cette question :

1. Toute règle qui mentionne les traits distinctifs autres que le trait [syllabique] doit mentionner la couche mélodique
2. Toute règle qui fait appel à une classe de consonnes ou une classe de voyelles doit mentionner la couche prosodique où la syllabité est représentée

3. Toute règle qui fait référence à la position au sein de la syllabe doit mentionner la couche prosodique.

Les règles qui mentionnent les deux couches incluent des lignes d'association dans leurs descriptions structurelles et c'est la structure d'association des géménées qui déterminerait leur inaltérabilité :

*Linking Constraint :*

Association lines in structural descriptions are interpreted as exhaustive.

La règle de spirantisation en tigrinya mentionne les deux couches : elle mentionne la couche prosodique pour identifier la position post-vocalique et la couche mélodique pour identifier l'occlusive vélaire. Hayes postule la règle suivante pour rendre compte de la spirantisation dans les formes (23a) :

(25) La spirantisation en tigrinya :

- son  $\longrightarrow$   $[+ \text{ continu}] \begin{array}{c} \diagup \text{V} \\ \diagdown \end{array} \begin{array}{c} \text{C} \\ \hline \end{array}$   
 + arrière

La règle de spirantisation ne pourra pas s'appliquer aux géménées car la description structurelle de la règle fait référence à une seule ligne d'association entre la cible et son unité prosodique, la géminée étant associée à deux unités prosodiques. La contrainte d'association prédit aussi la spirantisation du premier /k/ des formes (23c) ainsi que l'inaltérabilité des géménées issues d'une assimilation complète (23d) :

(26) a. Inaltérabilité de /kk/

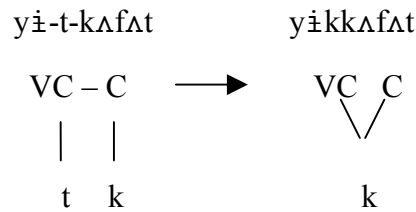
$f\Delta k k \Delta r \Delta$                        $*f\Delta x x \Delta r \Delta$   
 $\begin{array}{c} \text{V} \text{C} \text{C} \\ \diagdown \quad \diagup \\ \text{k} \end{array}$

b. Spirantisation de /k-k/

$m\grave{i}r\acute{a}k\text{-}k\acute{a}$                        $m\grave{i}r\acute{x}\text{-}k\acute{a}$   
 $\begin{array}{c} \text{V} \text{C} + \text{C} \\ | \quad | \\ \text{k} \quad \text{k} \end{array} \longrightarrow \begin{array}{c} \text{V} \text{C} \text{C} \\ | \quad | \\ \text{x} \quad \text{k} \end{array}$



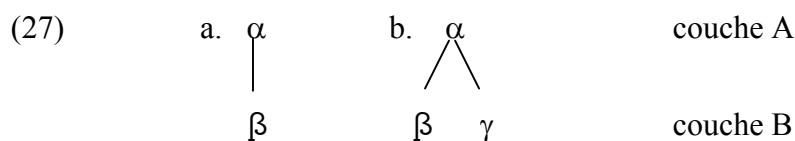
c. Inaltérabilité de /kk/ issu d'assimilation complète :



Selon cette analyse, la règle d'harmonie vocalique en lithuanien, mentionnée dans la section (5.2.1.3), s'appliquera aux voyelles longues, conformément à la contrainte d'association. La description structurelle de cette règle ne contient en effet aucune ligne d'association puisqu'elle ne mentionne que la couche mélodique. La contrainte d'association permet donc à la règle de s'appliquer librement aux voyelles simples et aux voyelles longues.

Pour Schein et Steriade (1986), les règles qui s'appliquent aussi bien aux simples qu'aux géminées tendent à appartenir à une même classe de règles dans le sens où elles ne requièrent que des informations segmentales. L'inaltérabilité des géminées est donc entièrement prédictible à partir de la façon dont les règles, qui s'appliquent aux simples, sont formulées : *« Rules' applicability to a multiply linked autosegment (in a geminate or in a partially assimilated cluster) can always be predicted from the way the rule must be formulated when only singly linked autosegments are considered. »* (ibid : 693-4).

Pour Schein et Steriade, les structures (27) peuvent être affectées différemment selon la description structurelle de la règle. :



Si la règle affectant  $\alpha$  impose des conditions qui sont satisfaites par  $\beta$  et non par  $\gamma$ , alors la règle ne pourra pas s'appliquer aux formes ayant la structure (27b). Si par contre, la règle affecte un élément  $\alpha$  de la couche A et qu'aucune condition n'est imposée sur les éléments  $\beta$  associés à cet  $\alpha$ , alors la règle s'appliquera aussi bien à (27a) que (27b) sans distinction entre segments simples ou segments doublement liés (géminées). Schein et Steriade établissent la condition suivante :

*Uniform applicability condition :*

Given a node  $n$ , a set  $S$  consisting of all nodes linked to  $n$  on some tier  $T$ , and a rule  $R$  that alters the contents of  $n$ : a condition in the structural description of  $R$  on any member of  $S$  is a condition on every member of  $S$ .

Ils formulent la règle suivante pour rendre compte de la spirantisation post-vocalique des formes (23a) :

$$\begin{array}{c}
 \text{(28)} \quad r \rightarrow [+continu] / \begin{array}{c} \begin{array}{c} [+arrière] \\ | \\ \hline \end{array} \\ \begin{array}{cc} X1 & X2 \\ | & \\ N & \end{array} \end{array} \quad (X2 \text{ est adjacent à } X1) \\
 N = \text{noyau syllabique}
 \end{array}$$

La règle (28) n'est pas une règle segmentale mais plutôt « *a dependent structure rule* » dans le sens où la règle fait référence aux informations contenues dans la couche mélodique [+ arrière] et aussi la couche prosodique en stipulant l'adjacence entre le déclencheur (X1) qui est noyau de la syllabe et la cible (X2). Cette adjacence explique le blocage de la spirantisation dans les formes (23b). Des deux positions de la géminée /kk/, seule la première position est adjacente au noyau : « *A rule is blocked when only one X in the target sequence satisfies its structural description* » (ibid : 712).

### 5.3.1.2 Le 'Principe du développement inertiel' : Elmedlaoui (1993)

Elmedlaoui (1993 : 133) a émis certaines critiques à l'égard des traitements notationnels des géminées : « *What is common, on the theoretical level, to most of these proposals, and to the move consisting of devising notational phonological constraints in general, is the fact that, as stigmatized by Ohala (1990 : 267), those principles and constraints are, so to speak 'established by decree'.* » Inkelas et Cho (1993) ont aussi mis en lumière les lacunes de ces deux analyses. Les processus de syllabification, par exemple, qui font référence aux informations prosodiques et mélodiques devraient, à l'instar des autres processus, faire état d'inaltérabilité due à la contrainte d'association (Hayes 1986a). Pourtant en coréen, par exemple, la règle ou la contrainte qui exclut les vélaires nasales en position d'attaque s'applique aussi bien aux simples qu'aux géminées : [kaŋ] mais \* [aŋa, aŋŋa]. Une autre

faiblesse des approches adoptant un traitement notationnel des géménées est qu'elles partagent tacitement, au niveau empirique, le postulat qu'une règle de spirantisation qui s'appliquerait uniquement aux géménées seraient aussi naturelle que celle dont l'application serait restreinte aux segments simples. Ces deux types de règles sont concevables au vu de ces propositions et leurs applications ne violeraient aucune des conditions ou contraintes recensées par Hayes et Schein et Steriade (cf. Elmedlaoui 1993 : 134).

« *What in geminates makes them often different from simplex segments in phonological behavior ?* » C'est à cette question qu'Elmedlaoui (1993) a essayé d'apporter une réponse différente de celles que nous venons de citer. Elmedlaoui a exploré une approche alternative, viz. le Principe de Développement Inertiel (désormais PDI) initialement conçu par Foley (1977). La généralisation majeure que le PDI souligne concernant les géménées est que, pour tout ensemble de traits [F] qui participe à la détermination du degré de sonorité des segments, la distribution (sous-jacente ou dérivée) des valeurs [ $\alpha$  F] entre les simples et les géménées est telle que les géménées se voient systématiquement attribuer la valeur [ $\alpha$  F] qui diminue la sonorité, tandis que les segments simples, dans le contexte approprié, se voient systématiquement attribuer la valeur [ $-\alpha$  F] qui augmente la sonorité. Ce principe et les généralisations qui en découlent apportent selon Elmedlaoui une réponse à la question suivante : « Pourquoi une alternance simple/géminée comme b/ $\beta\beta$  n'est jamais attestée tandis que  $\beta$ /bb est très largement répandue ? » Il a illustré l'applicabilité de ce principe en examinant l'alternance spirante/occlusive en hébreu, en rifain et en kabyle. Nous nous limiterons dans ce résumé aux cas des deux dialectes berbères. Selon Elmedlaoui, la direction historique du changement phonétique : occlusive  $\rightarrow$  spirante, ne peut aujourd'hui rendre compte de l'alternance au niveau synchronique. Cette affirmation qui est à la base de son analyse concerne les faits des dialectes berbères suivants tels qu'ils ont été analysés par Saïb (1976) pour Ayt Ndhir, El Kirat (1987) pour le Beni Iznassen, Chaker (1984) pour le kabyle et Tangi (1991) pour le rifain. Selon Elmedlaoui, deux processus historiques ont essentiellement contribué à établir la situation synchronique actuelle :

1. La réduction très importante au point de vue quantitative d'un nombre considérable de géménées lexicales dans des environnements qui ne peuvent plus être « systématisés ».
2. L'emprunt, essentiellement aux dialectes arabes, d'un nombre important de mots contenant des occlusives simples sans les spirantiser.

Le premier changement, l'émergence d'occlusives simples résultant des géminées, a facilité la non spirantisation des occlusives simples des emprunts. Cette nouvelle situation rend donc l'établissement d'une règle synchronique de spirantisation impossible puisque seuls les segments appartenant à un fond lexical ancien participe à la distribution lexicale ou à l'alternance phonologique et morphologique entre les spirantes simples et les géminées occlusives. Pour Elmedlaoui, la seule façon de rendre compte de cette alternance est d'établir la règle d'occlusification (29) qui pourra rendre compte entre autres des données (30) ci-dessous :

(29) Strengthening Rule (pour le kabyle).

- a. [- sonorant]  $\longrightarrow$  [- continu]
  - b. PSPV<sup>3</sup> : S<sub>N</sub>, dans des environnements dérivés.
- (Voir plus bas sur la notion S<sub>N</sub>)

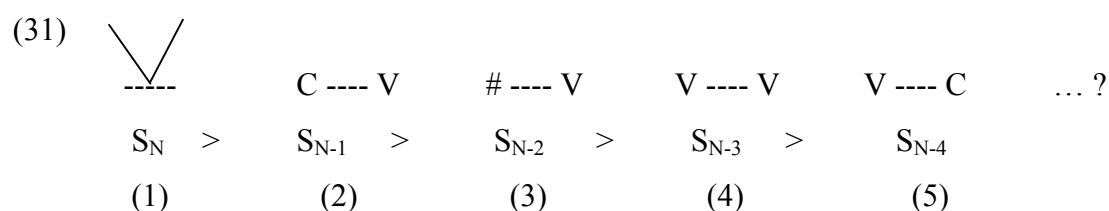
(30)	aoriste	inaccompli	
	fθl	fttl	« rouler »
	χðm	χddm	« travailler »
	sβR	sbbR	« peindre »

La règle d'occlusification selon Elmedlaoui est un processus de fortition gouverné par le PDI et les généralisations qui en découlent (cf. Foley 1977). Parmi les principes du PDI, les deux ci-dessous ont été légèrement adaptés par Elmedlaoui (ibid. : 140) :

1. Les segments forts et les positions fortes ont priorité dans les processus de fortition de trait et dans la distribution des traits fortis.
2. Les segments faibles et les positions faibles ont priorité dans les processus d'affaiblissement de trait et dans la distribution des traits faibles.

La gémination selon ce principe est placée au bas de l'échelle de sonorité, autrement dit au niveau le plus haut de la force segmentale. Elmedlaoui, contrairement à Foley (1977), ne considère pas la gémination comme une propriété segmentale mais plutôt comme une propriété positionnelle ou moraïque. Par conséquent, il les range, par rapport à leur force

positionnelle relative, comme les consonnes les plus fortes, suivies par d'autres positions de plus en plus faibles (ibid. : 145) :



Un ensemble de généralisations peut être dérivé du PDI et de la classification (31) :

(32)

- a. Tout processus de fortition qui affecte un membre de (31) 1-5 affecte d'une façon redondante le reste des membres à sa gauche, et tout processus d'affaiblissement qui affecte un membre de (31) 1-5 affecte d'une façon redondante le reste des membres à sa droite<sup>4</sup>.
- b. Aucun processus d'affaiblissement de trait qui affecte un membre ou un ensemble de membres (31) 2 ne peut affecter (31) 1. Autrement dit, les géminées ne subissent jamais directement un processus d'affaiblissement.
- c. Dans les systèmes phonémiques où la gémination est réduite à une classe naturelle donnée, cette classe de segments doit être spécifiée exclusivement par les traits de renforcement<sup>5</sup>.

La généralisation (32b), celle qui nous intéresse le plus, constitue une manière plus globale et plus drastique d'exprimer la généralisation de Churma (1988 : 3) « No spirantization rule is restricted so as to apply only to geminates. » Pour Elmedlaoui, si on assume les principes du PDI et la représentation (31) selon laquelle la structure de la géminée représente la manifestation la plus forte d'une matrice de traits donnée, on ne peut nullement concevoir une alternance où des géminées peuvent participer à un processus qui introduirait des traits d'affaiblissement [+continu, + approximante, etc.]. Selon cette approche, seuls sont concevables les cas où les segments simples subissent des processus de lénition (weakening) dans un contexte donné tandis que leurs contreparties géminées dans les mêmes contextes,

<sup>3</sup> PSPV = Positional Strength Parochial Value.

<sup>4</sup> Cette clause constitue un développement de la généralisation de Churma (1988 : 4) « No strengthening process may affect only simplex consonants »

subissent un affaiblissement prosodique consistant en une réduction quantitative, avant de subir éventuellement un processus d'affaiblissement. La « graduation consonantique » en finnois est un exemple de la réduction quantitative (cf. Karlsson (1983 : 30-38) et Selkirk (1990 : 33-36)) et le cas de la dégémination en position finale du mot en hébreu est un autre exemple de la réduction quantitative suivie d'affaiblissement.

Revenons à la règle (29). La clause (29a) stipule sans plus de détail que les obstruantes en kabyle se réalisent comme des occlusives. En référence à l'échelle de force positionnelle (31), la clause (29b) considère les géménées comme le point paramétrique de l'échelle à partir duquel la clause (29a) est activée selon la première clause du PDI et la généralisation (32a). En Kabyle, toutes les géménées se voient systématiquement attribuées le trait [- continu] de l'alternance. La condition « environnement dérivé » est motivé uniquement par les segments stridents parmi les consonnes impliquées dans les dérivations morphologiques. Il n'a aucun effet sur les segments son-stridents puisque les géménées lexicales de ce type sont toujours [-continu]. Cela veut dire que /ββ/, /θθ/ et /ðð/ ne sont jamais attestés au niveau de la représentation lexicale du Kabyle, contrairement aux géménées stridentes qui sont largement répandues. Mais la règle (29) ne rend pas compte du cas de l'uvulaire /χ/ qui est une fricative non stridente mais qui ne participe pas à l'alternance fricative/occlusive géminée. Elmedlaoui n'a pas fourni d'explication pour rendre compte du comportement particulier de cette obstruante mais a signalé que, curieusement, toutes les formes qu'il a pu trouver sont des emprunts à l'arabe. Le cas des uvulaires est effectivement un cas assez particulier qui nécessite une étude approfondie pour déterminer exactement leurs particularités phonétiques et leurs comportements phonologiques. Nous avons montré dans la partie phonétique que les uvulaires /χ/ et /q/ se comportent différemment des autres obstruantes. Nous allons consacrer une partie de notre analyse ci-dessous à un autre cas particulier de l'uvulaire /q/.

L'analyse d'Elmedlaoui (1993), contrairement aux approches de Hayes et de Schein et Steriade, fait le lien entre la gémination et le phénomène de la fortition ou de la lénition. C'est la même approche que nous adoptons ici. Mais contrairement à Elmedlaoui, nous postulons un processus de spirantisation au lieu d'une occlusification.

---

<sup>5</sup> Les traits de renforcement sont : - vocoïde, - approximante, - sonorante, + consonantique, + - bas, - continu, + distributed, + spread glottis, + stiff vocal cords.

### 5.3.2 *La spirantisation en berbère chleuh*

Les berbérissants du 19<sup>e</sup> et du début du 20<sup>e</sup> siècles se sont basés sur des considérations géographiques et linguistiques, phonétiques plus particulièrement, pour classer les parlers berbères. Au Maroc, rappelons-le, cette classification distingue entre trois grandes aires dialectales :

1. Le rifain dans le Nord et le Nord-Est ;
2. Le tamazight dans le Centre et le Sud-Est ;
3. Le chleuh dans le Sud et le Sud-Ouest.

La spirantisation des occlusives, entre autres, a servi de facteurs discriminant pour élaborer cette classification. Biarnay (1917), par exemple, considère la spirantisation des occlusives comme un des plus importants traits qui permettent de distinguer les parlers du Nord des parlers chleuhs. Le tamazight et le rifain sont considérés comme des parlers spirants et le chleuh comme parler occlusif. Saïb (1974 : 2) va dans le même sens : « The southern dialects (e.g. Tachelhit and Twareg) lack the series of non-strident spirants and exhibit instead simple stops in cognate alternations. ». Les parlers chleuhs ne sont pas tous des parlers occlusifs. Le parler dont nous sommes locuteur natif spirantise la labiale sonore et les vélaires et labiovélares. Galand l'avait déjà signalé en 1953 : « J'ai déjà rappelé que « les occlusives » ne sont pas parfaites dans tous les parlers du groupe chleuh » en ajoutant « voilà un sujet d'étude ». Nous avons traité de ce sujet dans Ridouane (1999).

Seules la labiale sonore /b/, les vélaires /k, g/ et les labiovélares /k<sup>o</sup>, g<sup>o</sup>/ spirantisent en berbère chleuh. Les dentales ne spirantisent pas (nous allons traiter du cas de l'uvulaire plus loin). Une raison est que la spirantisation commence généralement par affecter les labiales et les vélaires. D'après Fergusson : « Across-the-board spirantisation processes tend to start with labials and velars and then spread to dentals » (Cité par El Kirat 1987 : 195). Une preuve de cette tendance générale est que généralement seuls les parlers qui atteignent différents degrés de spirantisation des vélaires (x, ɣ, ʃ, ʒ, ø) spirantisent aussi les dentales (voir le cas des parlers berbères résumés dans Ridouane 1999). Nous avons examiné une liste de langues qui spirantisent les occlusives, d'après une base de données établie par Lavoie (1996). Sur les 27 langues ayant le processus de spirantisation, seule une langue (Dahalo, parlée au Kenya) spirantise les dentales mais pas les vélaires. Toutes les autres langues qui spirantisent les dentales spirantisent aussi les labiales et les vélaires. A l'inverse, les langues qui spirantisent les labiales et les vélaires ne spirantisent pas forcément les dentales. Ces observations vont à l'encontre des prédictions de Kohler (1991, 1995) concernant l'effort articulaire et

l'instabilité supposée des gestes articulatoires pendant la tenue des dentales. Ohala (2002) a procédé à une étude acoustique sur des données de la parole spontanée en hindi et a trouvé que la labiale /b/ et les vélaires se fricativisent très souvent. Elle n'a trouvé aucun cas de spirantisation des occlusives dentales. La spirantisation en chleuh n'affecte que les occlusives simples ; les occlusives géminées résistent à la spirantisation. /b/, qui est la seule labiale occlusive simple en berbère chleuh se spirantise et devient [β] sauf quand elle est immédiatement au contact d'une nasale labiale, auquel cas l'occlusion est maintenue. L'aspect central de notre analyse concernera cette impossibilité des géminées à se spirantiser. On s'intéressera plus particulièrement à deux aspects : la spirantisation des géminées hétéromorphémiques et l'alternance entre géminées occlusives et simples spirantes dans le cadre de l'analyse de la gémination morphologique.

### 5.3.2.1 Le statut phonologique des spirantes

Le PCH présente une alternance entre spirantes simples et occlusives géminées.

(33)	Aoriste	Inaccompli	
	rβu	rbbu	« porter »
	xl	kkal	« passer la nuit »
	ɣn	ggan	« se réchauffer »

Pour rendre compte de l'alternance spirante simple ~ occlusive géminée, on a le choix entre deux règles : une règle d'occlusification ou une règle de spirantisation selon le statut phonologique attribué aux spirantes dans les formes (33). L'analyse que nous défendrons ci-dessous est qu'il s'agit d'une règle de spirantisation qui modifie les occlusives non coronales simples en spirantes correspondantes.

L'alternance présentée dans (33) est attestée dans plusieurs parlers berbères du Nord (e.g. le parler rifain d'Ayt Ndhir (Saïb 1976), le parler rifain de Beni Iznassen (El Kirat 1987) et le kabyle (Chaker 1984)). Elmedlaoui (1993) dans son analyse présentée ci-dessus traite plus particulièrement du cas du kabyle. Une différence majeure entre ces parlers et le PCH concerne le statut phonologique des spirantes. Selon les différents auteurs cités ci-dessus, la direction historique du changement occlusive → spirante ne peut plus rendre compte des données synchroniques. Selon Elmedlaoui (1993 : 158) : « [...] *the traditionally assumed, and recently questioned [...] historical change, namely spirantisation, can no more account adequately for the alternation in its present synchronic state* ». La règle qui rend compte des alternances dans les formes de type (33) dans les parlers berbères du Nord est donc une règle



d'occlusification et non une règle de spirantisation (cf. Saïb 1974, El Kirat 1987, Elmedlaoui 1993). Les raisons que ces auteurs ont avancées pour justifier cette approche ne s'appliquent pas au cas du berbère chleuh.

Le parler rifain de Beni Iznassen (PBI), décrit par El Kirat, est aussi un parler spirant. Les coronales simples /t, d/ se réalisent toujours /θ, ð/ respectivement sauf quand elles sont immédiatement au contact de /m, n, l/, auquel cas les coronales simples restent occlusives. Les vélaires et leurs homologues labialisées se spirantisent dans tous les contextes. La gémination, comme en PCH, bloque la spirantisation. Un ensemble d'arguments justifie selon El Kirat le statut phonémique des spirantes. Elles sont attestées dans la forme verbale de base, qui est la catégorie la moins marquée. Le parler rifain contient une grande quantité d'emprunts arabes qui sont intégrés au lexique local tout en gardant l'aspect occlusif de leurs segments. Cette adaptation des occlusives sans les spirantiser a été facilitée par la réduction quantitative qui a affecté les géménées, comme le montrent les formes (34). Les mots de la deuxième colonne sont leurs contreparties en PCH où la gémination est maintenue :

(34)	<i>PBI</i>	<i>PCH</i>	
	θabrat	taβratt	« lettre »
	θazðat	tusditt	« femme maigre »
	θazəlɪt	taylitt	« reine »

Cependant, la raison majeure qui pousse à considérer les spirantes comme phonèmes sous-jacents est la non productivité de la spirantisation synchroniquement. Pour El Kirat (ibid : 280) : « *The non productivity of the process led us to posit the single non-strident spirants as the underlying segments.* » La même tendance a été observée en kabyle aussi (Chaker 1984). La situation actuelle dans ce parler se caractérise par un enrichissement du système phonémique par des occlusives qui ne participent plus à l'alternance spirante/occlusive. L'émergence de cette nouvelle série d'occlusives simples fait dire à Chaker (ibid : 85) « [...] *pour toutes ces occlusives simples, on assiste incontestablement à une évolution générale allant dans le sens de leur phonologisation.* » Au vu de cette nouvelle situation, Elmedloui (1993 : 160) conclut : « *This new situation makes it impossible to state a spirantizing rule for Rifain and Kabyle, since only segments of the ancient lexical stratum participate in the lexical distribution or morphological and phonological alternation, between simplex continuants and geminates stops.* »

La situation en PCH est différente. Un ensemble d'arguments indique que les spirantes dérivent d'occlusives sous-jacentes. Une raison de postuler les occlusives simples sous-jacentes est la tendance universelle des langues à préférer les occlusives aux fricatives dans la structure sous-jacente. Un système phonologique avec /k/ est plus naturel qu'un système avec /x/. L'existence de /x/ présuppose l'existence de sa contrepartie occlusive /k/ et non pas l'inverse. D'après Jakobson (1968 : 51) : « *The acquisition of fricatives presupposes the acquisition of stops in child language ; and in linguistic systems of the world the former cannot exist unless the latter exists.* »

Un autre argument important est que les géminées occlusives labiales et vélaires en PCH restent géminées et se distinguent des simples spirantes aussi bien en terme de durée que de mode d'articulation (cf. Ridouane 1999, Loauli et Maddieson (1999). Nous avons vu que les occlusives géminées en rifain et en kabyle par exemple ont tendance à se dégémérer et à se réaliser comme des occlusives simples. Le mode d'articulation occlusive vs. fricative étant suffisant pour distinguer les spirantes des occlusives simples. Le maintien de l'aspect géminé des occlusives en PCH, qui est apparemment contraire au principe d'économie, s'explique par l'existence d'une série d'occlusives simples non spirantisées : les dentales /t, d/ et les emphatiques /T, D/. Cet aspect distingue le PCH des parlers berbères du Nord où la spirantisation a affecté tous les lieux d'articulation. Ce maintien de la gémination s'explique aussi par l'existence de la série (/b/, /k/ et /g/) qui est facilement identifiée et réalisée par les locuteurs du PCH. Certains peuvent supprimer la spirantisation en parlant avec les locuteurs d'un autre parler chleuh non spirant. C'est notre cas personnel, nous spirantisons généralement en parlant avec les membres de notre famille ou avec tout autre locuteur du PCH, mais rarement avec les autres Chleuhs. Nous pouvons donc réaliser une même forme avec ou sans spirantisation. Les locuteurs du PCH considèrent les formes /akal/ et /axal/ comme deux prononciations d'un même mot qui signifie "terre". L'unique caractéristique distinctive de ces deux formes est de nature sociolinguistique. En effet, il suffit qu'un locuteur d'un autre parler chleuh entende un locuteur du PCH pour remarquer l'existence de cette variante et si on lui pose la question il croit savoir d'où vient la personne qui a parlé.

Contrairement aux parlers rifains, la spirantisation est un processus synchronique en PCH. Les locuteurs de ce parler spirantisent les vélaires des mots empruntés aux autres langues, en l'occurrence l'arabe marocain, comme le montrent les formes (35). Les formes dans la troisième colonne sont leurs contreparties dans le parler rifain de Beni Iznassen (PBI). Notez la différence dans la nature des vélaires entre ces deux parlers berbères :

(35)	<i>PCH</i>	<i>Arabe marocain</i>	<i>PBI</i>	
	lxas	lkas	lkas	« verre »
	ħxm	ħkem	ħkem	« gouverne »
	lxttan	lkettan	lkettan	« tissu »
	aγzzar	agezzar	lgezzar	« boucher »

### 5.3.2.2 Les différents types de géménées et la spirantisation

Il y a plusieurs types de géménées en berbère chleuh. Les géménées lexicales, dont les occurrences sont imprédictibles, doivent être représentées dans le lexique. Nous fournissons ci-dessous quelques exemples illustrant cette opposition :

(36)	ismun	« il a ramassé »	ismmum	« il est acide »
	ruħ	« pars, imp. »	rruħ	« âme »
	sir	« va, imp. »	ssir	« lacet »
	ili	« aie, imp. »	illi	« ma fille »
	ifis	« loup »	ifiss	« il est silencieux »

Les géménées morphologiques dérivent de processus morphologiques comme la formation des inaccomplis et la dérivation des pluriels :

(37)	a.	aoriste	inaccompli	
		ls	lssa	« porter »
		ftu	fttu	« marcher »
		sR	ssaR	« acheter »
	b.	singulier	pluriel	
		afus	ifassn	« main »
		aDar	iDarn	« pied »

Les géménées phonologiques dérivent d'une assimilation entre deux segments adjacents. Ci-dessous quelques exemples où les suffixes du féminin ou de la forme diminutive, sont attachés à des mots se terminant par des consonnes qui ont les mêmes places d'articulation :

(38)	/t-afud-t/	tafutt	« genou »
	/t-agDiD-t/	!tagDitt	« oiseau »

Un dernier exemple concerne les géménées hétéromorphémiques dérivées par concaténation : (e.g. *yiwid#dis* « il a ramené avec lui »). Quand deux segments identiques sont séparés par une frontière morphologique, à l’instar de ce qui se produit dans plusieurs langues, une géminée est dérivée qui comme nous l’avons indiqué dans la partie acoustique de ce travail se produit avec une même durée que les géménées tautomorphémiques.

Ces différents types de géménées ne réagissent pas tous de la même manière vis-à-vis de la spirantisation. Nous traiterons ci-après de deux cas : les géménées hétéromorphémiques issues d’une concaténation et les géménées morphologiques. Dans le cadre de la phonologie autosegmentale, l’assimilation complète implique la propagation des traits d’un segment à un autre, créant ainsi une structure avec deux positions prosodiques liées à un seul élément mélodique (e.g. Halle & Vergnaud 1980, Steriade 1982, Hayes 1986b). McCarthy, à travers le « tier conflation », postule que les géménées issues de la concaténation de deux segments identiques sont aussi représentées avec deux positions prosodiques liées à un élément mélodique. Si ces argumentations sont correctes les différents types de géménées, quelles que soient leurs origines, auront les mêmes particularités phonétiques et un même comportement phonologique. C’est ce que nous allons examiner ci-dessous.

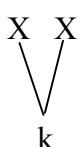
Concernant les différences acoustiques et articulatoires qui peuvent exister entre une géminée hétéromorphémique du type /k#k/ et tautomorphémique /kk/, nous avons montré que ces deux séries sont produites avec pratiquement la même durée d’occlusion, qui est le corrélat principal de la gémination. Par contre, les géménées hétéromorphémiques, contrairement aux géménées tautomorphémiques, n’abrègent pas systématiquement la voyelle qui précède. Au niveau articulatoire, nous avons aussi trouvé que les géménées hétéromorphémiques, comme n’importe quelle suite de deux occlusives différentes (e.g. /kt/ voir section 4.8.1), se réalisent avec une amplitude d’ouverture glottale moins importante que les géménées tautomorphémiques. Des différences peuvent donc exister, au niveau acoustique et articulatoire entre ces deux types de géménées. Ces différences au niveau phonétique se reflètent-elles au niveau phonologique ? Considérons les formes suivantes :

- |      |    |               |   |           |                              |
|------|----|---------------|---|-----------|------------------------------|
| (39) | a. | /ikkis/       | → | ikkis     | « poignée »                  |
|      |    | /tukkimt/     | → | tukkimt   | « poignée »                  |
|      | b. | /iwik kiyyi/  | → | iwixxiyyi | « ton fils à toi »           |
|      |    | /innayak kra/ | → | innayaxra | « il t’a dit quelque chose » |

Les formes (39b), contrairement à (39a), peuvent subir la spirantisation. Le fait que les géménées hétéromorphémiques présentent des différences au niveau phonologique implique que leur représentation doit être distincte de celle des géménées tautomorphémiques. Comme nous l'avons indiqué plus haut, la phonologie autosegmentale permet une telle différenciation et peut donc, comme pour le même processus en tigrinya, rendre adéquatement compte de la spirantisation des géménées hétéromorphémiques. Les deux représentations ci-dessous reflètent cette différence :

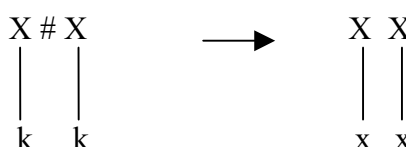
a. Inaltérabilité des géménées

/i-kkis/      \*ixxis



b. Spirantisation de /k#k/

/iwi-k#kiyyi/      →      i wixxiyyi



Considérons maintenant le cas des différences potentielles entre les géménées par concaténation et les géménées issues d'une assimilation complète. Nous allons illustrer nos propos en se servant du comportement des pronoms d'objet direct /k/ et /k°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 comme dans (40) ci-dessous, la spirantisation opère donnant ainsi lieu à des spirantes /xx/ et /x°x°/ longues :

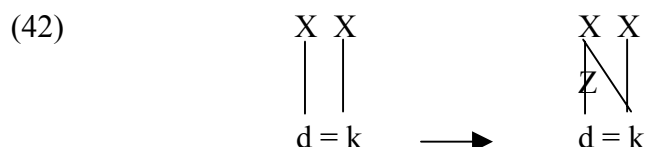
- (40)                      /t-s-ħrrk=k/                      tšħrrxx                      « elle t'a fait bouger »  
                               /t-ħrg=k°n/                      tħrx°x°n<sup>6</sup>                      « elle vous a brûlés »

Considérons maintenant le comportement de ces mêmes pronoms d'objet direct quand ils précèdent le verbe :

- (41)                      /rad=k i-ħrg/                      rakk iħrg                      “il te brûlera”  
                               /rad=k°n i-ħrg/                      rak°k°n iħrg                      “il vous brûlera”

Les géménées de (41) 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. Le /d/ sous jacent s'efface par convention « Stray Erasure » (cf. McCarthy 1981). Cette règle est formulée dans (42) :

<sup>6</sup> Le PCH a une règle de dévoisement régressif qui dévoise toute fricative, sous-jacente ou résultant de la spirantisation, devant une sourde (voir chapitre (6.4.2) et Ridouane (1999)).



L’output de cette ré-association, qui est une vélaire liée à deux positions dans le squelette, explique son incapacité à se spirantiser.

### 5.3.2.3 La gémiation morphologique

Nous avons indiqué au début de la section (5.3.2.1) que les gémées morphologiques présentent une alternance entre spirantes simples et occlusives gémées. D’autres cas que ceux cités dans (33) sont aussi attestés en PCH :

(43)	a.	/d/	$\approx$	/tt/		
		Di		TTay		“virer”
	b.	/R/	$\approx$	/qq/		
		rR		rqqa		“se réchauffer”

Les cas (43) sont attestés dans les autres parlers berbères. Ces alternances ont suscité l’intérêt de plusieurs chercheurs. Elmedlaoui (1985) a décrit le même phénomène pour le parler chleuh d’Imdlawn (PCI). Comme en PCH, cette alternance morphologique caractérise le processus de la formation de l’inaccompli :

(44)		Aorsite	Inaccompli	
	a.	Rr	aqqra	« lire »
	b.	kDu	kTTu	« sentir »
	c.	rwi	rg°g°i	« mélanger »

L’analyse d’Elmedlaoui, qui ne concerne que les alternances [R]  $\approx$  [qq] et [w]  $\approx$  [g°g°] est résumée dans les points suivants :

1. Il y a une opposition sous-jacente /R/ vs. /q/ et /w/ vs. /g°/ ;
2. [w] peut apparaître en surface ;
3. Il n’y a jamais d’alternance [g°]  $\approx$  [g°g°] ou [w]  $\approx$  [ww] ;
4. La gémiation morphologiquement alternante présente le phénomène d’occlusification.

Le parler chleuh de Tiznit (PCT), décrit par Lasri (1991), contient les mêmes géménées à mutation que celles du PCI (43). Lasri, dont l'analyse est principalement développée dans le cadre de la phonologie lexicale, part des constatations suivantes :

1. Hormis quelques exceptions, les géménées /RR/, /DD/ et /ww/ tautomorphémiques sont interdites ;
2. Dans les cas où la gémération est produite par un processus morphologique, les instances /RR/, /DD/ et /ww/ sont réalisées respectivement, /qq/, /TT/ et /g°g°/ ;
3. Au niveau lexical, les géménées /RR/, /DD/ et /ww/ sont possibles mais seulement comme résultat d'une assimilation.

En partant du principe de la préservation des structures, l'auteur postule que les géménées /RR/, /DD/ et /ww/, étant interdites dans les structures lexicales du PCT, sont tout naturellement prohibées aux autres stades de formation des mots. Au niveau post-lexical, le principe de préservation des structures n'est plus en vigueur. Ceci explique donc, selon lui, les occurrences des géménées [RR], [DD] et [ww] dans (45) produites par assimilation de deux segments qui ne font pas partie d'un même morphème :

(45)	/t-Duf/	DDuf	« elle surveille »
	/ rad nR-R/	radnRR	« je vais tuer »
	/yan ass/	yawwas	« un jour »

L'analyse défendue par Lasri pour expliquer ces alternances est résumée ci-dessous :

1. L'interdiction des géménées /RR/, /DD/ et /ww/, qui sont les trois qui ne figurent pas au niveau lexical ;
2. Les traits mis en œuvre afin de réaliser les correspondances sont les traits /voisé/ et /continu/. Dans les trois cas, ce sont les valeurs de ces deux traits qui sont affectées ;
3. Les traits de lieu d'articulation n'entrent pas en ligne de compte (i.e. dorsal et pharyngal pour R/qq, labial pour ww/g°g°, coronal et pharyngal pour D/TT).

Les faits qui sous-tendent l'analyse de Lasri ainsi que celle d'Elmedlaoui ne peuvent pas être valides pour le PCH, car les faits ne sont pas les mêmes. La géminée /ww/ existe bel et bien au niveau lexical en PCH<sup>7</sup> :

(46)	anuwwaʃ	« mouchard »
	tawwuri	« travail »
	tawwuxt	« hibou »

Dans le cas où la gémiation est produite par un processus morphologique /w/ ne se réalise que par sa correspondante géminée identique /ww/ :

(47)	nwu	nwwu	« cuire »
		*ng <sup>o</sup> g <sup>o</sup> i	
	rwi	rwwi	« mélanger »
		*rg <sup>o</sup> g <sup>o</sup> i	
	zwu	zwwu	“sécher”
		*zg <sup>o</sup> g <sup>o</sup> u	

Enfin, /w/ et /g<sup>o</sup>/ ainsi que /ww/ et /g<sup>o</sup>g<sup>o</sup>/ sont en opposition. Quelques paires minimales attestant de cette opposition sont présentées dans (48) :

(48)	awi	« prend, imp »	ag <sup>o</sup> i	« refuse, imp »
	iwza	« il a dépecé »	ig <sup>o</sup> za	« il est dégoûtant »
	tawwuxt	« hibou »	tagguxt	« tu es loin »

Les mêmes remarques s'appliquent aussi aux cas des dentales emphatiques. /DD/ existe au niveau lexical :

(49)	tiDDa	« sangsue »
	taDDinga	« vague »
	iDDr	« il est tombé »

Dans le cas où la gémiation est produite suite à un processus morphologique, /D/ peut se réaliser de trois façons différentes :

(50)			
a.	[DD] ou [TT]		
	rDl	rDDl	« prêter »
		rTTL	
	nDr	nDDr	« sauter »
		nTTr	
b.	[DD]		
	bDu	bDDu	« partager »
		*bTTu	
	xDu	xDDu	« sentir »

---

<sup>7</sup> Ces formes existent aussi en PCI et en PCT.



	*xTTu	
ħDu	ħDDu	« cacher »
	*ħTtu	
c. [TT]		
Dr	TTar	« tomber »
Di	TTay	« virer »

La gémination de /D/ peut donc se réaliser aussi bien comme /TT/ que comme /DD/. Rien ne semble motiver l'une ou l'autre réalisation. La seule différence observable est que les formes réalisées uniquement avec /TT/ contiennent toutes le segment simple en position initiale du verbe. Certains exemples attestent de l'existence d'une opposition entre les deux géminées /DD/ et /TT/.

(51)	ar i-mDDi	« il goûte »	ar i-mTTi	« jusqu'au larme »
	a-ħDDu	« cachette »	a-ħTTus	« nain »
	tiDDa	« sangsue »	tiTT-a	« cet œil-là »
	DDalm	« tyran »	TTalb	« homme de religion »

Nous ne comptons pas développer les faits des deux cas ci-dessus, notre analyse se limitera à l'alternance R/qq. Notre objectif est de montrer qu'une analyse de la gémination à mutation en PCH ne peut pas aligner l'alternance R/qq sur celle de D/TT ou w/g°g°, comme c'est le cas dans Elmedlaoui (1985) et Lasri (1991). Nous allons donc nous intéresser plus particulièrement au cas de l'occlusive uvulaire et de son alternance avec sa correspondante fricative sonore. Notre argumentation sera basée aussi bien sur les résultats de nos analyses phonétiques que sur la distribution de ces segments en PCH.

#### *Le cas des uvulaires*

Nos analyses acoustiques ont montré que /q/ et /qq/, contrairement aux autres occlusives simples et géminées, ne se distinguent pas en terme de durée d'occlusion. Les deux étant produites avec quasiment les mêmes durées. Nous avons aussi observé qu'aussi bien la simple /q/ que la géminée /qq/ abrège la durée de voyelle précédente. Pour les autres occlusives, la voyelle ne s'abrège que devant la série géminée. Au niveau articulaire nous avons aussi observé que la simple /q/ est produite avec une ouverture glottale systématiquement plus importante que les autres lieux d'articulation. Nous n'avons pas non plus observé de

différences importantes entre la durée ou le degré d'ouverture glottale entre la simple /q/ et la gémignée /qq/. Rappelons que pour les autres occlusives, la gémignée sourde est systématiquement produite avec une amplitude et une durée plus importantes que les simples correspondantes. Nous avons conclu au vu de ces résultats que l'uvulaire occlusive sourde se réalise principalement comme une gémignée. Les données sur la distribution de ce segment ainsi que de sa contrepartie fricative sonore confirmeront cette analyse.

Les uvulaires attestés dans le PCH sont les sourdes [qq] et les sonores [R] et [RR] et leurs homologues labialisées. Les quatre seules formes où nous avons relevé la présence d'une uvulaire qui paraît intuitivement être réalisée comme une simple sont listées dans (52a) :

(52)	a.	tasqaqqayt	« hoquet »
		tiqqraqawʃin	« castagnettes »
		ħqqiq	« regarder fixement »
		tqssf	« il a rétréci »
	b.	iʃqqa	« il est difficile »
		aqqʒdaw	« ferraille »
		alq°q°nayn	« lapin »
		iqqama	« il est resté »
	c.	aRrda	« souris »
		aRalim	« canne »
		aR°lal	« escargot »
	d.	aRRu	« lait fermenté »
		taRRat	« chèvre »
	e.	R°R°id	« ceux-ci »
		RRid	« par ici »

Un certain nombre de remarques est à faire à propos des données (52). Mis à part les formes (52a), /q/ simple est pratiquement inexistant dans l'inventaire lexical du PCH. Les deux premières formes de (52a) sont des onomatopées et la troisième est un emprunt récent à l'arabe. Notez que toutes ces formes contiennent dans le même radical une autre uvulaire sourde gémignée. Les exemples de /q/ simple dans Elmedlaoui (1985 : 140), qui sont en grande majorité des emprunts à l'arabe se réalisent en PCH comme des gémignées :

(53)	<i>PCI</i>	<i>PCH</i>	
	aquwwad	aquwwad	« proxénète »
	aqlmun	aqlmun	« capuchon »
	q°nD	q°q°nD	« désespère »

Le cas de la dernière forme /q°nd/ est intéressant. Dell & Elmedlaoui (1991) ont analysé, entre autres, les mécanismes qui gouvernent le passage de l'aoriste à l'inaccompli. Ce passage se fait entre autres en géminant une consonne de la base verbale. Dell & Elmedlaoui se sont basés la structure syllabique du verbe dans le choix du segment candidat à la gémination. D'après leur analyse, on gémine le segment qui occupe la position d'attaque de la syllabe : "*in a verb base [...] géminate that segment which is a syllable onset.*" (ibid : 86).

Nous partageons totalement cette analyse qui prévoit correctement la gémination de la première consonne dans les verbes ci-dessous<sup>9</sup> :

(54)	Aoriste	Inaccompli	
	krf	kkrf	« attacher »
	frd	ffrd	« manger »
	k°mz	k°k°mz	« se gratter »

Les verbes à l'aoriste sont monosyllabiques dont la première consonne occupe la position d'attaque ; elle est par conséquent géminée à l'inaccompli. La structure syllabique de ces formes serait identique à celle de /q°nD/ si on suppose que le segment initial était une consonne simple. On devrait donc, pour son passage à l'inaccompli, géminer la première consonne : \*[q°q°nd]. Ce n'est pas le cas en PCH. La seule manière correcte de former l'inaccompli de ce verbe est de préfixer la géminée /tt/ à la base verbale : /ttq°q°naD/. Ce mécanisme de dérivation est identique à celui observé dans les verbes contenant une géminée. Pour ce type de consonnes, le passage de l'aoriste à l'inaccompli s'effectue justement en préfixant la géminée /tt/ :

<sup>8</sup> Voir Dell et Elmedlaoui (1991 : 85) sur un ensemble de conditions que la base verbale doit satisfaire pour être sujet à la gémination

<sup>9</sup> Voir Boukous (1987), Jebbour (1996) et Lahrouchi (2000) pour une analyse alternative.

(55)	Aoariste	Inaccompli	
	mmrz	ttmmraz	« frapper à la tête »
	kks	ttkks	« enlever »
	ħbbl	ttħbbal	« enlacer »

Considérons maintenant le cas des uvulaires fricatives sonores géminées. Mais avant de traiter de leurs distributions, rappelons brièvement les résultats que nous avons obtenus dans la partie acoustique de ce travail. La différence de durée observée entre uvulaire simple/géminée, contrairement aux autres places d'articulation, n'est que très légèrement significative pour certains locuteurs comme c'est le cas pour B\_E. Ce locuteur produit une différence moyenne entre la simple et la géminée de 33 ms au lieu de 78 ms pour les autres fricatives. C'est la géminée /RR/ qui est généralement réalisée avec une durée moins importante que les autres fricatives (voir chapitre 2).

Les uvulaires géminées dans (52d) sont les seules que nous avons pu relever. Boukous (1994) a déjà signalé que la distribution de ce segment est très limitée. Signalons que la forme /aRRu/ peut aussi être réalisée avec une uvulaire simple. Les géminées de (52e) sont de deux natures. [RR] dans le premier exemple est issu d'une assimilation totale. Sa structure sous-jacente /R-wid/ « ceux-ci » peut avoir deux autres réalisations possibles en PCH : [Rwid] ou [wwid]. Ces deux réalisations sont en variation libre. Dans le deuxième exemple de (52e), la gémination provient d'une suite de deux consonnes identiques : /R-Rid/. La première uvulaire qui signifie « dans » se dévoise quand elle est immédiatement suivie d'une sourde :

(56)	R-tid	χtid	« celles-ci »
	R-tudrt	χtudrt	« dans la vie »

La suite /R-R/ se réalise [RR] ou [RaR] lorsque /R/ situé en fin de verbe est immédiatement suivi du suffixe /R/ qui indique la première personne du singulier. Ainsi /rad nR-R/ peut se prononcer [Rad nRR] ou [Rad nRaR]. [R] et [aR] sont deux allophones propres au suffixe de la première personne du singulier en PCH<sup>10</sup>.

Pour résumer, nos données phonétiques et phonologiques indiquent que /RR/ tautomorphémique et /q/ simple, hormis quelques rares exceptions, ne sont pas attestés en

chleuh. Seules existent la fricative simple /R/ et sa correspondante géminée /qq/. Dans le cas où la gémination est produite suite à un processus morphologique, /R/ alterne avec /qq/. Nous n'avons pas l'intention de développer une analyse complète de cette alternance, qui rappelle, est attestée dans pratiquement tous les parlers berbères. Une possibilité serait d'aligner cette alternance sur celle qui caractérise les formes (33) sachant que dans tous ces cas on a une alternance fricative simple-occlusive géminée. Le cas des uvulaires, nous l'avons signalé tout au long de cette étude, est assez particulier que ça soit au niveau phonétique que phonologique. À l'évidence cette classe de segments demande à être examinée de plus près.

#### ***5.4 Synthèse et conclusion***

Nous avons représenté les géminées avec deux positions prosodiques liées à un seul élément mélodique. Notre interprétation phonétique de cette représentation est déterminée sur la base des résultats de nos analyses phonétiques. Nous avons interprété la couche prosodique comme « une couche de durée » qui reflète dans le cas où un élément mélodique est lié à deux positions prosodiques la durée plus longue de cet élément. Nos résultats acoustiques ont aussi permis de dégager d'autres corrélats secondaires interprétés comme des corrélats de renforcement de l'opposition simple/géminée.

Nous avons aussi montré que différentes sortes de géminées se comportent différemment vis-à-vis de la spirantisation. Les géminées lexicales et celles issues d'une assimilation complète sont inaltérables. Par contre, les deux parties de la géminée issue d'une concaténation subissent la spirantisation. Ce comportement différent découle de la représentation que nous avons adoptée pour les géminées.

---

<sup>10</sup> Ce phénomène ne concerne pas uniquement les suites [R-R], ce suffixe a toujours ces deux réalisations en variation libre après consonne en PCH, exemple : [krfR] et [krfaR] « j'ai attaché ».

**PARTIE II**  
**SUITES DE CONSONNES SOURDES**  
**LE CHVA ET LES AJUSTEMENTS LARYNGAUX**

## CHAPITRE 6

### *LE STATUT DE CHVA ET LA SYLLABATION EN CHLEUH*

#### 6.1 Introduction

L'analyse de la syllabation en chleuh a suscité le plus grand intérêt de la part des phonologues et des phonéticiens. Dans ce dialecte berbère, toute consonne peut, semble-t-il, occuper le noyau de syllabe, même une occlusive sourde. C'est la thèse que Dell et Elmedlaoui ont initiée et développée depuis 1985 et depuis systématiquement reprise comme cas extrêmement particulier voire unique dans la typologie comme le montre Zec (1995). Le chleuh joue aussi un rôle important dans diverses modélisations des données comme celle de Clements (1997). Beaucoup d'autres travaux influents citent ce cas particulier (Prince & Smolensky 1993, Kenstowicz 1994). Il est généralement admis qu'une consonne sonante, voire une fricative, puisse occuper le noyau de la syllabe. Le cas d'une occlusive sourde noyau syllabique demeure exceptionnel. Dell et Elmedlaoui le soulignent d'une manière explicite : « *Are there languages in which any segment can occur as a syllable nucleus ? One such language is the variety of Tashlhiyt Berber spoken in Imdlawn (Morocco), where even a voiceless stop may act as a syllable nucleus.* » (1996b : 219).

La thèse de Dell et Elmedlaoui a logiquement suscité des critiques et des analyses opposées, tendant à démontrer que les données de cette langue peuvent être réanalysées en conformité avec les principes généraux gouvernant la structure syllabique des langues naturelles. Angoujard (1997), par exemple, pour qui : « *une langue ne peut être n'importe quoi* », s'est attelé à une réanalyse pour montrer que « *... l'exotisme linguistique a ses limites, quitte à décevoir les amateurs de curiosité.* » D'autres auteurs, à partir d'un ensemble d'arguments d'ordre acoustiques et perceptuels, ont tenté de démontrer que la syllabe, même en chleuh, nécessite la présence d'un noyau vocalique. Les tenants de cette approche postulent à l'image de Coleman (1996, 1999, 2001) et de Louali et Puech (1996, 1999a-b, 2000), que le noyau de la syllabe est phonologiquement occupé par une voyelle qui, si elle se réalise comme un chva, peut parfois être éclipsée par les segments adjacents.

L'analyse de la syllabation en chleuh est étroitement liée au sort réservé à la voyelle dite neutre (le chva). Pour Dell et Elmedlaoui, le chva qu'on entend en chleuh n'a pas de segment qui lui corresponde au niveau des représentations phonétiques. Sa présence dans un contexte de consonnes sonores n'est qu'une transition vocalique d'un segment à un autre (e.g. *tχeznt*).

Sa présence n'est pas permise dans une suite de consonnes sourdes, (e.g. *tqssf*). De son côté le modèle de co-production développé par Coleman interprète les consonnes syllabiques comme une réalisation phonologique d'une suite de voyelle + consonne. Cette voyelle 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. Louali et Puech, quant à eux, ont principalement analysé l'aspect acoustique des suites de consonnes. Leurs travaux tendent en général à montrer que des vocoïdes voisées sont attestées même dans une séquence qui ne consiste phonologiquement que d'obstruantes sourdes.

Nous allons dans ce qui va suivre présenter les analyses des uns et des autres avant d'entamer la nôtre. Le statut du *chva* en berbère chleuh, voire en berbère en général, a souvent suscité des analyses contradictoires, une confusion que reflètent parfois les transcriptions d'une même forme par un même auteur. Cette confusion va en grandissant depuis une dizaine d'années et le passage, certes timide, du berbère à l'écrit. Dans un même ouvrage, une même forme peut être transcrite avec *chva*, sans *chva* ou avec *chva* mais dans une position différente. On trouve également cette confusion dans les premiers travaux sur le chleuh (Destaing 1920, Aspinion 1953). Lionel Galand, berbérisant connu par le sérieux et la richesse de ses publications, est un des premiers à s'être plaint de cette confusion et postule désormais « d'éradiquer » toute présence de *chva* dans les transcriptions des formes chleuhes (c.p). Cette confusion et cet acharnement à transcrire des *chvas* là où il n'y en a probablement pas est en grande partie due à l'influence de la transcription des langues comme le français ou l'anglais. Elle est due également à l'influence de la transcription des autres dialectes berbères, principalement ceux du Nord (notamment le kabyle, le rifain et le tamazight), qui, eux, ont des *chvas* épenthétiques.



## 6.2 Les analyses précédentes

Revenons aux travaux de Dell et Elmedlaoui, Coleman et Louali et Puech, et commençons, par respect de l'ordre chronologique de leurs publications, par l'analyse de Dell et Elmedlaoui, sachant que les autres travaux tentent généralement de démontrer que cette analyse est incorrecte. Dell et Elmedlaoui ont « introduit » le berbère chleuh dans le concert des langues très particulières, en avançant que dans cette langue même une occlusive sourde /t/ peut être noyau de syllabe<sup>1</sup>. Cette analyse est une remise en cause évidente des principes généraux censés gouverner la structure syllabique des langues naturelles. Scobbie (1992), par exemple, dans le cadre de la phonologie déclarative admet que : « *The syllable structure of Berber [...] provides a challenge for standard approaches to syllabification because any segment in the language can be syllabic.* » (Cité par Angoujard 1997 : 185)

L'analyse de la syllabation dans le parler chleuh d'Imdlawnn telle qu'elle est développée par Dell et Elmedlaoui, tourne autour de deux thèses. Nous les reproduisons ci-dessous :

### (1) Licit Consonantal Nuclei :

The only surface vowels are a, i, and u; any consonant of the Imdlawn Tashlhiyt can be a syllable nucleus.

### (2) Sonority-Driven Syllabification:

- a) All the information relevant for predicting the syllable structure of an expression resides in the consonants and the full vowels contained in that expression.
- b) In the competition for the status of syllable nucleus, more sonorous segments are favored over their less sonorous neighbours.

Selon la première thèse, le berbère chleuh d'Imdlawn n'a pas de voyelles épenthétiques. Les seuls vocoïdes voisés qu'on entend en berbère chleuh sont soit : (i) des semi-voyelles y et w, (ii) des voyelles pleines, i.e. les allophones de /a, i, u/ et (iii) des vocoïdes transitionnels voisés. Les voyelles pleines sont des manifestations de segments déjà présents dans le lexique ou introduites par des processus de formation des mots. Les vocoïdes transitionnels voisés,

---

<sup>1</sup> Dell et Elmedlaoui (2002 : 71) citent le cas de certaines langues parlées en Amérique du Nord, au Laos et au Malay, où des obstruantes peuvent aussi être noyaux de syllabe.

par contre, ne sont les réalisations d'aucun segment et n'ont pas de représentation dans les représentations terminales du composant phonologique. La qualité ainsi que le lieu d'apparition de ces vocoïdes voisés transitionnels est entièrement prédictible à partir du contexte. Une question se pose dès lors : pourquoi ne pas considérer ces vocoïdes comme des voyelles épenthétiques, autrement dit des segments insérés par la phonologie pour agir comme des noyaux syllabiques ? Selon Dell et Elmedlaoui (2002 : 76) : « *VTVs [vocoïdes voisés transitionnels] do not correspond to separate segments in the representation which are inputs to phonetic implementation.* »

Selon la deuxième thèse « Sonority-Driven Syllabification », l'échelle de sonorité intervient dans le processus de construction des syllabes d'une manière progressive en reconnaissant comme noyau les segments les plus sonores de la séquence et en descendant pas à pas l'échelle de sonorité. Dell et Elmedlaoui (1988 : 3) répartissent les segments en huit classes : « a, vocoïde haut, liquide, nasale, fricative sonore, fricative sourde, occlusive voisée, occlusive sourde. ». Nous reproduisons ci-dessous les deux premières et la dernière étape de leur algorithme (*core syllable* désigne la succession attaque-noyau) :

- (1) Associate a core syllable with any sequence (Y)Z, where Z is an a.
- (2) Associate a core syllable with any sequence (Y)Z, where Z is a high vowel
- [...]
- (8) Associate a core syllable with any sequence (Y)Z, where Z is a voiceless stop.

La source principale des données sur la syllabification en chleuh émane des jugements d'un des co-auteurs, locuteur natif du parler chleuh d'Imdlawn (M. Elmedlaoui), sur le nombre des syllabes. Ces jugements sont soit explicites soit implicites. Les jugements explicites sont des réponses aux questions de type : « D'après vous combien de syllabes compte tel ou tel mot ou suite de mots ? Où est localisé d'après vous le noyau de chaque syllabe ? ». Cette méthode a été utilisée principalement dans Dell et Elmedlaoui (1985). L'autre type de jugements implicites tire des arguments de la versification et de certaines propriétés de base sur la structure des vers dans la poésie chleuhe (Dell et Elmedlaoui 1997a, 2002).

Le recours à l'intuition syllabique des locuteurs ne va pas forcément de soi. D'ailleurs Elmedlaoui semble parfois hésitant dans ses réponses, principalement lors de la localisation des noyaux syllabiques. Coleman et Louali et Puech ont eux aussi plus au moins eu recours

aux intuitions des locuteurs natifs du chleuh. Leurs analyses sont également basées sur des arguments acoustiques.

Coleman (1996, 1999, 2001) met en cause les conclusions de Dell et Elmedlaoui et propose une analyse alternative. Selon lui, les voyelles épenthétiques qui accompagnent souvent les consonnes syllabiques sont des réalisations phonétiques de noyaux syllabiques. Là où aucune voyelle n'est visible, elle peut être considérée comme étant cachée par la consonne qui la suit. Comme pour Dell et Elmedlaoui, Coleman admet que le berbère chleuh d'Imdlawn peut avoir des syllabes qui ne contiennent pas de vocoïde<sup>2</sup>. Le chva selon le modèle de Coleman est interprété comme l'implémentation par une voyelle d'un noyau syllabique. Le chva épenthétique réalise donc un noyau syllabique non occupé par une voyelle lexicale. Dans le cas où aucune voyelle n'est observée, le chva épenthétique est considéré comme étant éclipsé par les segments adjacents. Selon Coleman (2001) toutes les occurrences des chvas sont épenthétiques, introduites par la syllabification. Le chva est un noyau syllabique vide et c'est l'implémentation phonétique qui spécifie sa qualité ou sa durée. Parfois, cette durée peut être très courte voire complètement éclipsée par la consonne qui suit. Louali et Puech (2000) reprennent le modèle de Coleman et expliquent que la réalisation sans chva observée dans certaines réalisations (comme pour la forme [fk]) illustre le cas où une friction plus intense de la consonne continue non voisée se substitue à la réalisation du vocoïde. La qualité des voyelles épenthétiques selon Coleman peut généralement être prédite à partir du contexte segmental précédant ou suivant la voyelle. Rappelons que Dell et Elmedlaoui ont aussi indiqué que la qualité des vocoïdes transitionnels peut être prédite à partir du contexte. Ils suggèrent que ces variations de qualité sont dues au : « [...] *requirement that an articulator must follow the shortest possible path when moving from one target to the next.* » Ce n'est pas le seul aspect sur lequel Coleman est en accord avec Dell et Elmedlaoui. En fait, les deux analyses s'accordent concernant la nature des représentations qui sont des inputs à la syllabification. La différence majeure concerne le mécanisme qui rend compte de la présence des chvas. Pour Dell et Elmedlaoui, c'est l'implémentation phonétique qui rend compte de la distribution de [ə]. Pour Coleman, la composante phonologique insère le chva et l'implémentation phonétique peut dans certains contextes l'éclipser.

---

<sup>2</sup> Coleman a en effet analysé des données qu'il a enregistrées avec Elmedlaoui comme sujet.

Louali et Puech (1999a-b) ont effectué une analyse acoustique et perceptuelle sur différentes formes du chleuh. Il ressort de cette étude qu'un vocoïde chva peut être réalisé même si la séquence morphophonologique ne concatène que des obstruantes sourdes (ex. tqssəf). Dans certains cas, où le vocoïde est transitionnel, les sujets hésitent à classer le mot dans la catégorie monosyllabique ou disyllabique (e.g. tχznt). Une dernière observation indique que d'une manière générale un chva en chleuh tend à être réalisé si le mot phonologique ne comporte pas de voyelle pleine.

Louali et Puech (2000), à partir d'une étude sur quatre locuteurs, montrent la présence des chvas dans un contexte sourd (non adjacence à une consonne voisée). Ils concluent : « *Dans le modèle phonologique auquel nous adhérons pour le tachelhit, toute forme comporte un élément V qui, en l'absence d'une particule colorée attachée, se réalise ou non en schwa.* » Dans cette étude, Louali et Puech distinguent entre deux sortes de chvas selon leurs durées. Ceux qui durent plus de 20 ms sont appelés des voyelles brèves, et les autres sont considérés comme des vocoïdes transitionnels.

Nous allons revenir sur ces différentes analyses et conclusions lors de l'analyse de nos résultats. La question qui se pose à nous et que nous tenterons de résoudre à partir d'un ensemble d'analyses acoustiques, articulatoires et phonologiques est la suivante :

### (3) En chleuh, chva est-il un segment au niveau des représentations phonétiques ?

Un aspect de cette question est le suivant : si, comme le soutiennent Dell et Elmedlaoui, chva est simplement un aspect de la réalisation d'une consonne voisine, et non un segment, on ne doit pas trouver de chva dans un mot composé de consonnes sourdes. Le chva tel qu'il est généralement défini comporte du voisement, et on ne voit pas quel mécanisme phonétique introduirait du voisement dans un contexte dépourvu de segments [+voisé]. Si par contre ces mots contiennent des chvas on doit en déduire que les représentations phonétiques du chleuh comportent au moins quatre vocoïdes : les réalisations de /a, i, u/ et en plus un segment chva apte à occuper le noyau de la syllabe.

Nous allons procéder à des analyses acoustiques, fibroscopiques, photoglottographiques afin de déterminer la présence ou l'absence de vocoïdes ou de gestes vocaliques dans des formes composées uniquement de consonnes sourdes. D'autres motivations nous ont amené à

procéder à ces expériences. Nous y reviendrons lors de la discussion générale des résultats de chacune de nos expériences phonétiques.

### 6.3 Arguments acoustiques :

Le but de cette expérience est de déterminer à travers les spectrogrammes la présence ou l'absence des vocoïdes voisées dans des formes composées d'obstruantes sourdes.

#### 6.3.1 Méthode

Nous avons établi une liste de 24 formes composées uniquement d'obstruantes sourdes. Ces formes sont constituées de verbes assez largement utilisés en chleuh. Ces verbes sont soit à l'aoriste soit à l'accompli et sont répartis selon le nombre de consonnes qu'ils contiennent allant de deux à dix consonnes :

(1) *La liste des mots :*

a. *La suite de deux consonnes sourdes :*

/ks/                      [ks]                      « fait paître »

/fk/                      [fk]                      « donne »

b. *La suite de trois consonnes sourdes :*

/ks=t/                      [kst]                      « fais-le paraître »

/fk=t/                      [fkt]                      « donne-le »

/kks/                      [kks]                      « enlève »

/sχf/                      [sχf]                      « évanouis-toi »

/ftħ/                      [ftħ]                      « opère »

c. *La suite de quatre consonnes sourdes :*

/t-ftħ/                      [t-ftħ]                      « elle s'est faite opérer »

/t-kʃf/                      [tkʃf]                      « elle est salle »

/t-fss/                      [tfss]                      « elle est silencieuse »

/fqqs/                      [fqqs]                      « énerve »

d. *La suite de cinq consonnes sourdes :*

/t-kks-t/                      [tkkst]                      « tu as enlevé »

/t-χTf-t/                      [!tχtft]                      « tu as volé »

/kks=tt/                      [kkstt]                      « enlève-la »

/t-fsχ-t/                      [tfsχt]                      « tu as annulé »

/t-qssf/                      [tqssf]                      « elle s'est rétrécie »

/t-ʃtf-t/                      [tʃtft]                      « tu as écrasé »

- e. *La suite de six consonnes sourdes :*  
 /s-fqqs=t/      [s-fqqs=t]      « énerve-le »
- f. *La suite de sept consonnes sourdes :*  
 /t-fk-t=stt/      [tfktstt]      « tu l'as donnée »  
 /t-ss-kʃ f-t/      [tsskʃ ft]      « tu as sali »
- g. *La suite de huit consonnes sourdes :*  
 /t-kks-t=stt/      [tkkststt]      « tu l'as enlevée »  
 /t-ftk-t=stt/      [tftktstt]      « tu l'as déchirée »  
 /t-ftχ-t=stt/      [tftχtstt]      « tu l'as roulée »
- h. *La suite de dix consonnes sourdes :*  
 /t-ss-kʃ f-t=stt/      [tsskʃ ftstt]      « tu l'as salie »

Les symboles employés dans la liste (1) sont ceux de l'Alphabet Phonétique International sauf pour l'emphase, qui, par commodité typographique et suivant en cela les travaux de Dell et Elmedlaoui, est indiquée par la préfixation d'un point d'exclamation. L'emphase qui ne caractérise dans les représentations phonologiques que certaines consonnes (le deuxième /t/ de /tχtft/ par exemple) affecte toute la forme au niveau phonétique [!tχtft]. Le découpage morphologique est indiqué dans les représentations phonologiques. Le tiret (-) représente un bord de morphème à l'intérieur d'un mot ; le signe (=) représente le début d'un enclitique<sup>3</sup>.

Chaque forme de la liste (1) a été répétée par chaque locuteur de trois à six fois (parfois plus). Nous avons retenu pour nos analyses les trois premières réalisations pour chaque locuteur, ce qui donne lieu à un corpus contenant 504 réalisations (24 formes \* 3 répétitions \* 7 locuteurs). Certaines formes ont été exclues de l'analyse (21 au total) car jugées par les locuteurs qui les ont réalisées comme étant incorrectes. L'enregistrement s'est déroulé dans la chambre sourde du Laboratoire de Phonétique de Paris 3 (ILPGA). Les sujets ont parlé dans un microphone posé en face d'eux à une distance d'approximativement 40 cm. Les données ont été digitalisées à une vitesse d'échantillonnage de 16000 Hz et un filtre passe-bas de 8000 Hz. Les analyses ont été effectuées à l'aide du logiciel Praat.

<sup>3</sup> Voir Dell et Elmedlaoui (1989) sur les enclitiques en chleuh.

### 6.3.2 Les sujets et leurs parlers.

Nous avons choisi pour cette expérience acoustique d'enregistrer sept locuteurs chleuhs. Nous avons nous même (R\_R) pris part à cet enregistrement :

<i><b>Locuteur</b></i>	<i><b>Parler</b></i>	<i><b>Age</b></i>
E M	Agadir	31
H A	Agadir	26
S S	Anti-Atlas	33
B H	Anti-Atlas	30
K A	Haha	63
A R	Haha	28
R R	Haha	30

*Tableau 6.1. La liste des locuteurs ayant participé à l'expérience acoustique. Le parler de chaque locuteur ainsi que son âge sont indiqués.*

Le pays chleuh est un domaine assez large. Le chleuh est certes un dialecte homogène dans le sens où il permet à tous les Chleuhs de communiquer sans problème, mais cette homogénéité globale n'empêche pas certaines variations régionales. Nous reproduisons ci-dessous, les trois sous-systèmes qui composent le dialecte chleuh et les principales régions où ils sont parlés:

- a. Sous-système occlusif : Agadir
- b. Sous-système spirant : Haha
- c. Sous-système sifflant : Anti-Atlas

L'intérêt de dresser ces différents sous-systèmes est en effet de souligner que derrière le terme fédérateur « chleuh » se cachent des divergences qui expliqueraient probablement les différences d'analyse relevées plus haut. Coleman a principalement analysé des données qui émanent d'un locuteur d'Agadir. Dell et Elmedlaoui ont analysé le parler d'Imdlawn d'où Elmedlaoui est originaire, un parler qui serait plus proche du sous-système spirant, selon mes propres jugements de locuteur natif de Haha et selon les discussions que j'ai pu avoir avec Elmedlaoui. Il n'est donc pas exclu que les variations entre les différentes analyses de la syllabation ne reflètent en réalité que des variations régionales. Pour examiner cette éventualité, nous avons donc pris en considération les différents sous-systèmes chleuhs et nous avons choisi nos locuteurs selon leurs parlers d'origine. Cette répartition est reflétée par le tableau (6.1) ci-dessus.

Les sept sujets sont tous des locuteurs natifs du chleuh et aucun d'eux ne souffre de problème d'audition ou de parole. Le sujet **E\_M** (31 ans) habite à Ben Sergaou (Banlieu d'Agadir). Il



était de passage à Paris pour un mois de vacances au moment de l'enregistrement. **H\_A** (26 ans) a vécu à Anza (banlieue d'Agadir), **S-S** (33 ans) a vécu à Tanalt (Anti-Atlas), **B\_H** (30 ans) a vécu à Tafraout (Anti-Atlas). Ces trois sujets sont tous des étudiants et sont installés à Paris au moment de l'enregistrement depuis moins de 4 mois. **K\_A** (63) vit en France depuis plus de 30 ans et est originaire de Haha. **A\_R** (26 ans), installé à Paris depuis moins d'un an, est originaire de Haha aussi. Le sujet **R\_R** (l'auteur) avait 30 ans au moment de l'enregistrement, a vécu à Inezgane (banlieue sud d'Agadir) pendant 23 ans avant de s'installer à Paris depuis 7 ans. Nous avons décidé d'inclure notre propre enregistrement car il ne semble pas être très différent de la tendance générale observée chez les autres locuteurs. Tous les sujets ayant participé à cet enregistrement sont trilingues (berbère, arabe, français). Le berbère étant leur langue maternelle, les deux autres langues ont été acquises à l'école. Tous les sujets parlent aussi l'arabe marocain, une langue non enseignée, avec plus ou moins d'accent. Les habitants des environs d'Agadir parlent l'arabe marocain avec un accent moins marqué, voire sans accent du tout.

Comme le berbère ne dispose pas d'une transcription alphabétique standard et que nous sommes locuteur natif du chleuh, nous avons prononcé les formes (1) d'une manière aléatoire et nous avons demandé à nos sujets de les répéter. Nous avons pris soin de diversifier nos données pour ne pas donner d'indice sur le sujet de notre travail. Nous nous sommes aussi assuré que notre propre prononciation n'allait pas influencer celle de nos locuteurs. Nous avons pu vérifier en effet que notre propre prononciation de certains segments, typique du parler de Haha, n'était pas reproduite de la même façon par les autres locuteurs (c'était notamment le cas de la spirantisation des vélaires).

### 6.3.3 Résultats et discussions

L'objectif principal de cette partie est d'observer les réalisations des sept locuteurs et de détecter à travers l'examen du signal et du spectrogramme les indices de la présence d'une voyelle. Le tableau (6.2) reflète le nombre de réalisations contenant une voyelle sur la case correspondant à la forme prononcée et au locuteur qui l'a réalisée. Ainsi le locuteur B\_H, par exemple, ne réalise aucun vocoïde voisé (0) lors de ces trois répétitions de la forme [fk] tandis-que E\_M en réalise trois (3) lors de ses trois répétitions de la même forme. Le total des occurrences des voyelles sur le nombre total des répétitions est aussi indiqué. Les cases contenant un tiret (-) correspondent aux formes exclues de nos analyses car jugées incorrectes par les locuteurs qui les ont réalisées (pour inversion ou omission de consonnes).

	<i>Agadir</i>		<i>Anti-Atlas</i>		<i>Haha</i>			<i>Total</i>
	<i>E M</i>	<i>H A</i>	<i>S S</i>	<i>B H</i>	<i>K A</i>	<i>A R</i>	<i>R R</i>	
fk	3	3	0	0	0	0	0	6/21
ks	3	3	0	0	0	0	0	6/21
fkt	3	3	0	0	0	0	0	6/21
kst	3	3	0	0	0	0	0	6/21
fth	3	0	0	0	0	0	0	3/21
kks	2	0	0	0	0	0	0	2/21
sχf	3	0	0	0	0	0	0	3/21
fqq	3	0	0	0	0	0	0	3/21
tfss	0	0	0	0	0	0	0	0/21
tftth	3	0	0	0	0	0	0	3/21
tkʃf	3	0	0	1	0	0	0	4/21
tkkst	3	0	0	0	0	0	0	3/21
kkstt	3	0	0	0	0	0	0	3/21
tfsχt	3	0	0	0	0	0	0	3/21
tʃtft	3	0	0	0	0	0	0	3/21
tqssf	3	0	0	0	0	0	0	3/21
!tχtft	3	0	0	0	0	0	0	3/21
sfqqst	3	0	1	0	0	0	0	4/21
tsskʃft	3	0	0	0	0	0	0	3/21
tftktstt	1	-	0	0	0	0	0	1/18
tftktstt	-	-	0	0	0	0	0	0/15
tftχtstt	0	-	0	0	0	0	0	0/18
tkkststt	-	-	0	0	0	0	0	0/15
tsskʃftstt	3	-	0	0	0	0	0	3/18
	<b>57/66</b>	<b>12/57</b>	<b>1/72</b>	<b>1/72</b>	<b>0/72</b>	<b>0/72</b>	<b>0/72</b>	<b>71/483</b>

Tableau 6.2. Résumé des occurrences de chvas pour les sept locuteurs. Le total des réalisations avec chva est indiqué pour chaque forme et chaque locuteur.

Une première observation de nos données montre clairement la prédominance des réalisations des séquences d’obstruantes sourdes sans présence de vocoïdes voisées. Seules 14% des 483 réalisations contiennent un chva. Les trois locuteurs de Haha ne prononcent jamais de vocoïde voisé dans des formes constituées d’obstruantes sourdes. Deux formes contiennent des chvas en fin de mot chez les deux locuteurs de l’Anti-Atlas. Les vocoïdes sont par contre largement attestés chez les deux locuteurs d’Agadir A\_H et plus particulièrement E\_M. En effet sur les 71 réalisations avec chva, 97 % ont été produites par les locuteurs d’Agadir. Le tableau (6.3) résume le pourcentage de ces réalisations pour chaque locuteur :

<i><b>Sujet</b></i>	<i><b>Pourcentage</b></i>
E_M	86 %
H_A	21 %
S_S	1 %
B_H	1 %
K_A	0 %
A_R	0 %
R_R	0 %

*Tableau 6.3. Le pourcentage des occurrences de chvas pour les sept sujets*

Le tableau (6.2) montre clairement que la présence ou l’absence du chva sont largement liées aux parlers d’origine des locuteurs. Le parler d’Agadir se comporte différemment des autres parlers. Nous allons fournir une explication à ces variations et comparer nos résultats avec les résultats de certaines études qui ont traité du même aspect que le nôtre. Mais avant, il nous semble important de présenter un ensemble de figures qui indiquent clairement l’absence de voyelles dans les séquences d’obstruantes sourdes. Les deux pages qui suivront sont donc uniquement des reproductions d’un ensemble de signaux et de spectrogrammes correspondant à certaines des formes réalisées.

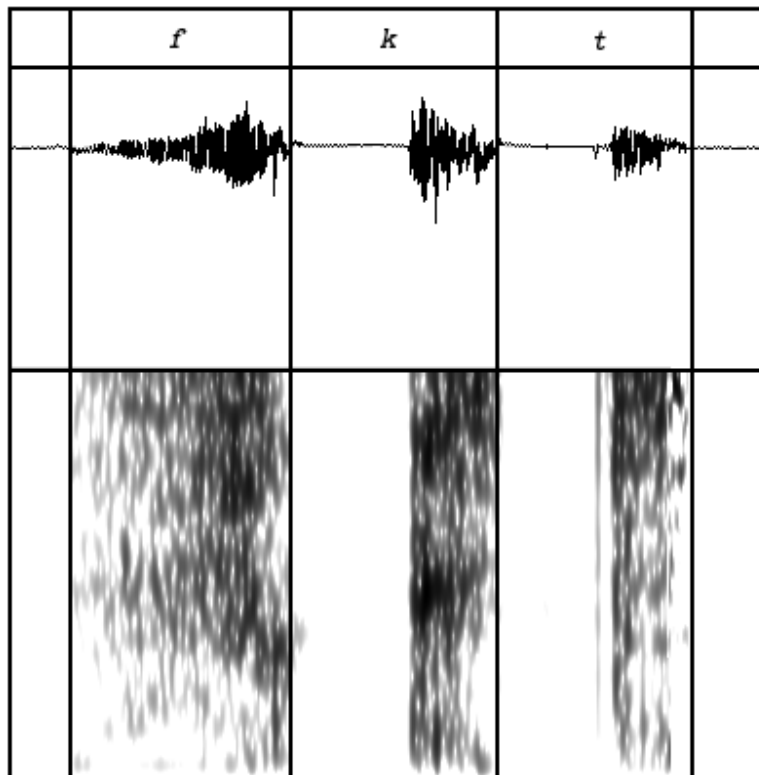


Figure 6.1. Le signal et le spectrogramme (échelle : 0- 5KHz)<sup>4</sup> d'une répétition de [fkt]  
« donne-le » par A\_R

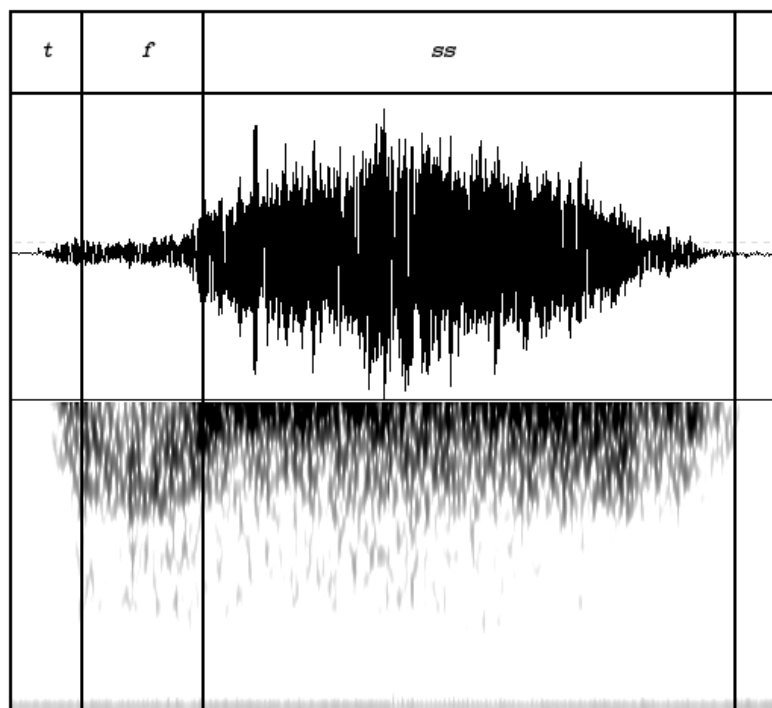


Figure 6.2. Le signal et le spectrogramme d'une répétition de [tfss]  
« elle est silencieuse » par le locuteur R\_R

<sup>4</sup> Cette échelle est la même pour tous les spectrogrammes présentés dans cette étude.

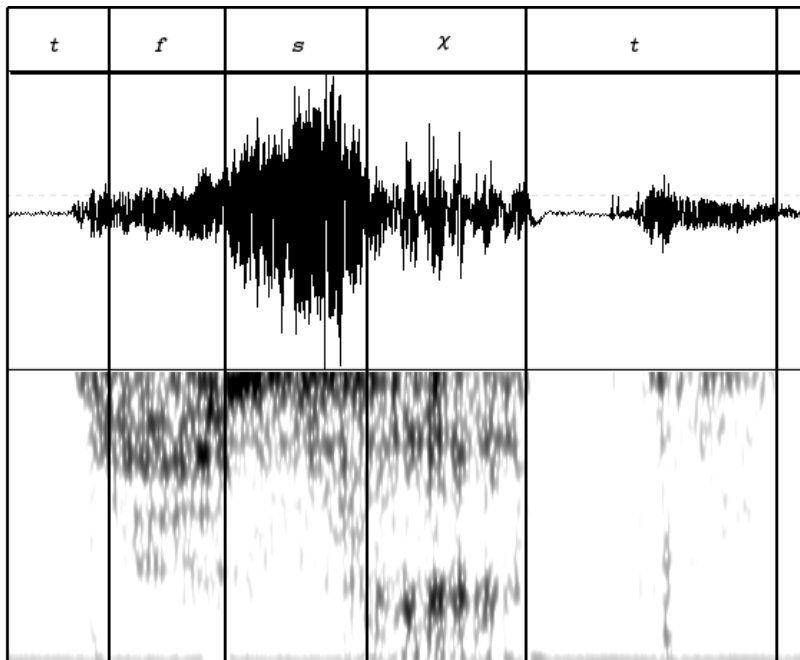


Figure 6.3. Le signal et le spectrogramme d'une répétition de [tfsχt]  
« tu as annulé » par S\_S

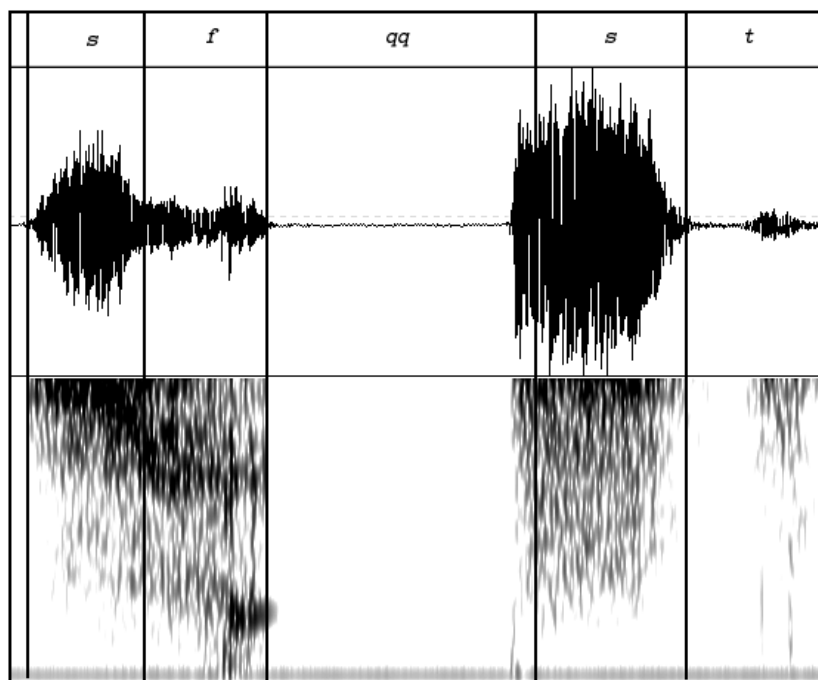


Figure 6.4. Le signal et le spectrogramme d'une prononciation de [sfqqst]  
« énerve-le » K\_A

### 6.3.3.1 Le cas des locuteurs d'Agadir

Les locuteurs d'Agadir, contrairement aux locuteurs des autres parlers chleuhs, produisent un grand nombre des formes de la liste (1) en insérant des chvas. Une question est donc de savoir si les différences observées parmi les locuteurs reflètent des différences de structure syllabique entre les divers parlers chleuhs. Ou s'il s'agit plutôt de variations individuelles. Avant de répondre à ces questions nous allons indiquer au préalable les lieux de distribution des vocoïdes voisés chez les deux locuteurs d'Agadir. Le tableau (6.4) récapitule ces distributions pour nos deux sujets.

<i>Locuteur E_M</i>		<i>Locuteur H_A</i>	
<i>Médiane</i>	<i>Finale</i>	<i>Médiane</i>	<i>Finale</i>
	fkə		fkə
	ksə		ksə
	fktə		fktə
	kstə		kstə
	fthə		
	kksə		
fqqəs			
sχəf			
2/3 tftəh	1/3 tftə		
	tkʃfə		
	tkkstə		
	kksttə		
	tfsχtə		
	tʃtftə		
	tqssfə		
	!tχtftə		
1/3 sfəqqst	2/3 sfqqstə		
	tsskʃftə		
	tfktsstə		
	tsskʃftsttə		

Tableau 6.4. La distribution des chvas dans les réalisations des deux sujets E\_M et H\_A.

Un certain nombre de remarques est à faire à propos de ces données. Le chva, même chez les locuteurs qui le réalisent, n'apparaît pratiquement qu'en fin d'énoncé<sup>5</sup>. Il n'apparaît jamais en

<sup>5</sup> C'est le cas également des deux réalisations contenant un chva chez les deux locuteurs de l'Anti-Atlas (voir tableau 6.2).

milieu de séquence chez H\_A et ne concerne que quatre formes chez E\_M. Ci-dessous le spectrogramme de la forme [fk] « donne » telle qu'elle a été prononcée par le locuteur H\_A :

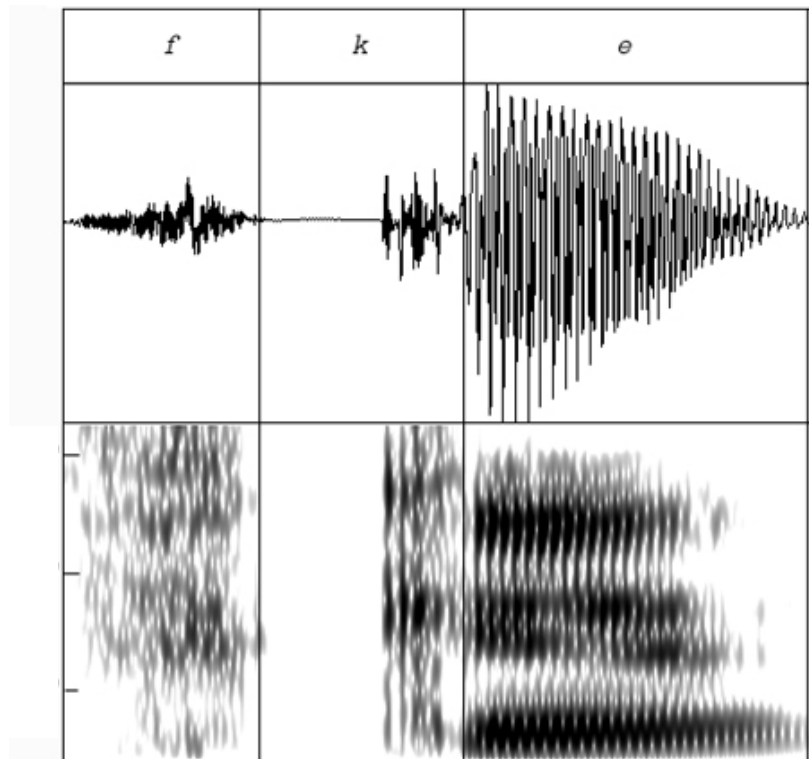


Figure 6.5. Le signal et le spectrogramme d'une prononciation de [fk] « donne » par H\_A.

Cette forme manifeste la présence d'un chva après le relâchement de l'occlusive. La présence d'une voyelle dans cette forme a été observée par Louali et Puech (1999b) aussi. Ils considèrent ce chva comme indice de la syllabité de la vélaire. Les deux auteurs ont reproduit le spectrogramme de la forme [fkt] qui indique la présence d'un chva non pas après la vélaire, qui occupe là aussi le noyau syllabique, mais en fin de mot. Nous avons observé la même chose pour la même forme chez les deux locuteurs d'Agadir. Le fait que le chva soit présent après la vélaire dans une forme mais pas dans une autre n'est pas due à la syllabité de la vélaire mais plutôt à la position finale que le segment occupe. L'occlusive vélaire est suivie d'un chva parce qu'elle occupe la position finale, une position qu'elle n'occupe plus dans la forme [fkt]. Selon l'analyse de Louali & Puech et de Coleman, les chvas observés en chleuh permettent, comme c'est le cas dans certains dialectes berbères, de syllabifier des consonnes qui resteraient autrement non syllabifiées. C'est le cas notamment du parler rifain d'Ath Sidhar (Dell & Tangi 1993) ou du parler rifain de Beni Iznassen (El Kirat 1987). Nous allons montrer lors de la présentation de notre argument phonologique que la comparaison entre le chleuh et le rifain indique au contraire l'absence d'un processus d'épenthèse

vocalique dans les parlers chleuhs. Le parler de Beni Iznassen, par exemple, a un processus d'insertion vocalique, qui intervient dans la syllabification des séquences d'obstruantes adjacentes. Mais une différence majeure existe entre le chva attesté en chleuh et celui observé dans ce parler. En rifain, le chva est inséré en position initiale ou médiane, jamais en position finale. En chleuh, c'est principalement dans cette position qu'il est attesté. La présence de chvas à la fin de certains énoncés, principalement après le relâchement des occlusives, est attestée dans d'autres langues. C'est le cas notamment du français pour les mots *cap*, *bec*, etc. La présence de cette voyelle aide à identifier la consonne finale, étant en position naturellement faible, en la plaçant dans une position pré-vocalique où les indices de sa place d'articulation (burst, transitions de formants) seront présents. Ce chva est aussi un indice démarcatif de fin de mot ou de fin d'énoncé. Rappelons que toutes les formes analysées dans ce travail ont été réalisées en isolation ; chaque fin de mot correspond donc à une fin d'énoncé.

La distribution des chvas est particulièrement variable même pour un même locuteur et pour une même forme. Considérez les deux réalisations de la forme *sfqqst* (figure 6.6) telles qu'elles étaient effectuées par le sujet E\_M. Ces deux réalisations se suivent dans le temps avec une pause de 2 à 3 secondes entre les deux :

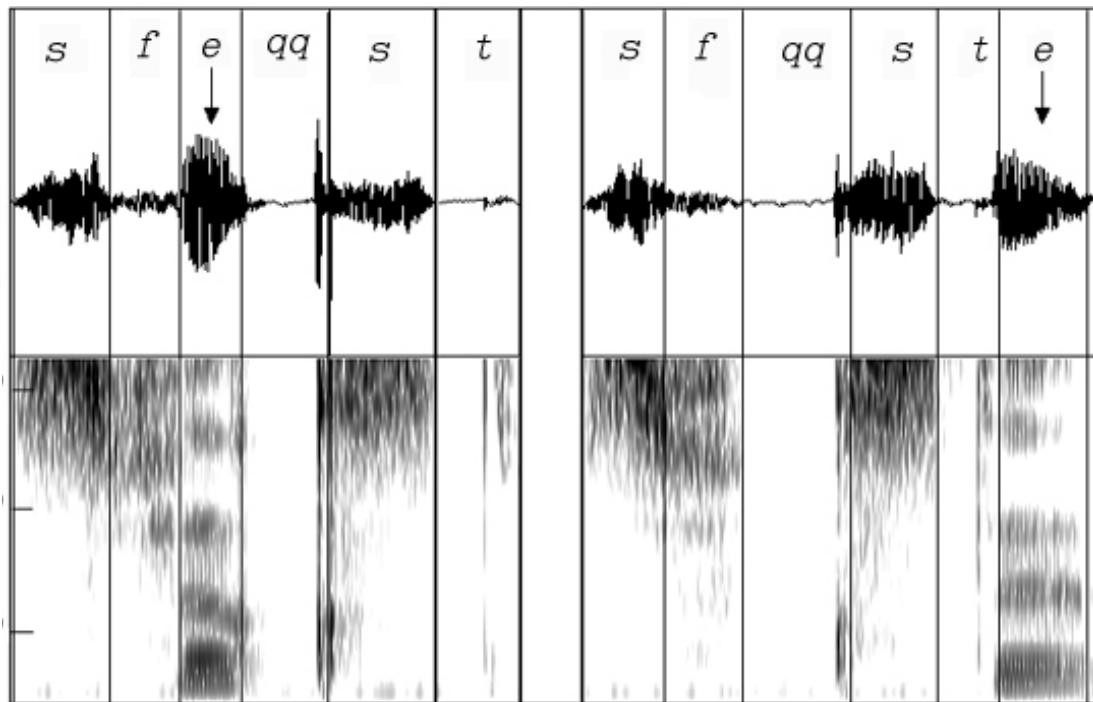


Figure 6.6. Les signaux et les spectrogrammes de deux réalisations de [sfqqst]  
« énerve-le » par E\_M..



Comme le montrent les spectrogrammes ci-dessus, un vocoïde voisé est réalisé entre /f/ et /qq/ dans la première répétition mais en fin de mot pour la seconde. Cette variabilité caractérise aussi la réalisation de la forme [tft̪h] par le même sujet où là aussi le chva est parfois attesté en position médiane et parfois en fin de mot. Une autre particularité caractérise les réalisations de ce sujet. Il peut en effet réaliser de longues séquences d’obstruantes sourdes sans voyelle. C’est le cas notamment des formes fqqs, tfktstt, tft̪xtstt et tsskʃfstt. Nous reproduisons dans (6.7) le signal et le spectrogramme de la réalisation d’une forme contenant huit obstruantes sourdes sans voyelle :

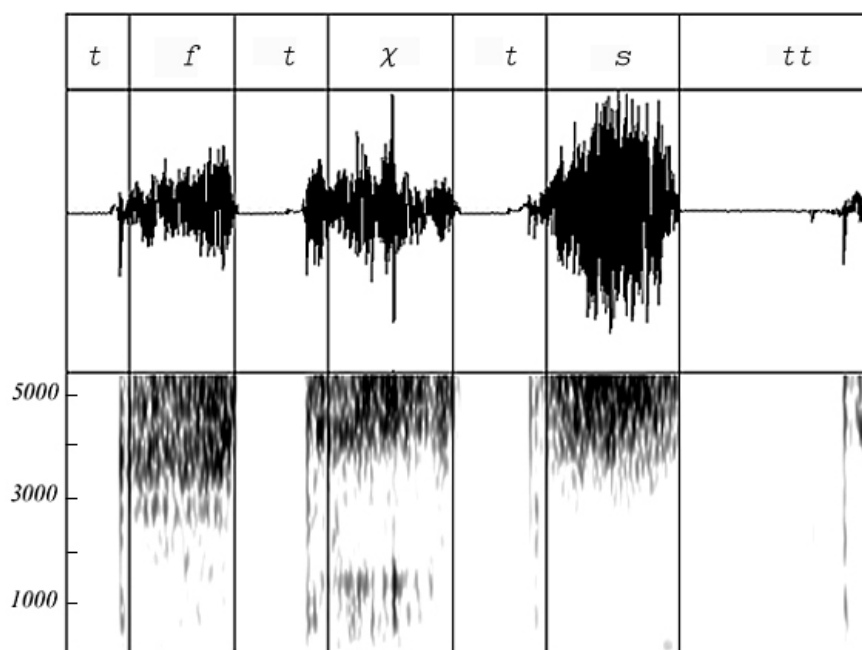


Figure 6.7. Le signal et le spectrogramme d’une répétition de [tftxtstt] « tu l’as roulée » réalisée par H\_A.

Ces formes prononcées plusieurs fois par ce locuteur sans jamais contenir de chva confirme l’aspect variable de ce vocoïde. Une forme de 10 consonnes sourdes ne contient pas de vocoïde alors qu’une forme de deux consonnes en contient.

Comme nous l’avons signalé plus haut, 97 % de chvas recensés ont été réalisés par des locuteurs d’Agadir. Cela implique-t-il que le système syllabique de ce parler est différent de celui des autres parlers ? Cette question mérite d’autant plus d’être posée que les travaux de Coleman sont basés en partie sur des formes prononcées par un locuteur de ce même parler. Notre propre jugement de locuteur natif du parler de Haha ayant vécu à Agadir pendant un long moment nous pousse à exclure cette éventualité. Nous pensons en effet que ces variations sont en grande partie dues à l’influence de l’arabe marocain dont les formes

contiennent des voyelles épenthétiques. Les locuteurs d'Agadir et de sa banlieue, étant en contact étroit avec des locuteurs arabophones, sont plus facilement influençables que K\_A par exemple qui a vécu pendant une vingtaine d'années dans un village berbère avant de venir s'installer à Paris. Selon Dell et Elmedlaoui (2002 : 8) : « [...] *the command of the language [Tashlhiyt Berber] tends to deteriorate and adaptations from the dominant language [Moroccan Arabic] are increasingly resorted to.* » Boukous (2000) a observé la même tendance en comparant les réalisations de certaines formes par des enfant ruraux et citadins. Les réalisations des enfants citadins sont influencées par l'arabe marocain aussi bien au niveau phonologique que syntaxique, morphologique et lexical.

Cette habitude articulatoire, acquise à travers l'usage de l'arabe dialectal, s'accroît d'avantage d'autant plus que beaucoup de formes en berbère sont des emprunts récents à l'arabe marocain. Ce n'est donc pas un hasard que les trois formes réalisées avec des chvas par E\_M en position interne [fqqəs], [sχəf], [tftəħ] et [sfəqqst]<sup>6</sup> soient tous des emprunts récents à l'arabe marocain. Nous reproduisons ci-dessous le signal et le spectrogramme de la forme /sχf/ réalisée par E\_M. La figure (6.9) reproduit la même forme telle qu'elle est réalisée par un locuteur de l'arabe marocain (C\_Z) natif de la région d'Oujda. La forme réalisée par E\_M est plus proche de l'arabe marocain que du chleuh.

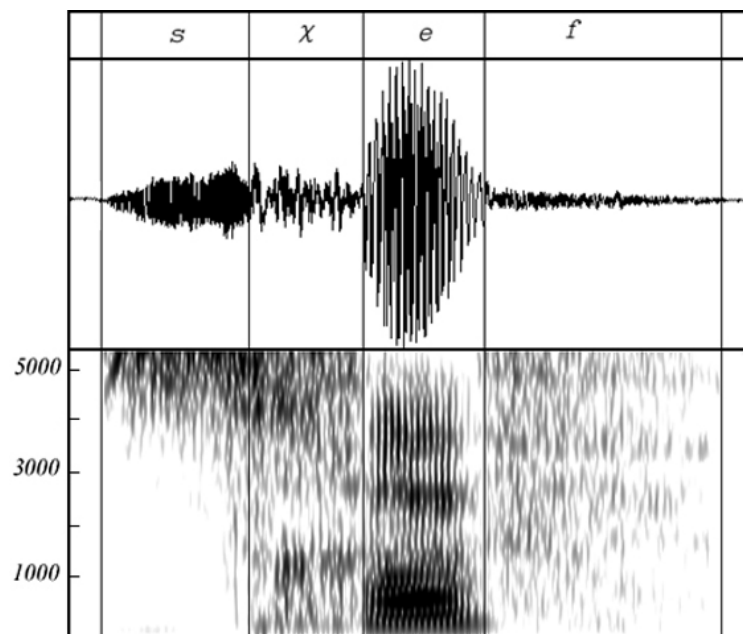


Figure 6.8. Le signal et le spectrogramme de la forme [sχəf]  
« évanouis-toi » réalisée par E\_M.

<sup>6</sup> Dans les formes [tftəħ] et [sfəqqst], seules les racines verbales /ftħ/ et /fqqs/ sont des emprunts à l'arabe.

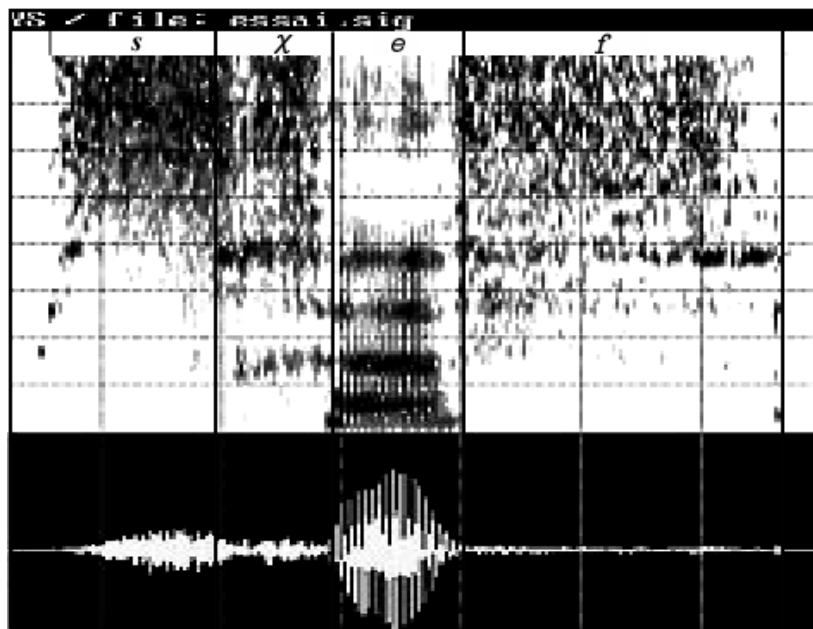


Figure 6.9. Le signal et le spectrogramme de la forme [sxəf] « il s'est évanoui », réalisée par un locuteur de l'arabe marocain (C\_Z).

Elle est une particularité importante qui se doit d'être prise en compte dans toute analyse des données sur la syllabation et le statut du chva en chleuh : tout locuteur chleuh peut plus ou moins produire des chvas au milieu d'une séquence composée phonologiquement de consonnes sourdes. Cette tendance s'accroît plus particulièrement dans un contexte artificiel et concerne notamment la jeune génération issue d'un milieu citadin. La raison en est qu'une grande partie de ces locuteurs est bilingue et parle donc l'arabe marocain aussi. Néanmoins une réalisation avec chva en position interne n'en demeure pas moins marquée, voire inhabituelle, car très arabisée.

### 6.3.3.2 Différences avec les autres travaux

Dans ce qui va suivre nous allons comparer nos résultats avec les résultats d'autres études et principalement celles de Louali et Puech. Le choix de ces travaux s'impose car ces auteurs ont aussi procédé à des analyses acoustiques d'un ensemble de données réalisées par des locuteurs appartenant aux mêmes aires géographiques que les locuteurs que nous avons enregistrés. Nos résultats sont pourtant différents. Nous allons tenter de fournir une explication à ces différences.

Selon Louali et Puech (1999a : 749) : « *On the basis of more general investigations we have observed that a vocoid is always<sup>7</sup> present in the realization of a Tashlhiyt phonological*

<sup>7</sup> Cette conclusion n'est pas en accord avec leur communication (1996) comportant des sonagrammes présentant des séquences d'obstruantes sourdes sans vocoïde voisé.

word<sup>8</sup> ; if no full vowel (i, u, a) is included then a schwa vocoid shows up. This is also true for words composed of unvoiced obstruents, as in 'tqssf'. » Le spectrogramme de cette forme tel qu'il est reproduit par les deux auteurs montre effectivement la présence d'un vocoïde voisé entre les deux fricatives sourdes [tqssɤf]. Pour notre part, nous avons remarqué que sur toutes les réalisations de la même forme par les sept locuteurs, aucune ne contient de chva dans cette position (voir les tableaux (6.2) et (6.4)). Seul le locuteur E\_M en prononce un, mais en fin de mot. Partant, encore une fois, de nos propres jugements de locuteur natif du chleuh, une réalisation du verbe [tqssf] avec une voyelle entre les segments sourds ne nous semble pas être spontanée. Le spectrogramme ci-dessous illustre l'absence de tout vocoïde voisé dans la forme [tqssf] réalisée par H\_A.

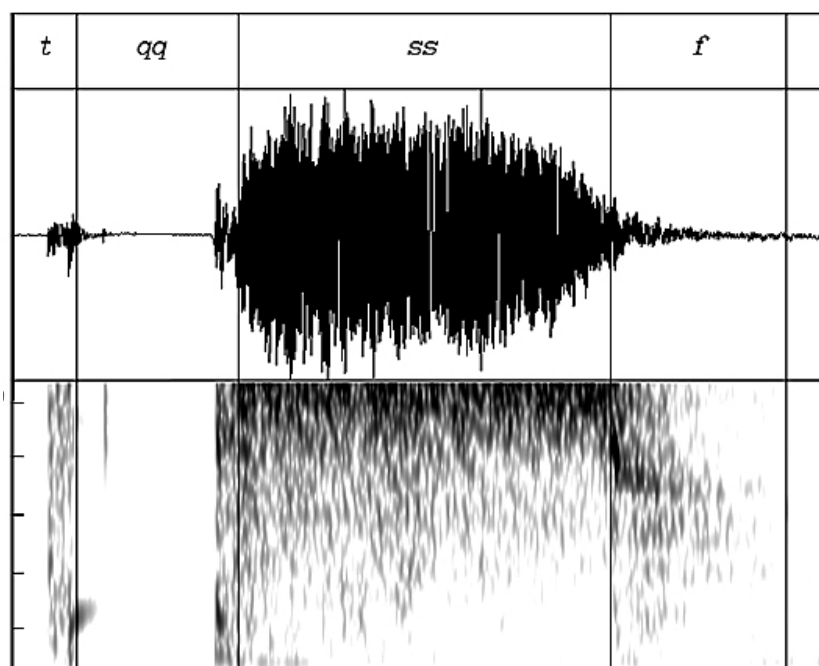


Figure 6.10. Le signal et le spectrogramme de la forme [tqssf] « elle s'est rétrécie » réalisée par H\_A.

Le mot vocoïde tel qu'il est utilisé par Louali et Puech nécessite aussi quelques commentaires. Rappelons que la définition du vocoïde ne dit rien sur le voisement. Il peut s'agir aussi bien d'un vocoïde voisé ou non voisé. Louali et Puech adoptent apparemment la même définition, puisqu'ils ont reproduit dans leur communication de 1996 des spectrogrammes qui montrent des séquences d'obstruantes sourdes sans vocoïde voisé. Par contre ces deux auteurs n'expliquent pas quels sont leurs critères pour distinguer sur

<sup>8</sup> Notons que les auteurs parlent de mot phonologique et non pas de syllabe. Est-ce à dire que des syllabes peuvent ne pas contenir de vocoïde ? Les auteurs n'en disent pas plus.

les spectrogrammes entre un vocoïde non voisé et rien. Cette question est fondamentale. Considérons le cas du japonais qui est une langue dont le dévoisement vocalique est, à notre connaissance, le plus amplement analysé. Les analyses varient dans le traitement de ces voyelles sourdes. L'examen des signaux et des spectrogrammes d'une voyelle dévoisée ne révèle en effet aucune caractéristique acoustique caractérisant une voyelle (Tsuchida 1997). Tsuchida, par exemple, a comparé les propriétés acoustiques du mot japonais *sukii* [ski] et du mot anglais *ski* et a trouvé que ces deux séquences ont des caractéristiques acoustiques quasiment identiques. L'absence de toute trace vocalique dans ce type de séquence japonaise a poussé Beckman & Shoji (1984) à postuler que ces voyelles ont subi une élision complète. Pour notre part, nous allons nous baser principalement sur l'argument phonologique pour exclure la présence de vocoïde voisé ou non voisé dans certaines séquences d'obstruantes adjacentes.

Louali et Puech (2000) distinguent entre deux sortes de chvas selon leurs durées, ceux qui durent plus de 20 ms, qu'ils appellent des voyelles brèves, et les autres, qu'ils appellent des vocoïdes transitionnels. Disons quelques mots sur ce dernier type de chvas. Les deux auteurs montrent que la forme /kf/ « donne » réalisée par un locuteur chleuh contient un chva en position médiane d'une durée de 15 ms. Ils appellent ce chva « vocoïde transitionnel ». Pourtant ce « vocoïde transitionnel » ne partage pas les caractéristiques des deux segments qui l'entourent. Il est en effet voisé entre deux segments sourds. Habituellement, ce n'est pas ce qu'on entend par un phénomène transitionnel. La notion de transition telle qu'elle est utilisée par Dell et Elmedlaoui (1996b, 2002) et les auteurs qu'ils citent en référence nous semble plus appropriée, puisqu'il s'agit là effectivement d'une transition d'un segment sourd à un segment sonore. Dans la forme [ʃala ntgni], un vocoïde court est audible entre [t] et [g] (voir Dell et Elmedlaoui 1996b). Ce vocoïde est une transition prédictible entre la dentale sourde et la vélaire sonore. Ce n'est la manifestation d'aucun segment présent dans la représentation terminale de la composante phonologique.

Comment peut-on expliquer les différences entre les observations de Louali et Puech et les nôtres, sachant qu'elles émanent toutes les deux d'enregistrements de presque les mêmes formes prononcées certes par différents locuteurs mais qui appartiennent aux mêmes aires géographiques ? Nous ne pouvons qu'avancer des hypothèses pour répondre à cette

question. La plus solide à nos yeux concerne nos procédures d'enregistrement des données. Etant nous-même locuteur natif du chleuh (ce qui n'est le cas ni de Puech ni de Louali), nous n'avons pas eu recours à l'écriture pour indiquer aux sujets les formes qu'ils devraient prononcer. Nous avons prononcé ces formes avant eux et leur avons demandé de les répéter. Louali et Puech ont présenté pour certains de leurs travaux, une liste de mots écrits en caractère arabe en demandant aux locuteurs de les lire. Cette méthode risque de modifier la réalisation exacte de ces formes. Transcrire une langue orale, et de surcroît en caractère arabe, n'est pas de nature à faciliter la tâche des locuteurs et risque donc d'altérer leur vraie prononciation. L'alphabet arabe est utilisé pour transcrire l'arabe classique, qui est une langue qui ne permet pas la succession de plus de deux consonnes sans voyelles et dont les voyelles sont rarement transcrites. Pour cette langue, c'est généralement le lecteur qui ajoute les voyelles car elles sont rarement transcrites.

Pour conclure, l'analyse spectrographique que nous avons menée montre clairement que les formes sourdes sont généralement produites sans vocoïde voisé. Les chvas que nous avons observés, essentiellement chez un locuteur, sont principalement attestés en position finale de mot. Le chva dans cette position sert principalement comme indice démarcatif de fin de mot ou de fin d'énoncé. Les rares réalisations avec chva en position interne concernent uniquement des emprunts à l'arabe marocain. Nous avons attribué la présence des chvas dans ces formes à l'influence de cette langue. Nous allons fournir dans la section suivante un argument supplémentaire qui montre que l'épenthèse de chva n'est pas un processus phonologique en berbère chleuh. Cette argumentation exclut la présence, au niveau de la représentation phonétique, de chvas voisés ou non voisés.

## 6.4 Argument phonologique

Nous allons fournir dans cette section un ensemble d'arguments phonologiques, en accord avec nos résultats acoustiques, qui montrent que *chva* en *chleuh* n'est pas un segment au niveau de la représentation phonétique. L'argument de base est que deux consonnes qui ne sont pas séparées, au niveau de la surface, par une des voyelles pleines /a, i, u/ sont adjacentes. Toute autre analyse qui postule qu'une telle suite de consonnes adjacentes est scindée par une voyelle épenthétique serait problématique.

L'argument phonologique que nous allons développer traite du processus d'assibilation dans le parler *chleuh* de l'Anti-Atlas. Nous montrerons qu'une analyse adéquate de ce processus ne peut être fournie si on postule que certaines consonnes adjacentes au niveau de la représentation sous-jacente sont séparées par une voyelle épenthétique au niveau de la surface<sup>9</sup>. Avant de développer notre argumentation, nous présenterons brièvement deux autres arguments fournis par Dell et Elmedlaoui (2002) et qui sont en accord avec leur analyse de la syllabation du parler *chleuh* d'Imdlawn (PCI).

### 6.4.1 Les morphèmes avec deux consonnes identiques adjacentes

Dell et Elmedlaoui (2002 : 158) ont présenté un certain nombre de formes dont les représentations lexicales contiennent des consonnes adjacentes identiques. Nous en reproduisons la première série ci-dessous<sup>10</sup> :

(1)	<i>zmm</i> • <i>m</i>	« écrire »	<i>χmm</i> • <i>m</i>	« penser »
	<i>fnn</i> • <i>n</i>	« discerner »	<i>ħqq</i> • <i>q</i>	« regarder fixement »
	<i>ʃll</i> • <i>l</i>	« rincer »	<i>ħll</i> • <i>l</i>	« traiter avec précaution »
	<i>!ħrr</i> • <i>r</i>	« libérer »		

Si la représentation lexicale d'un verbe comme « *zmm*•*m* » contient une gémignée suivie de sa contrepartie simple, la localisation du relâchement est rendue par la règle (2) :

<sup>9</sup> Notre argumentation développée ici et qui a fait l'objet d'une publication dans Ridouane (2002), est analogue dans son principe à celle présentée par Dell et Elmedlaoui dans un manuscrit qu'ils m'ont communiqué en février 2001. Leur discussion concernait un phénomène de dévoisement régressif.

<sup>10</sup> Le symbole /•/ indique le relâchement oral.

(2) SIBLING-RELEASE (Dell & Elmedlaoui (2002 : 148))

[-cont]     $\longrightarrow$     released /     $\longrightarrow$     sibling  
(optional)

Le PCI ne permet pas d'opposition entre les géménées et les séquences de deux consonnes simples identiques. /dd/ et /d+d/, où le symbole '+' indique la présence de deux nœuds racines distincts, sont homophones. La comparaison du PCI avec les données du parler rifain d'Ath-Sidhar montre que, contrairement au PCI, le parler rifain permet l'opposition entre géménées et séquences de deux consonnes identiques simples :

- |     |             |         |                    |
|-----|-------------|---------|--------------------|
| (3) | a. /y-!zmm/ | !izəmm  | « il a essoré »    |
|     | b. /y-sm+m/ | yə-sməṁ | « il est levé »    |
|     | c. /sm+m-n/ | smmən   | « ils sont levés » |

Mais comme pour le PCI, ce parler a également une règle de fusion qui rend une séquence de deux consonnes identiques homophone à une géminée correspondante, c'est la cas de /m+m/ dans (3c). Mais la règle de fusion ne peut pas s'appliquer à (3b) parce que dans cette forme la séquence /m+m/ est scindée par l'épenthèse de la voyelle chva /ə/. L'épenthèse est un processus qui permet la syllabification des séquences consonantiques dans le parler rifain d'Ath-Sidhar (cf. Dell & Tangi 1993). Ce même processus insère /ə/ dans la forme (3a) devant la géminée /mm/. Le fait que des séquences de deux consonnes simples identiques soient permises dans le lexique du PCI mais pas dans celui du parler rifain d'Ath-Sidhar n'est pas dû aux contraintes sur les formes sous-jacentes des morphèmes. La différence est due au fait que, contrairement au dialecte rifain, le PCI n'a pas de processus phonologique d'insertion vocalique : « [...] the difference follows from the different syllable structures of the two dialects. Unlike Ath-Sidhar Rifain, Imdlawn Tashlhiyt has no phonological process of vowel insertion which break up underlying sequences of consonants and consequently, if the lexicon of Imdlawn Tashlhiyt contained tautomorphic sequences of identical short consonants, these would all be wiped up by fusion. » (ibid : 159)

#### 6.4.2 Le dévoisement régressif

Le deuxième argument développé par Dell et Elmedlaoui concerne le processus du dévoisement régressif en PCI. Comme nous allons le voir plus bas, ce processus affecte aussi les segments du PCH. Le dévoisement est obligatoire dans certains cas et optionnel dans



d'autres. Nous reproduisons des exemples tirés de Dell et Elmedlaoui (ibid : 160) dans (4) ci-dessous. Les formes entre parenthèses sont des mots morphologiquement liés dans lesquels les obstruantes voisées restent intactes :

(4)	/s-uzf/	zzusf	« découvrir »	(zzuzuf)
	/rgs/	rks	« cache ! »	(tirggas)
	/a-!zdda/	!astta	« métier à tisser »	(!zd)

Les deux auteurs ont traité plus particulièrement des séquences « voisée-sourde » appartenant à une même syllabe. Si on présume que le dévoisement régressif ne peut avoir lieu à travers une voyelle, alors les obstruantes dans les séquences « voisée-sourde » de (4) sont adjacentes au niveau de la surface. Cet aspect serait difficile à expliquer si les représentations de surface dans le PCI contiennent une quatrième voyelle  $\emptyset$  en plus des trois voyelles pleines a, i, u. La comparaison entre la forme de l'aorsite *zzusf* avec sa correspondante de l'inaccompli *zzuzuf*<sup>41</sup> montre que dans /s-uzf/, l'adjacence de /z/ et /f/ rend le dévoisement régressif possible, donnant ainsi lieu à la forme *zzusf*. La forme de l'inaccompli contenant la voyelle /u/ entre /z/ et /f/ rend cette séquence d'obstruantes non adjacentes et, par conséquent, le dévoisement régressif impossible.

Les obstruantes du PCH subissent aussi le dévoisement régressif. Dell et Elmedlaoui (2002 : 162-3) ont traité de ce dialecte aussi en se basant entre autres sur une étude que nous avons menée en 1999. Les occlusives non coronales simples, comme nous l'avons montré dans la section (5.3.2), se spirantisent. Quand les spirantes sonores précèdent une obstruante sourde, elles se dévoisent :

(8)	a.	/a-bħri/	afħri	« marin »
		/i-bʃi/	ifʃi	« vagin »
		/i-bqqa/	ifqqa	« il est resté »
	b.	/abaʃil/	aβaʃil	« pied »

Pour Dell et Elmedlaoui (2002 : 162) : « It is not reckless to assume that syllable structure is identical in the two dialects [PCI et PCH], in view of their great similarity. » Nous partageons entièrement ce point de vue et nous considérons effectivement que la structure syllabique des deux parlers chleuhs est identique. Suivant l'analyse de Dell et Elmedlaoui, la structure

syllabique de /ibʃʃi/ est i.fʃ.ʃi. Supposons que les deux obstruantes de la deuxième syllabe sont séparées par une voyelle épenthétique ə, qui peut être masquée par une implémentation phonétique (i.e. ifəʃʃi) (cf. Coleman 1996). On devrait dès lors expliquer pourquoi les voyelles pleines bloquent le dévoisement régressif pour la forme (8b) tandis que chva [ə] ne le fait pas. Ce problème ne se pose pas si on considère que ce vocoïde n'est pas un segment au niveau des représentations phonétiques en PCH.

### 6.4.3 L'assibilation en chleuh

Notre propre argument phonologique est basé sur le processus d'assibilation qui affecte les dentales occlusives /t/ et /d/ qui deviennent [s] et [z] respectivement. Ce changement est attesté dans le parler chleuh d'Anezi (PCA). Le PCA est parlé dans la région de l'Anti-Atlas. Nous considérons ce processus comme un changement différent du cas de la spirantisation qui affecte les mêmes occlusives dentales des parlers berbères du Nord, comme le parler rifain de Beni Iznassen. En plus de la différence qui existe entre la nature des segments qui résultent de la spirantisation (i.e. [θ] et [ð]) et ceux qui résultent de l'assibilation (i.e. [s] et [z]), d'autres arguments poussent en effet à considérer ces changements comme étant indépendants. Nous en citerons deux : le mouvement de la spirantisation par rapport aux différents points d'articulation et le maintien de l'aspect occlusif des dentales emphatiques. Nous avons indiqué dans la section (5.3.2) sur la spirantisation de la labiale et des vélaires en PCH que ce processus phonologique affecte d'abord les vélaires et les labiales avant d'affecter le lieu d'articulation dentale. Le changement des dentales en fricatives correspondantes présuppose la spirantisation des vélaires et des labiales. Or dans le PCA, seules les dentales sont affectées, les autres lieux d'articulation maintiennent leur aspect occlusif. Le deuxième argument concerne le maintien de l'aspect occlusif des dentales emphatiques. Dans les parlers rifains, comme celui de Beni Iznassen (désormais PBI) par exemple, la spirantisation affecte aussi bien les occlusives dentales que leurs correspondantes emphatiques /T/ et /D/ comme l'attestent les exemples ci-dessous tirés d'El Kirat (1987) :

(9)	<i>PCA</i>	<i>PBI</i>	
	aDaD	<u>Da</u> D <sup>12</sup>	« doigt »
	aDar	<u>Dar</u>	« pied »

<sup>11</sup> Voir Dell et Elmedlaoui (1991) sur l'insertion des voyelles dans les formes de l'inaccompli.

<sup>12</sup> Le tiret au dessous de la consonne emphatique indique sa spirantisation.

Comme le montrent les exemples (9) l'emphatique dentale du PCA reste occlusive. Le seul aspect commun à l'assibilation et à la spirantisation est qu'il s'agit pour l'un ou pour l'autre processus du changement d'une occlusive en une fricative.

Les données que nous allons traiter ci-dessous émanent pour une partie de nos propres recherches auprès de locuteurs de ce parler<sup>13</sup>. L'autre partie est tirée de l'étude de Louali-Raynal (1999). Le choix de cet article n'est pas dû au hasard. Il nous permettra en effet de confronter ses résultats avec les résultats que le même auteur a obtenus en analysant le statut du chva en berbère chleuh. Les locuteurs du PCA réalisent les occlusives dentales /t/ et /d/ simples comme [s] et [z] respectivement. Les formes (10) fournissent quelques exemples de ce changement. Les mots de la deuxième colonne sont leurs contreparties en PCH :

(10)	PCA	PCH	
	sifaws	tifawt	« lumière »
	safuks	tafuxt	« soleil »
	silkis	tilxit	« pou »
	uzm	udm	« visage »
	zari	dari	« chez moi »

Le maintien de l'occlusion de /t/ et /d/ en PCA dépend essentiellement de l'aspect coronal de la consonne adjacente. Dans (11), /t/ et /d/, étant au contact immédiat avec des consonnes coronales, maintiennent leur occlusion :

(11)	PCA	PCH	
	adrar	adrar	« montagne »
	tnna	tnna	« elle a dit »
	itran	itran	« étoiles »

Si on admet que le maintien de l'occlusion n'opère qu'au contact immédiat d'une coronale, alors les dentales /t, d/ séparées des coronales par une voyelle /a, i, ou u/, par exemple, seront affectées par l'assibilation. Les données (12) indiquent que c'est effectivement le cas. Nous

<sup>13</sup> Il est assez facile de collecter des données sur ce parler car une grande partie des petits commerçants dans les quartiers de Paris est issue de la région d'Anezi.

indiquons entre parenthèse les formes morphologiquement apparentées dont les occlusives dentales ont maintenu l'aspect occlusif :

(12)	/tirRi/	sirRi	« chaleur »	(trRa)
	/idurar/	izurar	« montagnes »	(adrar)

Considérons maintenant deux formes où la séquence (/t/ ou /d/ + consonne coronale) appartient à une même syllabe et que Louali-Raynal (1999) transcrit avec des chvas, qu'elle considère comme noyaux de la syllabe :

(13)	/trkz/	tərkəz	« elle danse »
	/iRʒd/	iRʒəd	« chevreau »

Ces formes, dont les dentales restent occlusives, contiennent deux syllabes. Nous nous intéresserons à la première syllabe de *tr.kz* et à la deuxième syllabe de *iR.ʒd*. Supposons que la transcription de Louali-Raynal dans (13) est correcte. La présence de la voyelle [ə] dans cette position devrait normalement permettre l'assibilation des dentales à l'image des formes (12). Mais tel n'est pas le cas puisque les dentales maintiennent leur occlusion. Si l'assibilation avait lieu dans les formes (13), celles-ci se prononceraient de telle sorte qu'il faudrait les transcrire comme *sərkəz* et *iRʒəz* dans la transcription de Louali-Raynal. Si on admet la présence d'une voyelle ə dans ces formes, il faudrait soit revoir les règles du maintien de l'occlusion, puisque pour (13) la notion de l'adjacence n'est plus opérante. Sinon il faudrait expliquer pourquoi les voyelles /a, i, u/ ne bloquent pas l'assibilation tandis que la voyelle ə le fait. Pour notre part, et avec l'appui de nos résultats acoustiques, nous postulons que les formes (13) ne contiennent pas de chva. Il est dès lors normal que l'occlusion soit maintenue pour ces formes puisque les dentales y sont immédiatement au contact des coronales.

Le parler rifain de Beni Iznassen (PBI) apporte un argument supplémentaire en faveur de cette analyse. Le PBI spirantise, entre autres, la dentale /t/ comme l'indiquent les formes (14) tirées d'El Kirat (1987 : 213-6). Les mots de la deuxième colonne sont leurs contreparties en PCI :

(14)	PBI	PCI	
	θafaθ	sifaws	« lumière »
	θfuyθ	safuks	« soleil »
	θaʃurθ	saxurt	« ballon »

La spirantisation n'a pas lieu quand la dentale est immédiatement précédée d'une nasale labiale<sup>14</sup>:

(15)	PBI	PCI	
	θRirdəmt	siRirdms	« scorpion »
	θRanimt	saRalims	« roseau »

Le PBI, contrairement au PCI, a un processus d'insertion vocalique, qui intervient dans la syllabification des séquences d'obstruantes adjacentes. Ainsi quand la labiale et la dentale sont séparées par cette voyelle, la spirantisation a lieu :

(16)	PBI	PCI	
a.	lχədməθ	lχdms	« travail »
	lħəkməθ	lħkm	« pouvoir »
	lmħakməθ	lmħkama	« tribunal »
b.	χdmaθ	χdmas	« travaillez, imp »
	θimiθ	simis	« petite bouche »

Le chva en PBI se comporte comme les autres voyelles pleines. La syllabe [məθ] dans (16a) contient une voyelle épenthétique qui, à l'instar de /a/ et de /i/ dans [mat] et [mit] (16b), occupe le noyau de la syllabe. La présence de cette voyelle dans ce contexte rend la spirantisation possible, la dentale et la nasale labiale n'étant plus adjacentes.

Pour résumer, nous avons fourni un argument phonologique supplémentaire qui confirme que chva n'est pas un segment au niveau de la représentation phonétiques en chleuh. Dans ce qui va suivre nous allons fournir un argument supplémentaire basé sur l'examen de l'état de la glotte pendant la tenue des formes composées, au niveau sous-jacent, d'obstruantes sourdes.

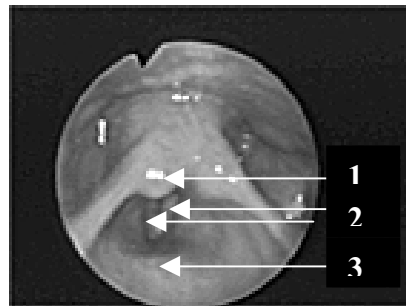
<sup>14</sup> La spirantisation n'a pas lieu quand /t/ est aussi précédé de /l/ et /n/. Cet environnement bloque la spirantisation de la dentale dans les autres parlers rifains.

## 6.5 Arguments physiologiques

L'objectif principal de cette partie est de déterminer à travers l'observation de la glotte des indices de la présence d'un geste vocalique. Sachant qu'il s'agit-là, à notre connaissance, de la première étude fibroscopique sur des mots réalisés de bout en bout sans voyelle ni consonne sonore, nous allons fournir un nombre important de figures illustratives et consacrer une partie de cette section à l'examen de certains ajustements laryngiens lors de la production de ces mots.

### 6.5.1 Méthode et sujets

La procédure d'enregistrement est la même que celle décrite dans la section (3.3). Ci-dessous nous fournissons une image illustrant l'état de la glotte pendant la tenue d'une voyelle :



6.11. Illustration de l'état de la glotte pendant la tenue d'une voyelle /i/.

1 : Aryténoïdes

2 : Cordes vocales

3 : Tubercule de l'épiglotte

Deux sujets ont participé à cette expérience : R\_R (l'auteur) et A\_A (27 ans) qui est locuteur natif de chleuh, originaire de la région de l'Anti-Atlas et installé à Paris depuis 4 ans au moment de l'enregistrement. Ce sujet ne souffre d'aucun problème d'audition ou de parole. Nous aurions souhaité enregistrer un autre sujet pour le parler d'Agadir, mais force est de constater que les diverses personnes que nous avons contactées ont manifesté très peu de motivation pour y prendre part, très certainement à cause du caractère lourd et contraignant de l'expérience.

Nous avons indiqué dans la section (3.3) que l'inconvénient majeur de la fibroscopie demeure toutefois sa fréquence assez lente. Les données fibroscopiques ont une fréquence de 25

images par seconde seulement. La correspondance entre les images fibroscopiques et le signal acoustique est illustrée par la figure (6.12) ci-dessous :

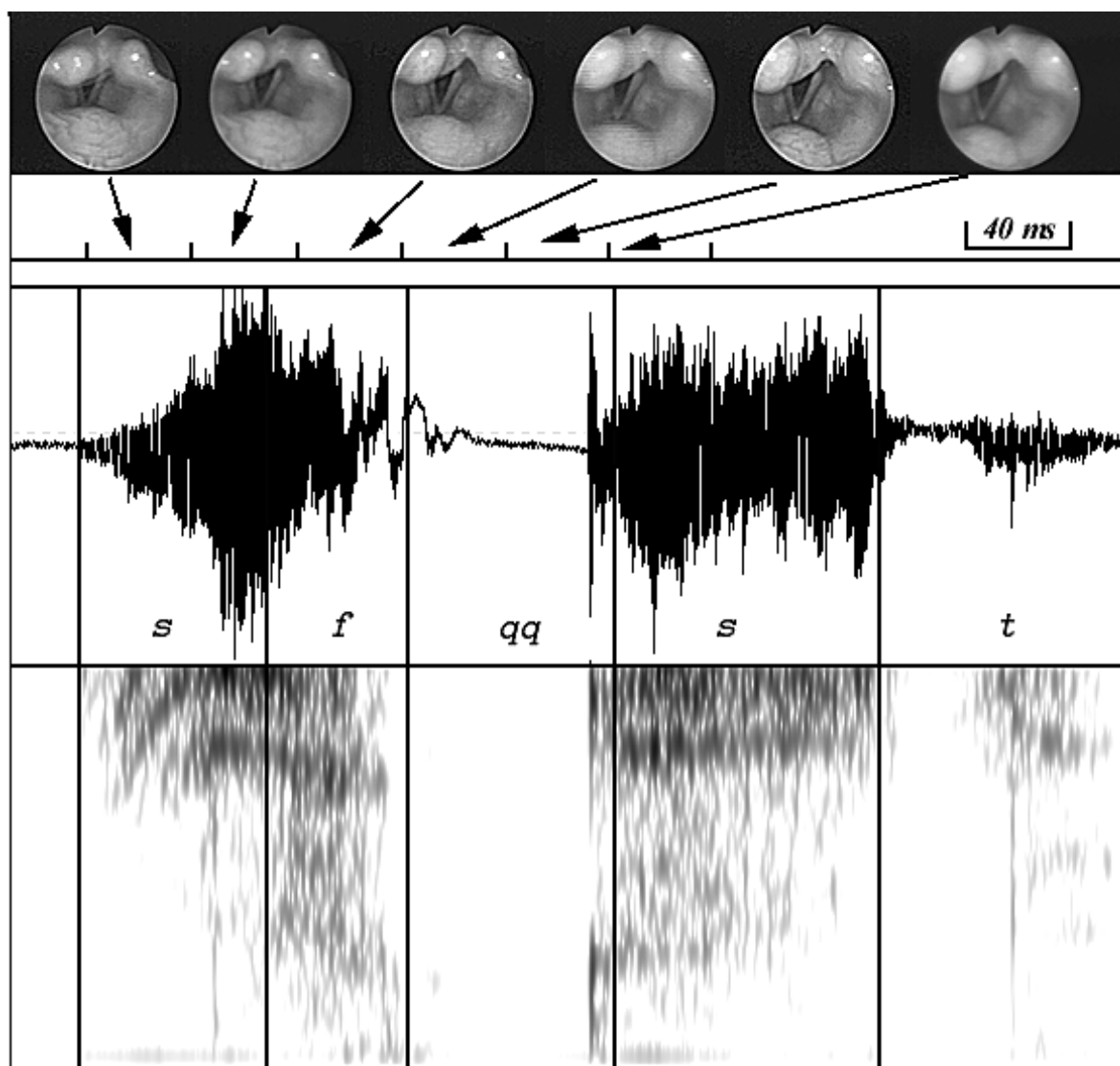


Figure 6.12. Illustration de la correspondance entre les images fibroscopiques et le signal acoustique et spectrographique. La figure correspond à une répétition de la forme [sfqqst] « énérvé-le » réalisée par A\_A.

La fréquence lente du film fibroscopique peut être préjudiciable à l'objectif de notre étude : détecter les mouvements de la fermeture de la glotte, synonymes de la réalisation d'une voyelle. Sachant en effet qu'un chva peut durer moins de 40 ms, une possibilité est que la glotte se referme sans que la caméra vidéo puisse capter ce mouvement. Nous sommes conscient de cet aspect. Pour y remédier nous avons enregistré un grand nombre de formes réalisées plus de 25 fois. Comme nous allons l'indiquer lors de l'analyse de nos résultats, à aucun moment, pendant la tenue de ces formes, nous n'avons observé un geste de fermeture complète de la glotte. Une seule réalisation d'une forme a été produite avec une fermeture

complète de la glotte, très visible sur le film fibroscopique. Un autre inconvénient que nous avons déjà signalé est que le rapport temporel entre les gestes glottaux et supraglottaux ne pourra être déterminé d'une manière exhaustive en se basant uniquement sur les films fibroscopiques. C'est pour cette raison, mais aussi pour s'assurer totalement que la glotte ne se referme pas, que nous avons aussi procédé à l'analyse des mots sourds par transillumination.

Les données analysées dans cette expérience sont les mêmes que celles présentées dans la liste (1) et traitées dans la partie acoustique. Chaque forme a été répétée par le sujet R\_R plus de cinq fois (pour chacune des 4 sessions) avec une pause de deux à trois secondes entre chaque réalisation. Le sujet A\_A a répété chacune des formes de la liste (1) cinq fois en isolation aussi (une seule session). D'autres formes ont été enregistrées par R\_R dans le but d'avoir une vue globale des ajustements laryngés en chleuh et de les comparer aux cas de l'arabe marocain et du français. L'objectif est de comparer le comportement de la glotte pendant la production d'une séquence d'obstruantes sourdes en français (séquences soulignées dans 5 ci-dessous) et des formes de l'arabe marocain qui se distinguent du chleuh par la présence d'une voyelle chva :

(5) Français :

[ʃakstilo] « chaque stylo »

[feliksfɔ] « Félix Faure »

(6) Arabe marocain:

[sχəf] « il s'est évanoui »

[fqqəs] « énerve »

Nous avons signalé dans la section (3.3) que les comparaisons de l'amplitude de l'ouverture glottale entre deux formes enregistrées pendant deux sessions différentes ne peuvent être qu'approximatives. C'est pour cette raison que nous n'allons pas effectué de comparaisons systématiques entre les réalisations des deux sujets A\_A et R\_R. Nous nous contenterons de mentionner les différences d'amplitude glottale quand elles nous semblent évidentes et systématiques.



### 6.5.2 Résultat et discussion

D'une manière générale, nous avons observé des ajustements laryngés similaires pendant les réalisations des formes de la liste (1) pour les deux sujets. Après examen de toutes nos données, nous avons constaté l'absence totale de toute fermeture glottale lors de la production de ces formes et ce pour les deux sujets, à l'exception d'une seule répétition par A\_A du verbe [fth] « opère » qui contient un chva en position finale de mot. Nous allons revenir sur cette répétition plus bas.

La glotte qui est largement ouverte avant le début de chaque forme demeure ouverte (avec de légères variations) jusqu'à la fin de l'énoncé. Considérons maintenant nos formes aux cas par cas selon le nombre de consonnes qui les composent. Commençons par les formes contenant deux consonnes sourdes. La figure (6.13) illustre l'état de la glotte pendant la tenue du verbe [fk] « donne ». Les chiffres sur les images indiquent leurs successions dans le temps.

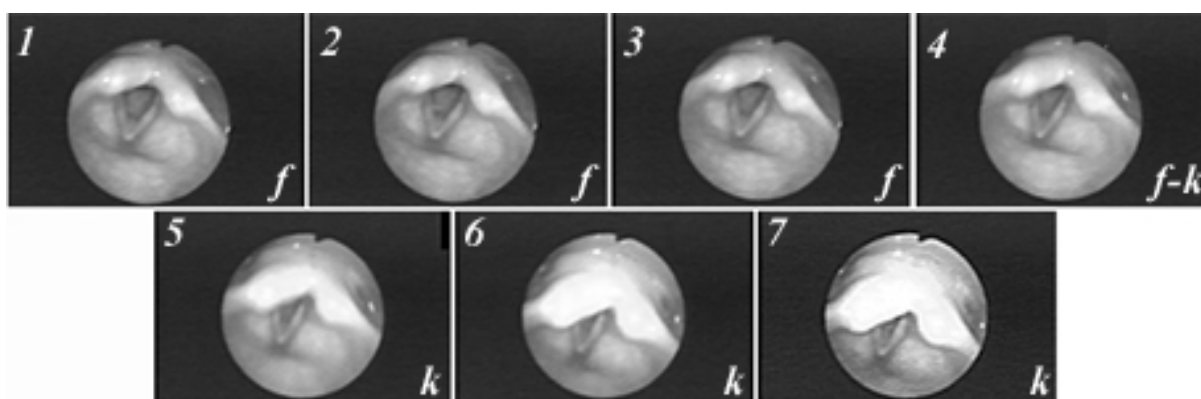


Figure 6.13. Illustration de l'état de la glotte pendant la réalisation de la forme [fk] « donne » par le sujet R\_R.

La glotte, qui était très ouverte avant le début de la fricative /f/, maintient cette ouverture d'une manière qui semble quasi statique pendant toute la durée de la fricative. Ce n'est que pendant l'occlusion de la vélaire que la glotte commence à entamer une phase fermante mais sans pour autant atteindre une occlusion glottale complète. Les cartilages aryénoïdiens demeurent quant à eux très largement séparés jusqu'à l'offset de la dernière consonne où une légère entame d'un rapprochement des aryénoïdes est généralement observée dans certaines répétitions. Une autre caractéristique de cette forme ainsi que toutes les formes de deux à trois consonnes se terminant par une occlusive, telles qu'elles sont réalisées par R\_R, est l'élévation du larynx pendant ou juste avant le relâchement et ce jusqu'à la fin de l'énoncé. Cette élévation est visible sur la figure (6.13), se traduisant par un taux de luminosité plus important au dessus des cartilages aryénoïdiens, ce qui indique qu'ils ont effectué un

mouvement vers l'avant et sont devenus très proches du bout interne du fibroscope. On peut faire un parallèle entre ces observations et la tendance qu'ont certains locuteurs à réaliser des chvas en fin d'énoncé. Cette tendance à rapprocher les cordes vocales et les cartilages aryénoïdiens en fin d'énoncé peut s'accroître jusqu'à atteindre une phase de vocalisation comme c'est le cas chez E\_M, H\_A, S\_S et B\_A, comme que nous l'avons observé dans la partie acoustique de ce chapitre.

La séquence de trois consonnes sourdes, comme dans la forme [kst] (figure 6.14), indique là-aussi une ouverture glottale très importante durant toute la durée du mot. La glotte reste ouverte et les cartilages aryénoïdiens écartés jusqu'à la fin de l'énoncé. Aucune élévation du larynx ni un rapprochement des cartilages aryénoïdiens n'a été observé lors des différentes répétitions de cette forme.

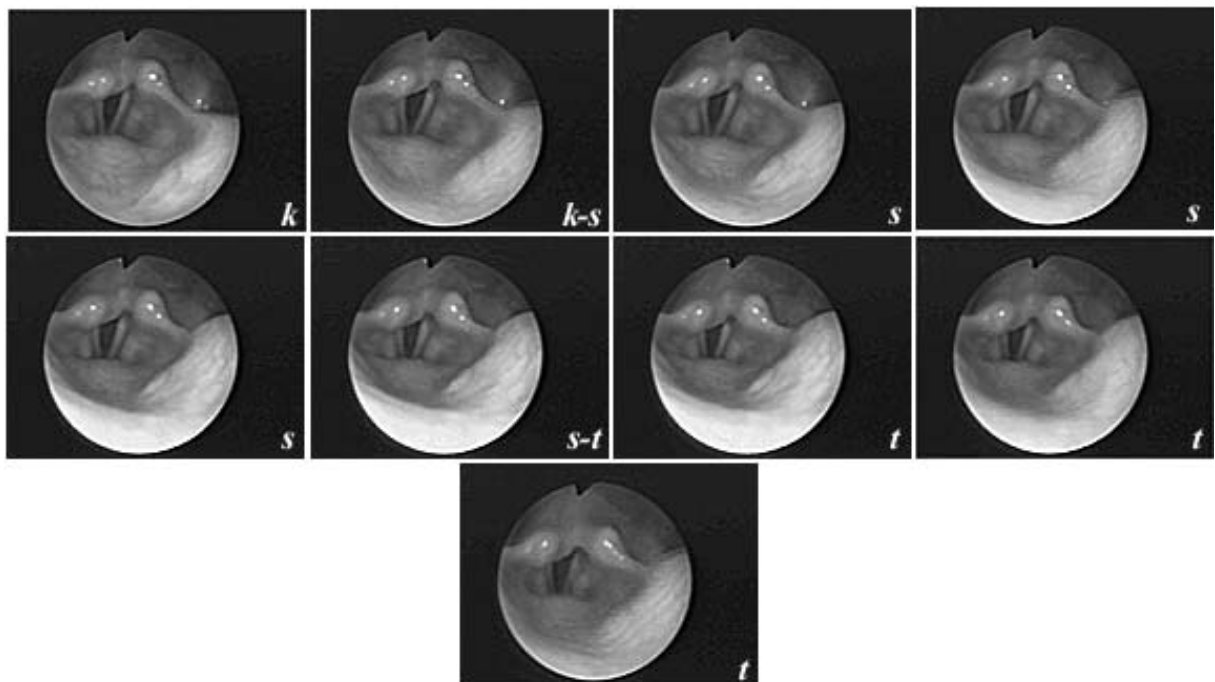


Figure 6.14. Illustration de l'état de la glotte pendant la réalisation de la forme [kst]  
« fais-le paître » par le sujet A\_A

La figure (6.15) illustre l'état de la glotte pendant la tenue d'un mot composé de quatre obstruantes sourdes réalisé par A\_A. Comme pour les autres formes composées de deux et de trois consonnes, aucune fermeture glottale n'a été observée. Si on suppose que la glotte était largement ouverte pendant la phase respiratoire, une possibilité est que la glotte entame un geste d'adduction depuis cette phase et qui dure jusqu'au relâchement de la dentale /t/. La glotte s'ouvre ensuite plus largement pendant la tenue de la fricative /f/ et continue jusqu'à

atteindre une ouverture très importante pendant la géminé /ss/. Cette ouverture glottale correspond pratiquement à l'état de la glotte pendant la phase respiratoire.

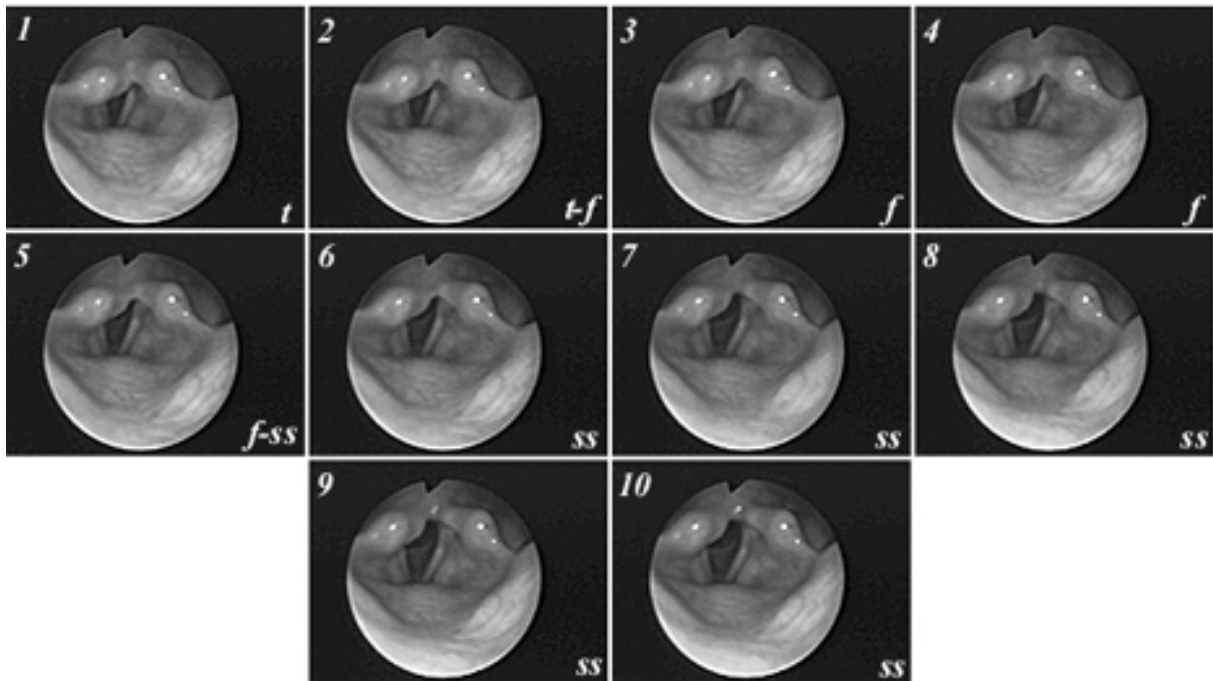


Figure 6.15. Illustration de l'état de la glotte pendant la réalisation de la forme [tfss]  
« elle est silencieuse » par A-A

La figure (6.16) ci-après illustre l'état de la glotte pendant la tenue d'une forme composée de cinq consonnes [tqssf] telle qu'elle est réalisée par R\_R. La glotte, qui demeure ouverture de bout en bout de cette forme, présente un degré d'ouverture important principalement pendant la tenue de l'uvulaire occlusive. On observe aussi pendant la tenue de ce segment que le larynx entame un mouvement vertical vers la gauche dès le relâchement de la dentale /t/ précédente et un léger rapprochement de l'épiglotte et les cartilages aryénoïdiens<sup>15</sup>. La figure (6.16) indique également de légères variations de l'aire glottale. La glotte semble en effet présenter plusieurs gestes d'ouverture-fermeture.

<sup>15</sup> Notez aussi la durée particulièrement longue de cette consonne uvulaire qui est largement supérieure à celle des autres occlusives simples. La durée peut être déduite à partir du nombre d'images fibroscopiques, chaque image correspondant à une durée de 40 ms.

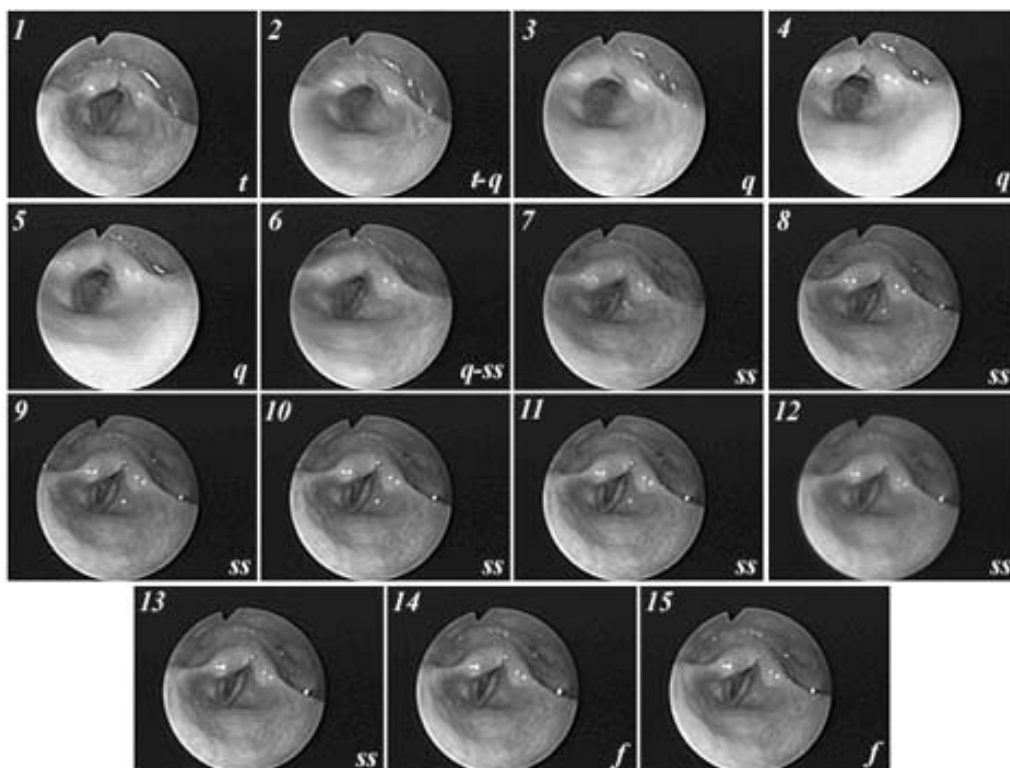


Figure 6.16. Illustration de l'état de la glotte pendant la réalisation de la forme [tqssf]  
« elle s'est rétrécie » par R\_R.

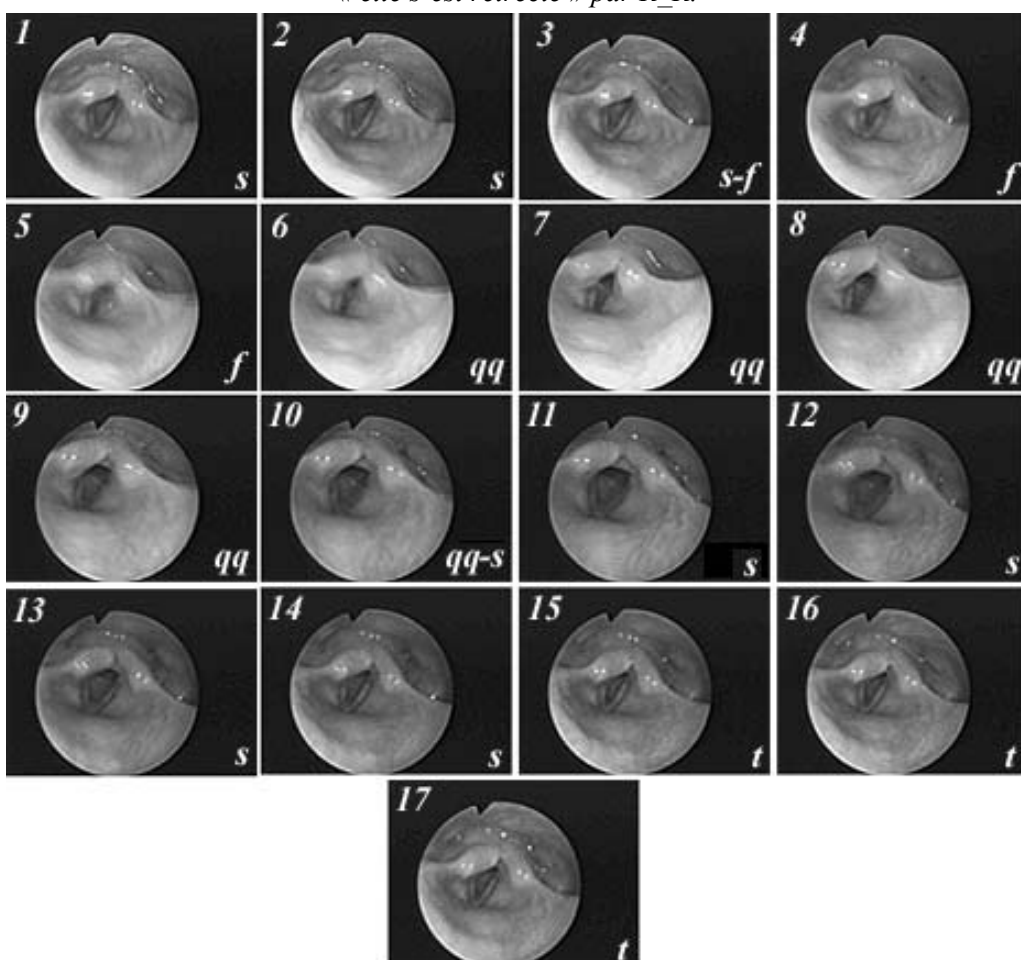


Figure 6.17. Illustration de l'état de la glotte pendant la réalisation de la forme [sfqqst]  
« énerve-le » par R\_R

La configuration glottale observée pendant la tenue de la forme [sfqqst] (figure 6.17) présente des similitudes avec ce que nous avons observé pendant la tenue de [tqssf]. L'uvulaire se caractérise toujours par un rapprochement entre les aryténoïdes et le tubercule de l'épiglotte. Des variations de l'aire glottale sont très visibles. La glotte semble maintenir un niveau d'ouverture important jusqu'à l'onset de la fricative labiodentale /f/. Elle entame ensuite un geste d'adduction jusqu'au milieu de l'uvulaire /qq/. L'ouverture maximale est atteinte pendant la tenue de la fricative dentale /s/. La glotte entame ensuite un autre geste d'adduction jusqu'au relâchement de la dentale occlusive finale. On peut considérer au vu de cette figure que la glotte pendant la tenue de [sfqqst] présente deux ouvertures maximales de la glotte atteintes pendant la tenue de la première et de la deuxième fricatives dentales respectivement. Nous avons observé d'une manière systématique que dans une séquence d'obstruantes sourdes la glotte atteint presque toujours son ouverture maximale pendant la tenue des fricatives ou des occlusives géminées. Nous présentons ci-après trois figures illustrant la configuration de la glotte pendant la tenue de deux formes de sept et de huit consonnes sourdes réalisées par R\_R et d'une forme de huit consonnes sourdes réalisées par A\_A. Ces figures confirment cette tendance.

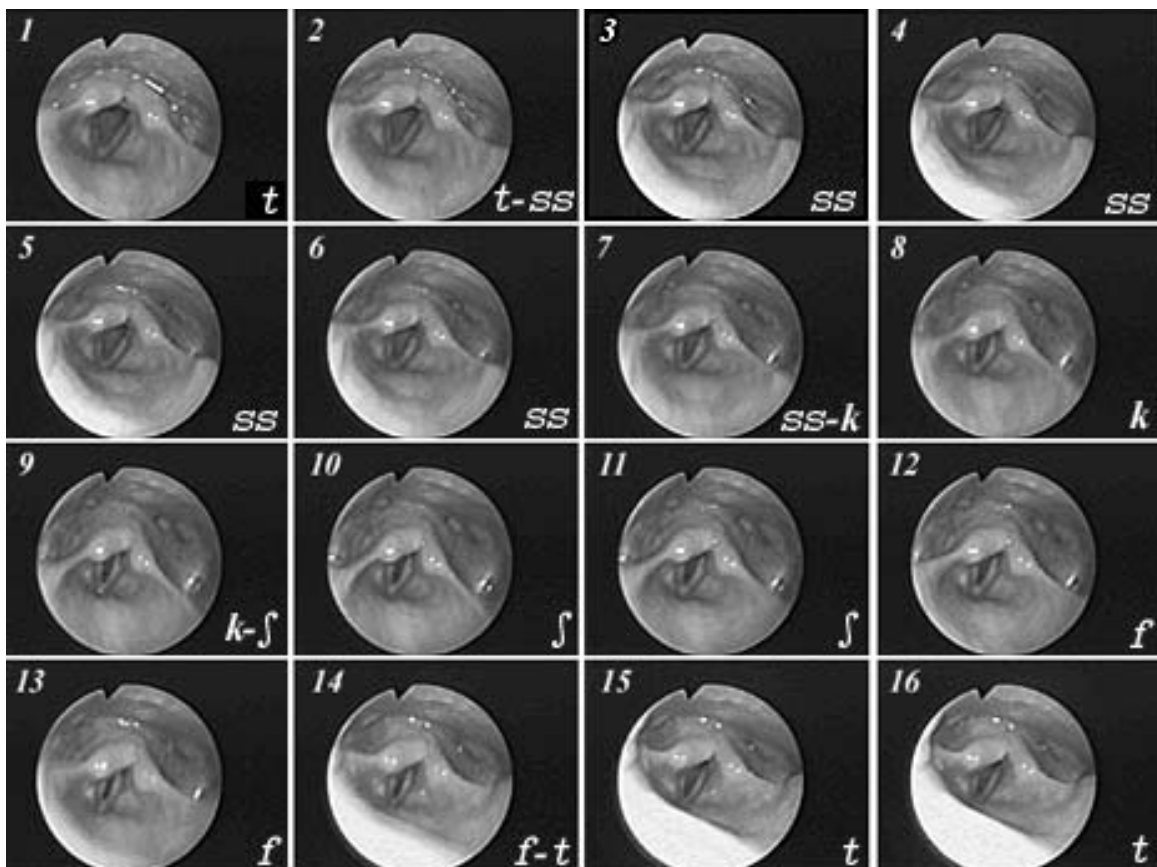


Figure 6.18. Illustration de l'état de la glotte pendant la réalisation de la forme [tsskʃft]  
« tu as sali » par R\_R.

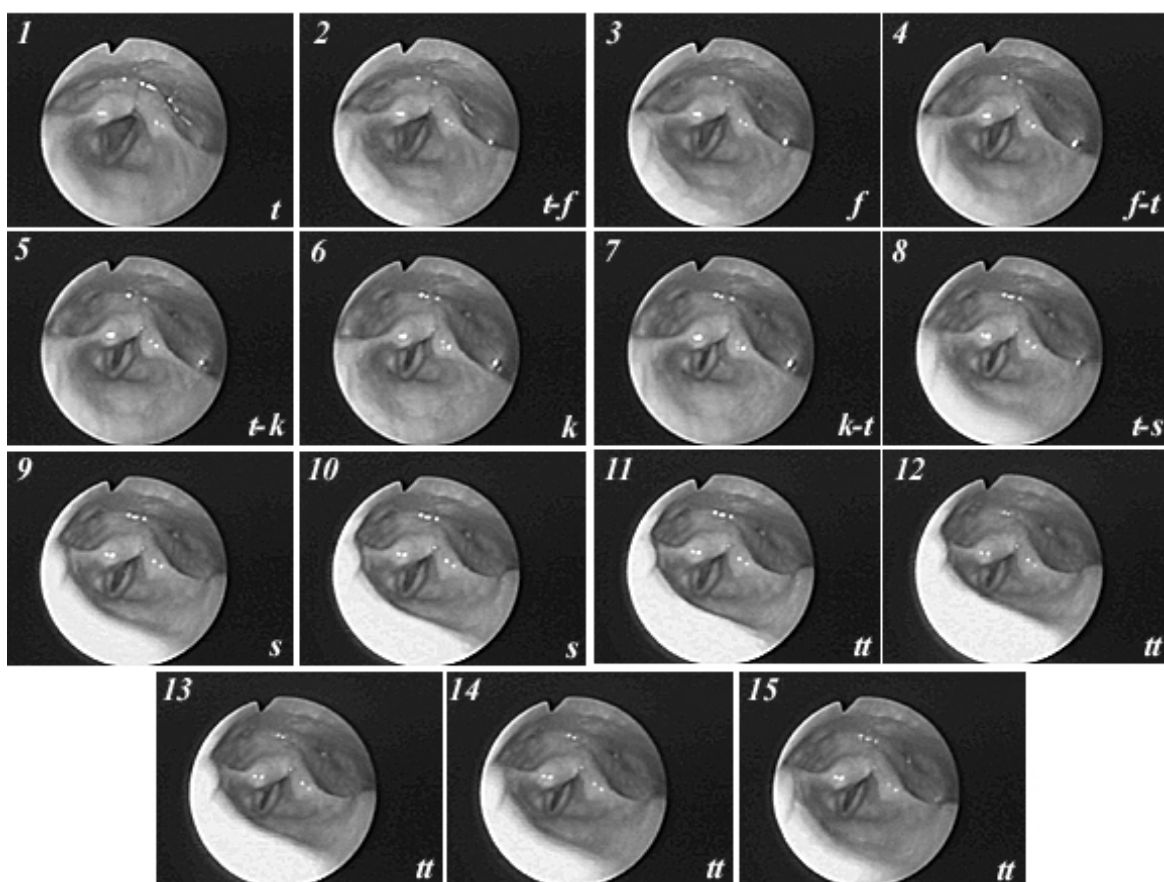


Figure 6.19. Illustration de l'état de la glotte pendant la réalisation de la forme [tʃktstt]  
« tu l'as déchirée » par R\_R

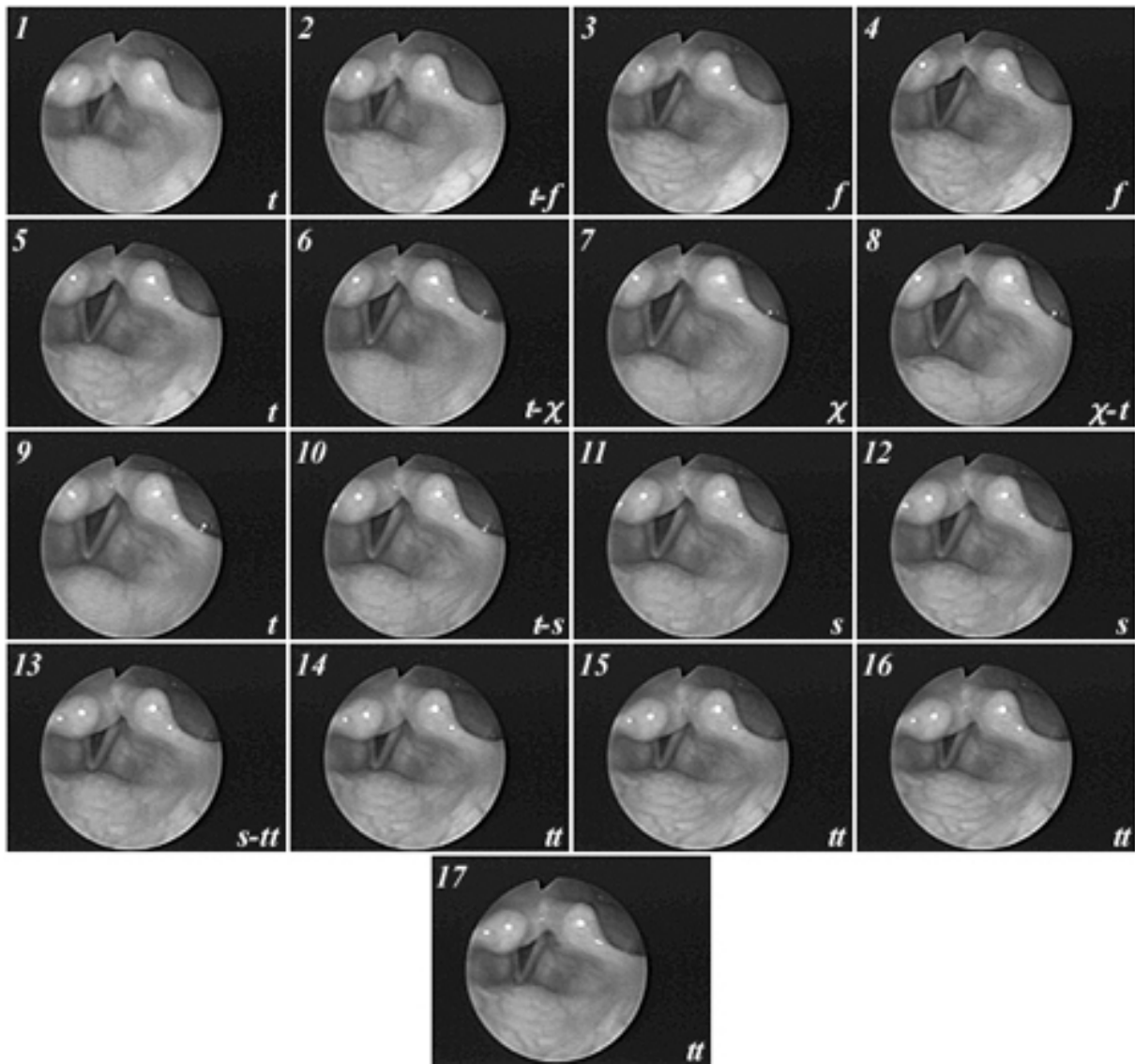


Figure 6.20. Illustration de l'état de la glotte pendant la réalisation de la forme [tftχtst]  
« tu l'as roulée » par A\_A

Mais rappelons par ailleurs que ces observations concernant les variations de l'aire glottale sont approximatives, à cause notamment de la lenteur de la fréquence des films fibroscopiques. L'étude photoglottographique qui sera développée dans le chapitre suivant est plus à même de nous fournir des renseignements plus solides sur ces caractéristiques.

Nous avons signalé au début de cette partie qu'une répétition du verbe /ftħ/ « opère » a été réalisée avec chva en position finale par A\_A. La présence de ce chva dans cette position est conforme à ce que nous avons observé dans la partie acoustique concernant d'autres locuteurs. La figure (6.21) illustre l'état de la glotte pendant la tenue de cette forme. Nous fournissons dans (6.22) une illustration de l'état de la glotte pendant la tenue de la même forme réalisée par le même locuteur mais sans chva. La différence principale entre ces deux

figures concerne l'amplitude de l'ouverture glottale pendant la tenue de l'épiglottale /h/. Dans la forme avec chva, la fricative épiglottale est produite avec une amplitude moins importante que pendant la tenue de la même consonne dans la forme entièrement sourde.

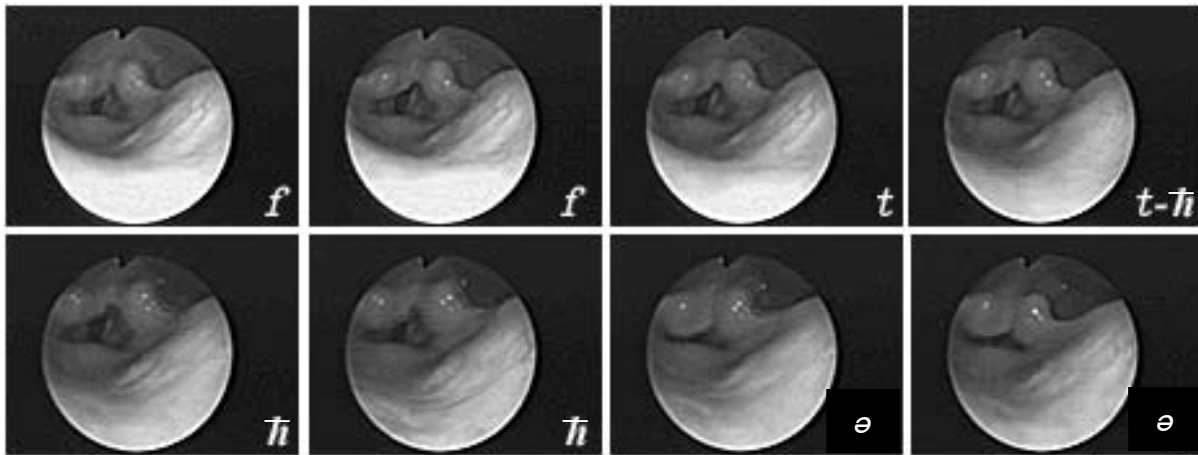


Figure 6.21. Illustration de l'état de la glotte pendant la réalisation de la forme [fthə]  
« opère » par A\_A

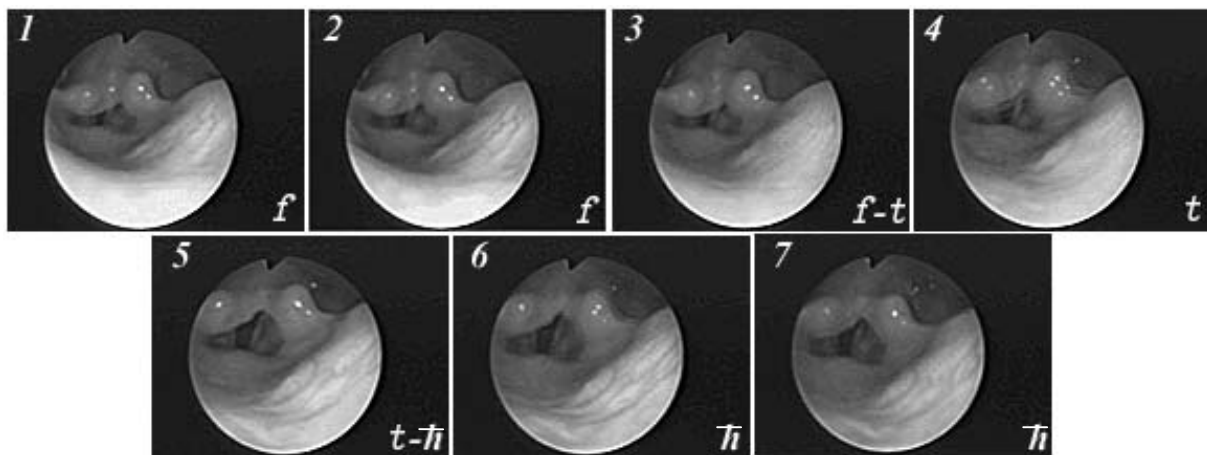


Figure 6.22. Illustration de l'état de la glotte pendant la réalisation de la forme [fth]  
« opère » par A\_A.

Un autre aspect notable est que la glotte, pendant la tenue de /fth/ avec ou sans chva, se caractérise par une compression au niveau du sphincter aryépiglottique qui se manifeste par un rapprochement très important entre les sommets des aryténoïdes et le tubercule de l'épiglotte. Cette configuration, qui rejoint totalement ce que nous avons observé dans la section (3.3.3), est typique d'une fricative épiglottale. Ce type de fricatives se réalise en effet avec un rapprochement très important entre les aryténoïdes et la base de l'épiglotte. Une particularité de A\_A, que nous n'avons pas observé chez l'autre locuteur, est qu'il semble anticiper ce geste nécessaire pour la tenue de l'épiglottale avant même le début du mot. Cette anticipation a été observée lors de la tenue des quatre autres répétitions de la même forme



ainsi que lors des cinq répétitions du verbe [tʃħ] « elle s'est faite opérer » qui contient également une épiglottale /ħ/. La figure (6.23) illustre cet état de la glotte au début des deux premières répétitions du verbe [tʃħ] ainsi que les débuts de la troisième et de la quatrième répétition du verbe [tʃħ] respectivement. Les chiffres sur les images font référence à ces répétitions :

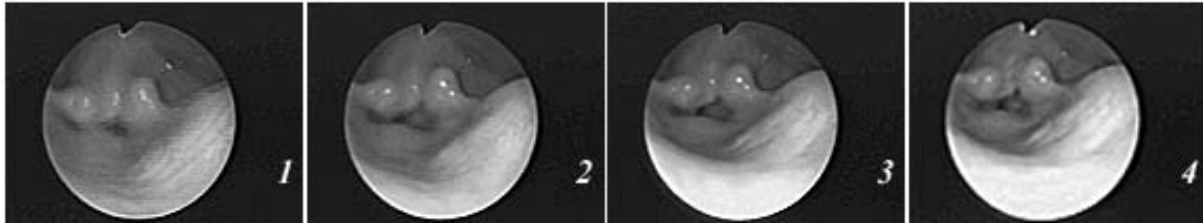


Figure 6.23. Illustration de l'état de la glotte avant la tenue des deux premières répétitions de la forme /tʃħ/ (1-2) et avant la tenue de la troisième et de la quatrième répétitions de /tʃħ/ (3-4)

Nous allons traiter de l'anticipation qui caractérise les gestes glottaux dans la section ci-dessous lors de la comparaison entre les formes du berbère d'un côté et de l'arabe marocain et du français de l'autre.

#### 6.5.2.1 La comparaison du chleuh avec l'arabe marocain et le français

L'arabe marocain et le chleuh se distinguent entre autres par la présence d'un chva épenthétique dans l'un (l'arabe marocain) et son absence dans l'autre<sup>16</sup>. Certains mots en chleuh sont des emprunts à l'arabe. C'est le cas par exemple pour le verbe [sɣf] « évanouis-toi ». En arabe marocain, ce verbe se réalise [sɣəf] avec chva et avec un sens légèrement différent : « il s'est évanoui ». Etant nous-même locuteur de l'arabe marocain, nous avons reproduit ce verbe avec chva entre les deux dernières fricatives sourdes. La figure (6.24) illustre l'état de la glotte lors d'une répétition de cette forme.

<sup>16</sup> Voir Dell et Elmedlaoui (2002) sur les différences de structure syllabique entre l'arabe marocain et le chleuh.

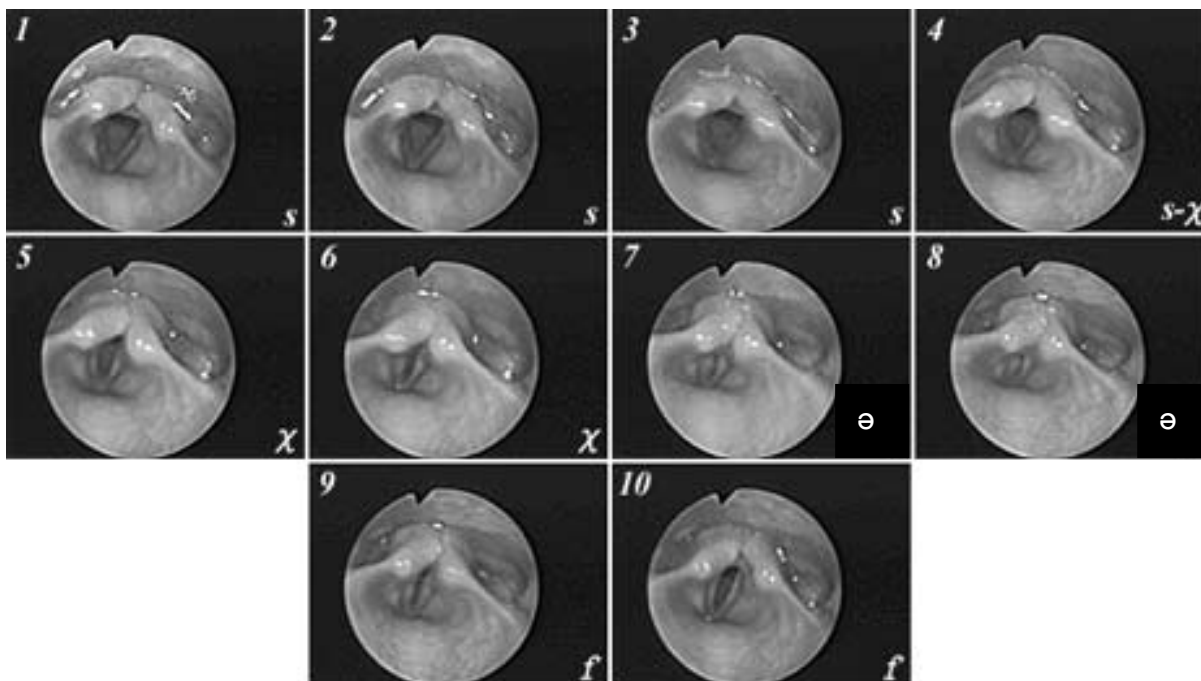


Figure 6.24. Illustration de l'état de la glotte pendant le tenue de la forme de l'arabe marocain /sχəf/ « il s'est évanoui » par R\_R

La glotte est très largement ouverte pendant le début et durant toute la durée de la fricative /s/. Elle entame ensuite sa phase fermante d'une manière assez rapide. La glotte atteint une fermeture complète à l'offset de la fricative uvulaire /χ/ et pendant la tenue du chva. Elle entame ensuite sa phase d'abduction glottale immédiatement après l'offset de cette voyelle. Comparez ces ajustements glottaux avec ceux de la même forme sans chva dont une répétition est illustrée dans la figure (6.25). Nous reproduisons également dans (6.26) l'état de la glotte pendant la tenue de la même forme réalisée par A\_A.

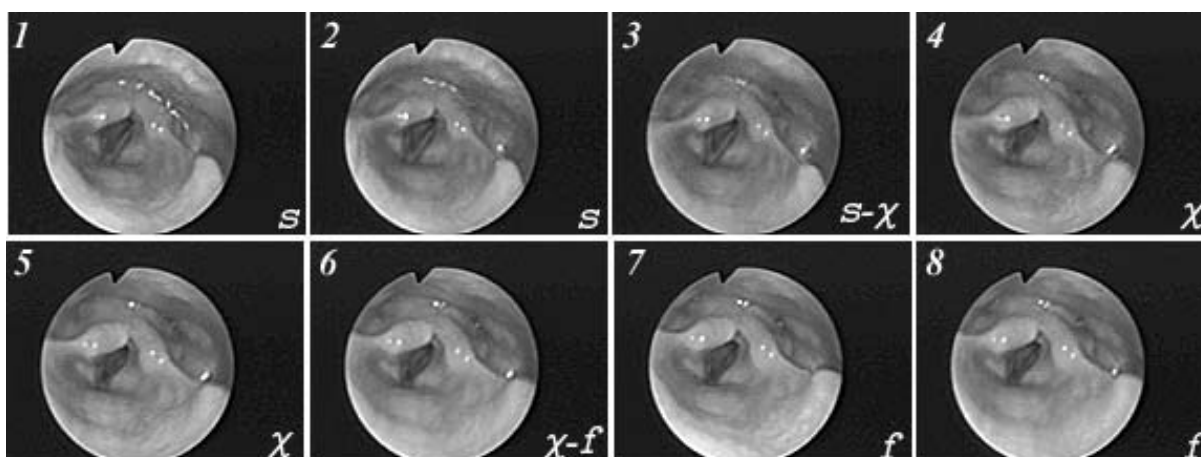


Figure 6.25. Illustration de l'état de la glotte pendant la réalisation de la forme chleuhe [sχf] « évanouis-toi » par R\_R.

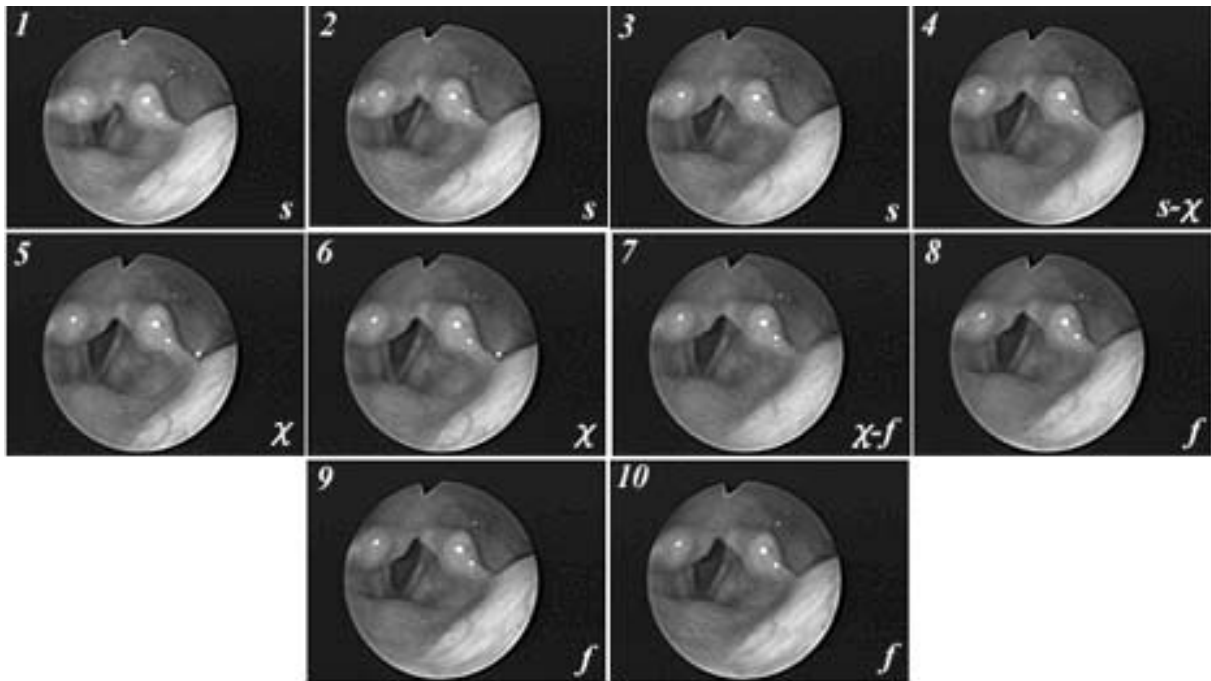


Figure 6.26. Illustration de l'état de la glotte pendant la réalisation de la forme chleuh [sxʃ]  
« évanouis-toi » par A\_A

En plus de l'absence d'une fermeture glottale pendant la tenue de la forme sans chva, d'autres différences existent entre la figure (6.24) d'une part et (6.25) et (6.26) de l'autre. Elles concernent principalement l'état de la glotte pendant la réalisation des fricatives uvulaire /χ/ et labiodentale /f/. Ces différences sont dues à la présence de la voyelle voisée dans l'une et son absence dans les deux autres. En effet durant la réalisation la forme de l'arabe marocain, la glotte qui était très largement ouverte pendant la tenue de /s/ entame sa phase fermante deux à trois images avant le début de la voyelle, autrement dit, à peu près 100 ms avant l'onset de la voyelle. La glotte anticipe donc suffisamment en avance la fermeture de la glotte que nécessite la réalisation d'une voyelle voisée. Dans la forme [sxʃ] du chleuh, la fricative uvulaire sourde demeure largement ouverte parce que le segment qui suit ne nécessite aucune fermeture glottale, étant une fricative sourde. La fermeture de la glotte juste avant la réalisation de la fricative finale explique aussi les différences de degré d'ouverture glottale pour cette consonne de l'arabe marocain et du chleuh. En chleuh, la fricative /f/ se réalise avec un degré d'ouverture glottale plus important dès le début de sa tenue, n'étant pas précédée d'un segment nécessitant une fermeture complète de la glotte. Les deux locuteurs R\_R et A\_A semblent réaliser cette même forme avec des amplitudes glottales différentes. Les figures (6.25) et (6.26) montrent en effet des différences notables entre ces deux sujets. Mais rappelons ce que nous avons signalé dans la section (3.3), les comparaisons du degré de

l'ouverture glottale entre deux formes enregistrées pendant deux sessions différentes ne peuvent être qu'approximatives.

Pour mieux examiner la notion d'anticipation au niveau glottique, nous avons comparé l'état de la glotte de certaines formes contenant plusieurs obstruantes sourdes aux mêmes formes auxquelles nous avons ajouté le morphème /id/ « par ici ». Les figures (6.27) et (6.28) illustrent l'état de la glotte pendant la réalisation des formes [tftχtstt] et [tftχtsttid] respectivement.

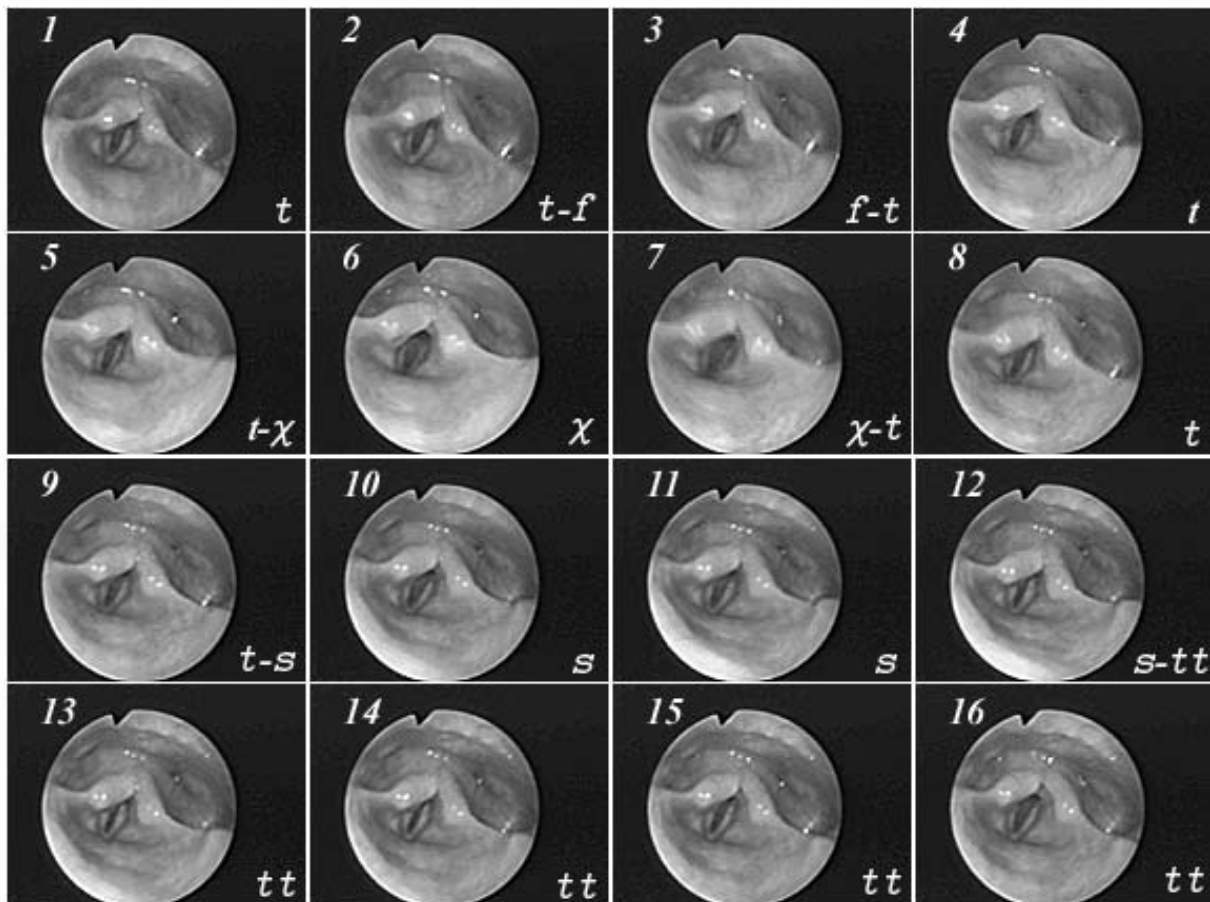


Figure 6.27. Illustration de l'état de la glotte pendant la réalisation de la forme [tftχtstt]  
« tu l'as roulée » par R\_R

Durant la réalisation de la forme composée uniquement d'obstruantes sourdes, la glotte demeure largement ouverte du début jusqu'à la fin de la forme. Des variations d'aire glottique sont généralement assez claires. Pour la forme [tftχtsttid], la glotte est aussi ouverte durant la réalisation des obstruantes sourdes. La différence majeure entre les deux formes concerne l'état de la glotte pendant la tenue de la gémée finale /tt/. Dans la forme réalisée avec chva, la glotte entame sa phase fermante cinq images (i.e. à peu près 200 ms) avant la fermeture

complète de la glotte nécessaire pour la réalisation de la voyelle voisée. Dans la forme [tftχtstt], par contre, la glotte continue son geste d'adduction entamé dès la fricative /s/ jusqu'au milieu de la gémisée /tt/. Mais elle entame tout de suite après une phase d'abduction qui atteint son niveau maximal pendant le relâchement.

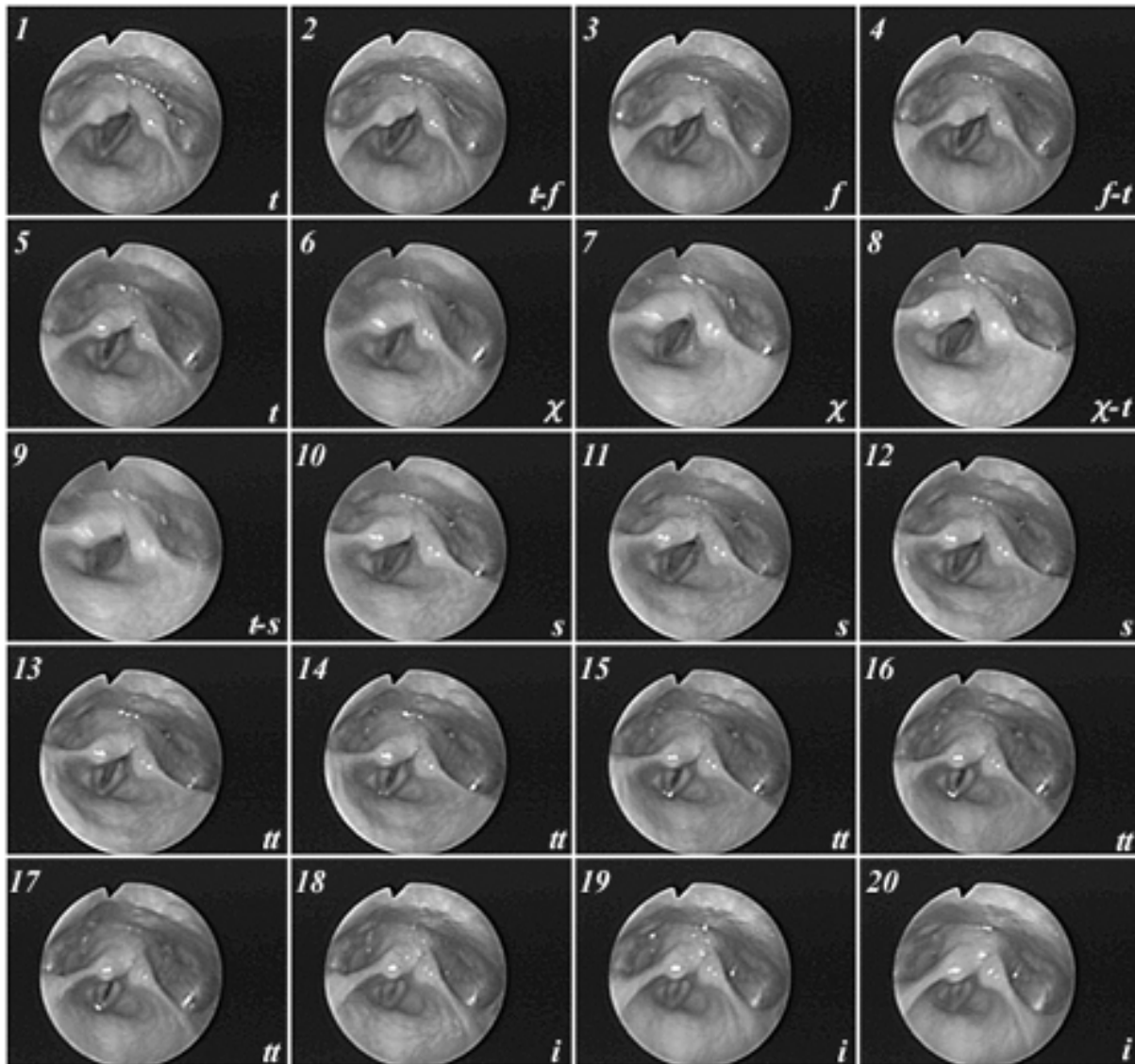


Figure 6.28. Illustration de l'état de la glotte pendant la réalisation de la forme [tftχtsttid]  
« tu l'as roulée par ici » par R\_R

Les formes françaises ont été enregistrées pour permettre de comparer l'état de la glotte durant la réalisation de certaines séquences d'obstruantes sourdes du français (e.g. /ks+t/ de *chaque stylo*) avec les mêmes séquences en berbère (e.g. [kst] « fais-le paître »). L'objectif est de déterminer si les deux formes se réalisent avec les mêmes ajustements laryngaux. Pour le français, il est établi que ce type de séquences ne contiennent pas de chva. Les figures (6.29) et (6.30) indiquent la configuration de la glotte pendant les réalisations de la forme berbère et

française respectivement. La figure (6.31) illustre l'état de la glotte pendant la réalisation de la même forme chleuhe par A\_A.

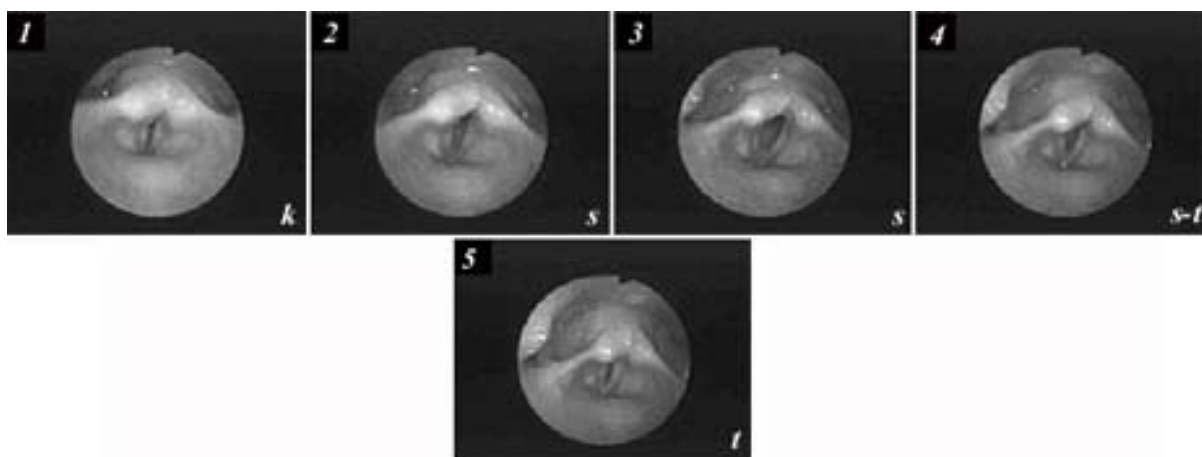


Figure 6.29. Illustration de l'état de la glotte pendant la réalisation de la séquence française /kʃst/ de « chaque stylo » par R\_R

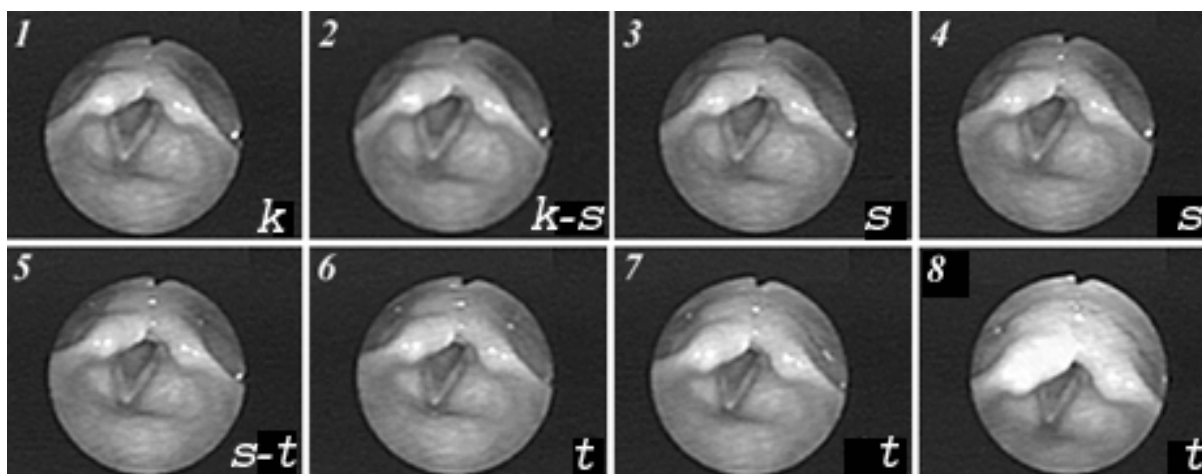


Figure 6.30. Illustration de l'état de la glotte pendant la réalisation de la forme chleuhe [kst] « fais-le paître » par R\_R

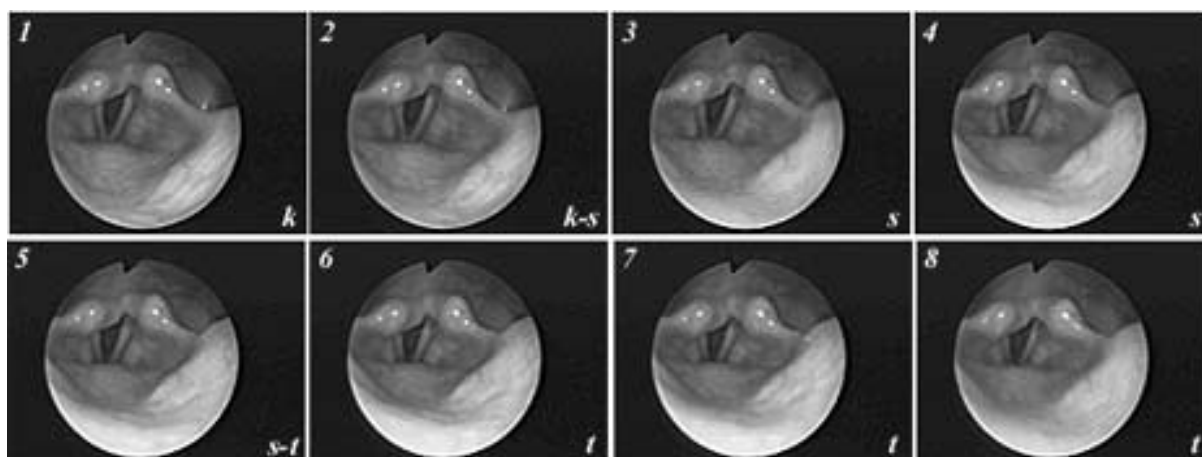


Figure 6.31. Illustration de l'état de la glotte pendant la réalisation de la forme chleuhe [kst] « fais-le paître » par A\_A.

Le verbe [kst] du chleuh est produit avec une amplitude d'ouverture glottale beaucoup plus importante que pendant la tenue de la forme [ks+t] du français. Cette différence de degré d'ouverture glottale est due à la présence d'une voyelle avant et après la séquence en français (/a/ et /i/ respectivement). Ainsi, pour cette séquence, la glotte qui était complètement fermée juste avant la tenue de la vélaire s'ouvre légèrement et atteint son amplitude maximale au milieu de la fricative /s/. Elle entame ensuite son geste d'adduction pour atteindre une fermeture complète tout de suite après le relâchement de la dentale /t/ et pendant la tenue de la voyelle suivante /i/. En chleuh, pour les deux locuteurs, la glotte demeure largement ouverte du début jusqu'à la fin. En l'absence d'une voyelle précédente ou suivante, aucun geste d'abduction ou d'adduction n'a été observé au début ou à la fin de cette forme. Les deux locuteurs présentent des amplitudes d'ouvertures glottales très importantes. La glotte semble même maintenir un degré d'ouverture glottale quasi-constant pendant longtemps pour les deux locuteurs. Mais cette dernière observation doit être examinée de plus près en se basant sur les données photoglottographiques qui ont une fréquence plus rapide. C'est un des objectifs de l'analyse par transillumination que nous allons développer dans la section (6.5) ci-après.

### 6.5.3 Synthèse et conclusion

Dans cette section, nous avons procédé à une analyse fibroscopique des mots phonologiquement composés d'obstruantes sourdes. L'objectif premier de cette expérience est de déterminer la présence ou l'absence de gestes vocaliques durant la tenue de formes de la liste (1). Sur les vingt répétitions de chacune de ces formes réalisées par R\_R, aucune n'a été produite avec la glotte complètement fermée et les cordes vocales en vibration. La glotte reste assez largement ouverte avant, pendant et après la tenue de chaque mot, quel que soit le nombre de consonnes qu'il contient. A\_A a réalisé une seule répétition de la forme /ftħ/ avec chva en position finale. Les autres réalisations présentent le même aspect d'ouverture glottale que celui observé pour R\_R. La comparaison avec les formes de l'arabe marocain qui contiennent des chvas épenthétiques montre des différences de configurations glottales évidentes pendant la tenue d'une forme avec ou sans chva.

Au-delà de la réponse à la question centrale posée dans ce chapitre, les données fibroscopiques apportent quelques renseignements intéressants sur les ajustements glottaux pendant la tenue d'une longue séquence d'obstruantes sourdes. Nous avons ainsi observé que

la glotte, comme les autres organes articulatoires, anticipe largement en avance les gestes nécessaires pour la production de certains segments. Ainsi, pour A\_A par exemple, nous avons systématiquement observé que les aryténoïdes et le tubercule de l'épiglotte entament un rapprochement très important bien avant la tenue de l'épiglottale fricative /ħ/. C'est aussi le cas lors de la comparaison que nous avons effectuée entre des formes entièrement sourdes (e.g. [tftχtstt]) et les mêmes formes contenant une voyelle après la consonne finale (e.g. /tftχtsttid/). Les cordes vocales, qui restent largement séparées du début jusqu'à la fin d'une forme sourde, entament, pour les formes contenant une voyelle, un rapprochement suffisamment en avance par anticipation de cette voyelle qui suit. Les images fibroscopiques nous ont aussi permis d'observer quelques différences d'ajustements glottaux selon la nature des consonnes que contient chaque mot. Elles semblent aussi refléter pour certaines réalisations un maintien quasi-constant du degré d'ouverture glottale. Mais, comme nous l'avons signalé à plusieurs reprises, une analyse adéquate et précise de ces ajustements ne peut être atteinte en analysant uniquement les films fibroscopiques. La photoglottographie fournit des moyens plus solides et plus fiables pour traiter de ces sujets. C'est l'objectif central du chapitre qui suit.



## CHAPITRE 7

### ***LES AJUSTEMENTS LARYNGIENS PENDANT LA TENUE DE SEQUENCES D'OBSTRUANTES SOURDES***

#### **7.1 Les ajustements laryngiens pendant la production des mots sourds**

La partie fibroscopique nous a appris entre autres que les mots sourds sont réalisés sans jamais fermer la glotte. La partie photoglottographique apportera des arguments supplémentaires démontrant que la glotte reste effectivement ouverte avant, pendant et après la tenue de chaque forme. Mais au-delà de cette question, cette partie a un autre objectif. Cette étude, étant à notre connaissance, la première qui traite de l'état de la glotte pendant la tenue de mots entièrement sourds, a pour objectif de contribuer à améliorer nos connaissances sur les ajustements laryngiens pendant la parole. Nos connaissances aujourd'hui se limitent à des analyses sur les segments simples et sur certaines séquences d'obstruantes sourdes entourées de voyelles plus particulièrement dans les langues germaniques.

Nous allons nous intéresser dans ce qui va suivre aux variations « potentielles » de l'aire de l'ouverture glottale pendant la tenue des formes (1). Le terme « potentielles » est employé à dessein, car il est probable en effet que du début jusqu'à la fin d'un mot sourd, la glotte maintient une ouverture glottale statique, autrement dit, un degré d'ouverture glottale constant. Ceci est d'autant plus probable pour des mots courts ou composés de segments partageant le même mode d'articulation. Certaines illustrations présentées dans la section précédente semblent indiquer que la glotte maintient un degré d'ouverture constant pendant longtemps. Mais rappelons le, la fréquence du film fibroscopique étant lente, il est très probable que l'aire de l'ouverture glottale varie sans que cette variation soit captée par la caméra vidéo. La question d'un maintien constant de l'ouverture glottale a été très brièvement traitée dans la littérature. Löfqvist, Yoshioka et leurs collègues l'ont brièvement soulevé dans leurs analyses des séquences d'obstruantes sourdes dans des langues comme le suédois et l'anglais. La conclusion de Löfqvist & 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, rappelons le, sont des séquences d'obstruantes sourdes, dont

les plus longues sont composées de quatre consonnes<sup>1</sup>, comprises entre deux voyelles. Autrement dit, chaque séquence est précédée et suivie d'une fermeture complète de la glotte. Nous allons dans la deuxième partie de ce chapitre traiter de ce type de séquences en berbère. Les données que nous allons analyser ici sont différentes, la glotte étant ouverte avant, pendant et après la tenue chaque forme.

La première question à laquelle nous allons répondre donc est la suivante : la glotte peut-elle maintenir une ouverture glottale statique pendant la parole ou présente-t-elle des changements continuels ? Par position statique nous entendons tout degré d'ouverture glottale maintenu d'une manière invariable pendant la tenue d'une ou de plusieurs consonnes. Est statique tout geste dont la courbe de vitesse ne reflète ni la phase d'accélération ni celle de décélération du geste d'adduction ou d'abduction des cordes vocales.

Le deuxième aspect que nous allons analyser dans cette partie concerne le cas où les séquences seraient produites avec des variations d'aire glottique continues. Il serait dès lors question d'une part de décrire les ajustements glottaux observés (le nombre de gestes d'ouverture et de fermeture de la glotte, l'emplacement de l'amplitude maximale de l'ouverture glottale, etc.) et, d'autre part, nous essayerons de déterminer les mécanismes qui gouvernent ces changements en nous intéressant plus particulièrement au nombre d'obstruantes que contient chaque forme et à leurs propriétés phonétiques. Nous avons montré dans la section (4.10) que les fricatives et les occlusives géminées sourdes sont produites avec une ouverture glottale systématiquement plus importante que pendant la tenue des simples. Nous allons essayer à travers cette étude de répondre à une question étroitement liée à ces résultats : est-ce que les segments dans un contexte de mot sourd présentent ces mêmes caractéristiques d'ajustements glottiques ?

### **7.1.1 Méthode et sujet**

La procédure d'enregistrement est la même que celle présentée dans le chapitre (4). Pour l'analyse des mots sourds, un seul sujet (l'auteur) a enregistré les mêmes formes que celles présentées dans la liste (1). En l'absence d'un segment nécessitant la fermeture complète de la glotte pouvant refléter la valeur de référence correspondant à une glotte fermée, nous avons intentionnellement réalisé certaines répétitions de mots sourds avec une voyelle chva. La raison principale est donc de pouvoir déterminer la valeur PGG2F correspondant à une glotte fermée. Un autre moyen de déterminer la fermeture de la glotte est d'observer la forme de la

---

<sup>1</sup> Par exemple la séquence /sks#k/ de l'anglais « he masks cave » (Löfqvist & Yoshioka 1980) ou les séquences /sts#p/ et /st#sp/ du suédois (Yoshioka & al. 1981).

courbe glottographique. Nous avons en effet traité pour cette étude aussi bien des données filtrées que des données non filtrées. Sur ces dernières, les vibrations des cordes vocales se reflètent sur les courbes glottales et les courbes de vélocité. Ces deux paramètres employés pour déterminer la fermeture glottale sont illustrés par la figure (6.32) ci-après.

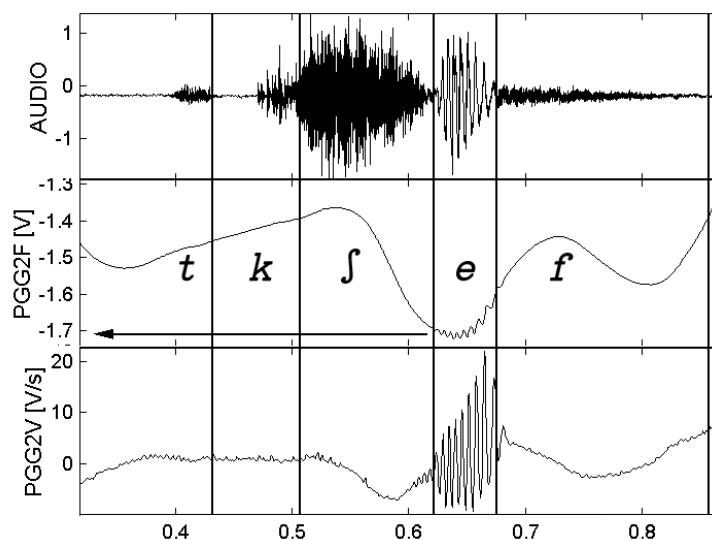


Figure 6.32. Illustration de la procédure utilisée pour déterminer la fermeture glottale complète et les vibrations des cordes vocales. La figure reproduit le signal acoustique, la courbe glottographique (PGG2F) et la courbe de vélocité (PGG2V). La flèche indique la valeur PGG2F correspondant à une glotte fermée.

### 7.1.2 Résultats

Cette partie est subdivisée en plusieurs sections, chacune correspondant aux nombres de segments que contiennent nos données, pour pouvoir vérifier si le nombre de ces consonnes a une influence sur les ajustements glottaux. Les gémées sont considérées comme des séquences de deux segments identiques, ainsi la forme /kks/ sera traitée dans la partie réservée aux formes contenant trois segments. Lors de chaque section, un ou plusieurs exemples représentatifs incluant le mouvement glottal et le signal (ou le spectrogramme) des formes traitées seront fournis.

#### *a. Les mots composés de deux consonnes*

Avant la tenue des formes composées de deux consonnes sourdes ([ks] et [fk]), la glotte, qui était largement ouverte pendant la phase respiratoire, entame un geste d'adduction qui continue jusqu'à l'onset de la première consonne. Pour la forme /ks/, la glotte entame tout de suite après un geste d'abduction qui atteint systématiquement son niveau maximal pendant la fricative /s/. La glotte se referme après jusqu'à l'offset de cette consonne pour s'ouvrir ensuite pour la phase respiratoire. La figure (7.33) illustre cette configuration glottale :

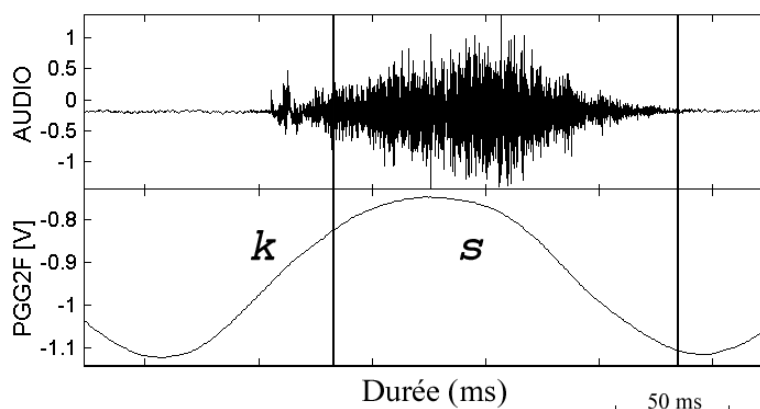


Figure 7.33. Le signal acoustique et la courbe glottographique d'une répétition de [ks] « fais-le paître ».

Les configurations glottales observées lors de la tenue de la forme /fk/ sont différentes. Sur les cinq répétitions, trois sont produites avec un geste glottal quasi-statique maintenu du début de la fricative jusqu'au milieu de l'occlusion de la consonne qui suit, et parfois même jusqu'au relâchement oral. Nous reproduisons dans la figure (7.34) la courbe glottographique et le signal d'une de ces répétitions.

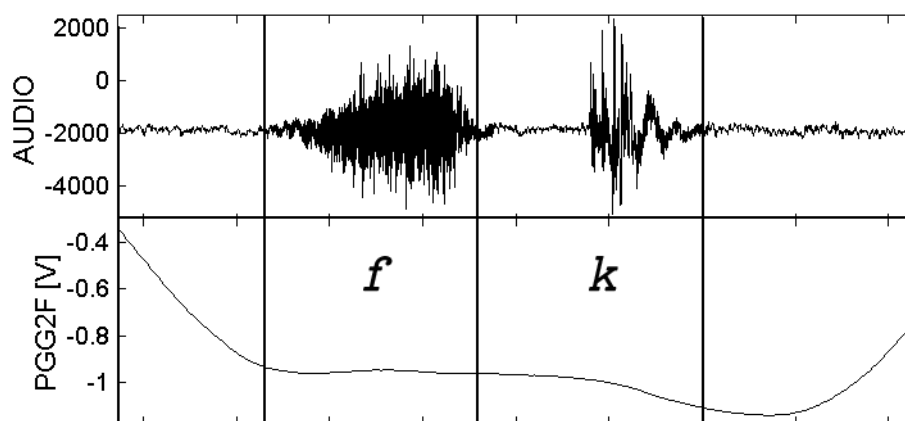


Figure 7.34. Le signal acoustique et la courbe glottographique d'une répétition de [fk] « donne ».

Au vu d'une telle configuration nous pouvons dire que la glotte peut parfois maintenir un geste d'ouverture statique pendant la parole. Cet état statique peut être maintenu pendant une durée assez importante (plus de 100 ms). Cette ouverture constante est systématiquement suivie d'un geste d'adduction qui dure généralement jusqu'à l'offset du relâchement oral. La glotte entame ensuite son geste d'abduction pour la phase respiratoire. Les deux autres répétitions sont produites avec un geste d'abduction suivi d'un geste d'adduction des cordes vocales comme pour la forme /ks/. Mais une différence importante existe entre ces deux formes. L'ouverture maximale de la glotte est atteinte pendant la tenue de la deuxième consonne pour /ks/ et pendant la tenue de la première consonne pour /fk/. Cette différence s'explique si on considère les propriétés segmentales des deux formes. La glotte dans une séquence d'occlusive + fricative ou de fricative + occlusive atteint toujours son ouverture maximale pendant la tenue des fricatives. Cet aspect est en accord avec les résultats de Löfqvist (1978), Löfqvist & Yoshioka (1980) et Yoshioka et al. (1981) qui ont aussi observé que pour les séquences composées d'occlusives et de fricatives, la glotte atteint généralement son ouverture maximale pendant la tenue des fricatives. Cette différence de localisation de l'ouverture maximale de la glotte est probablement liée à la différence de vitesse d'ouverture glottale entre les occlusives et les fricatives. Nous avons montré dans le chapitre (4) qu'entre autres différences entre les occlusives et les fricatives est que pour ces dernières la glotte entame son geste d'ouverture plus rapidement. Les séquences qui commencent par une fricative sont donc accompagnées d'une initiation d'ouverture glottale plus rapide et par conséquent un niveau d'ouverture maximale important plus rapidement. De l'autre côté, pour les séquences qui commencent par une occlusive, l'ouverture glottale est graduelle et n'atteint son niveau maximal que pendant la tenue du segment suivant. Selon Löfqvist & Yoshioka (1980 : 1721) : « [...] 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.”*

*b. La suite de trois consonnes sourdes.*

Comme nous l’avons montré dans la partie acoustique, certains locuteurs réalisent un chva en fin d’énoncé. Nous avons pour la dernière répétition de la forme /kks/ procédé de la même manière en insérant un chva après la fricative finale. L’objectif est de comparer les ajustements glottaux pendant la tenue de cette forme avec ceux des mots entièrement sourds. L’autre objectif d’une telle répétition, comme nous l’avons signalé ci-dessus, est de déterminer la valeur approximative correspondant à une glotte complètement fermée. La forme avec chva indique que la glotte pendant la tenue de la voyelle présente un degré PGG2F d’approximativement  $-1.7$ . Pour toutes les autres répétitions, la valeur indiquant le degré de l’ouverture glottale ne dépasse jamais le seuil de  $-1.5$ .

Comme pour les formes composées de deux consonnes sourdes, la glotte qui était largement ouverte pendant la phase respiratoire entame un geste d’adduction qui dure jusqu’à l’onset de la première consonne. Ensuite, la glotte entame un geste d’abduction. L’emplacement de l’ouverture maximale varie selon les propriétés segmentales des différentes formes. Une généralité qui est en accord avec nos observations précédentes est que la glotte atteint généralement son ouverture maximale pendant la tenue des fricatives. Ainsi pour /fkt/ et /kst/ et les quatre premières répétitions de /kks/, l’ouverture maximale est atteinte pendant la tenue des fricatives /f/ et /s/ respectivement. La figure (7.35) illustre l’état de la glotte pendant la tenue de /kks/ :

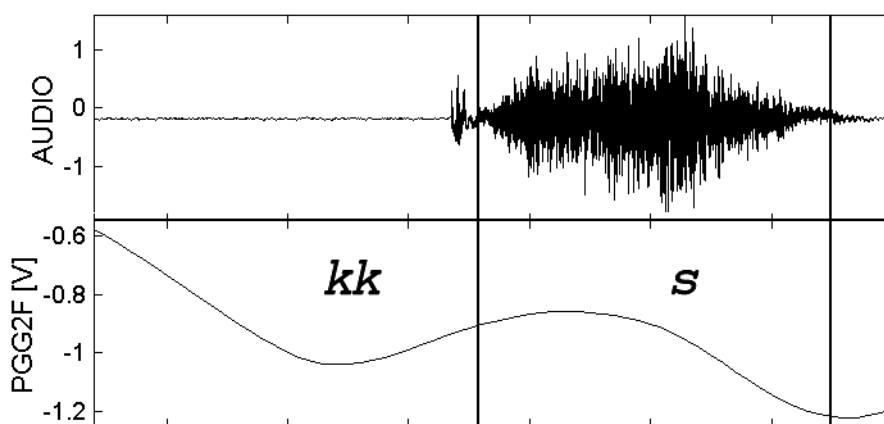


Figure 7.35. Le signal acoustique et la courbe glottographique d’une répétition de [kks] « enlève ».

/kksə/, produite avec un chva en position finale présente une configuration différente ; la glotte atteint son ouverture maximale pendant l’occlusion de la gémignée /kk/. Aucun geste d’abduction spécifique à /s/ n’a été observé, cette fricative étant produite pendant la phase d’adduction du geste glottal par anticipation de la voyelle qui suit.

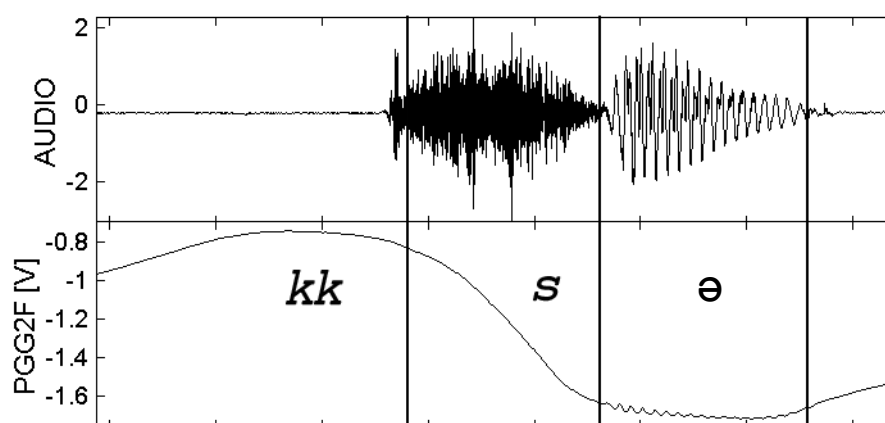


Figure 7.36. Le signal acoustique et la courbe glottographique d’une répétition de [kksə] « enlève ».

La comparaison entre /kks/ et /ks/ révèle une différence qui n’est certes pas apparente si nous considérons uniquement les courbes glottographiques, mais qui apparaît nettement au niveau des courbes de vélocité du geste d’abduction. Pendant la tenue de /kks/, deux vélocités maximales sont généralement visibles ; la première correspondant à la phase d’accélération du geste d’ouverture pendant l’occlusion de la gémignée. Cette vélocité maximale est immédiatement suivie d’un geste d’adduction très faible à peine visible sur les courbes glottographiques. L’autre vélocité maximale correspond à la phase d’accélération du geste d’ouverture pour la fricative qui suit. La courbe de vélocité pour /ks/, par contre, ne présente qu’une seule vélocité maximale.

/sɣf/, contrairement aux autres formes, est produite avec deux gestes d’abduction-adduction des cordes vocales, comme l’illustre la figure (7.37). La première ouverture maximale est localisée pendant la tenue de la première fricative /s/ et la deuxième lors de la tenue de la labiodentale /f/. L’uvulaire /ɣ/ est produite pendant la phase d’adduction du premier geste d’ouverture glottale.

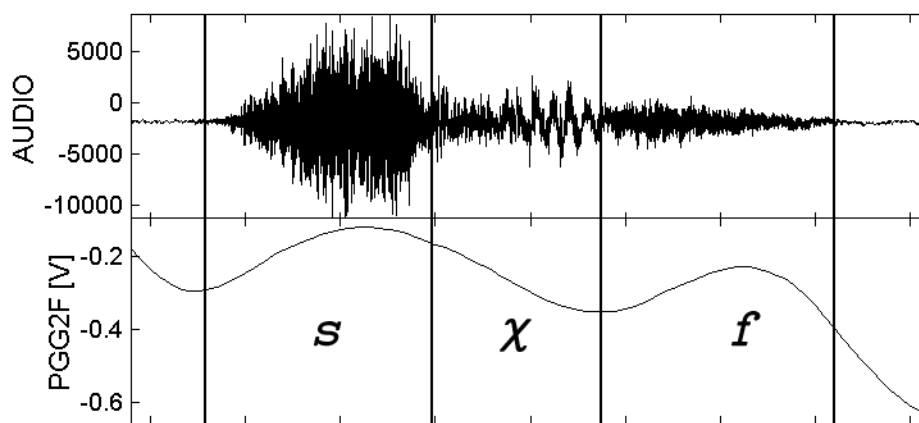


Figure 7.37. Le signal acoustique et la courbe glottographique d'une répétition de [sχf] « évanouis-toi ».

Une généralité qui ressort des observations faites jusqu'ici est que les mots sourds sont réalisés avec un ou deux gestes d'abduction et d'adduction des cordes vocales. Le nombre et l'emplacement des ouvertures glottales maximales est une fonction des propriétés segmentales de ces formes. Les formes contenant une seule fricative sont généralement produites avec un seul geste d'ouverture-fermeture de la glotte, et c'est pendant la tenue de cette fricative que la glotte atteint son ouverture maximale. La forme produite avec deux gestes d'abduction-adduction des cordes vocales est composée de trois fricatives.

*c. La suite de quatre consonnes sourdes.*

Nous allons analyser dans cette partie les cinq répétitions des formes /fqqs/, /tfss/, /tftħ/ et /tkʃf/ respectivement. Les dernières répétitions des formes /fqqs/ et /tkʃf/ sont réalisées délibérément avec chva entre les deux dernières consonnes pour les mêmes raisons énoncées précédemment.

/fqqs/, à l'exception de la dernière forme contenant un chva, est systématiquement réalisé avec deux gestes d'abduction-adduction des cordes vocales. L'emplacement des deux ouvertures maximales est localisé durant la première et la dernière fricative comme le montre la figure (7.38) ci-après.



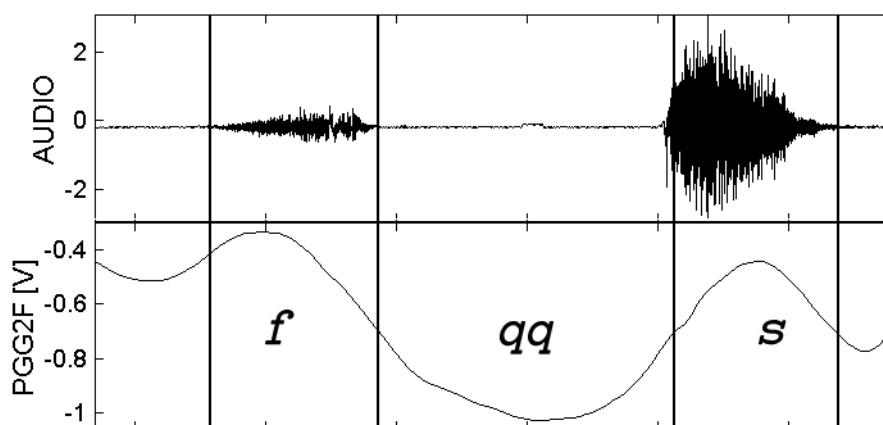


Figure 7.38. Le signal acoustique et la courbe glottographique d'une répétition de [fqqs] « énerve ».

La forme contenant un chva, qui correspond à la réalisation de la même forme en arabe marocain, présente un ajustement différent. Aucun geste d'abduction glottale spécifique à la première fricative ni à l'uvulaire /qq/ n'a été observé. La glotte entame en effet son geste de fermeture depuis la phase respiratoire pour atteindre une occlusion complète pendant la tenue du vocoïde /ə/. /f/ et /qq/ sont donc produits pendant le geste d'adduction glottale. La dernière fricative par contre a été produite avec un geste d'ouverture suivi d'un geste de fermeture glottale. La glotte se rouvre ensuite pour la phase respiratoire :

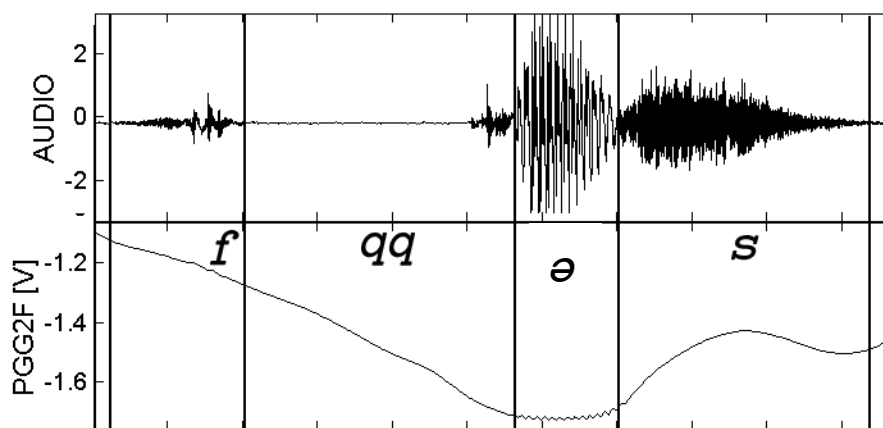


Figure 7.39. Le signal acoustique et la courbe glottographique d'une répétition de [fqqs] « énerve ».

Aucun geste spécifique à la tenue de l'occlusion de la dentale /t/ n'a été observé pendant la réalisation de la forme /tfss/ ; cette occlusive étant produite pendant le premier geste d'adduction glottale. Vers le moment de la rupture de l'occlusion, la glotte maintient un niveau d'ouverture constant jusqu'à approximativement la moitié de la fricative qui suit. Ensuite la glotte se referme légèrement. La gémisée /ss/ est généralement produite de deux manières différentes. Elle est parfois produite avec un geste d'ouverture quasi statique et

parfois avec un geste « balistique » d'ouverture-fermeture de la glotte. Une seule répétition de /tfss/ est produite avec deux gestes clairs d'ouverture-fermeture glottale. Comme le montre la figure (7.40), les ouvertures maximales sont atteintes pendant la tenue des fricatives.

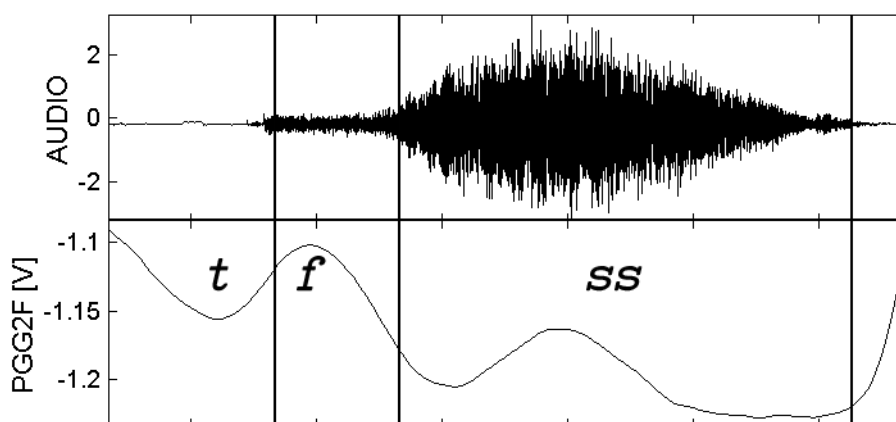


Figure 7.40. Le signal acoustique et la courbe glottographique d'une répétition de [tfss] « elle est silencieuse ».

Les différentes répétitions du mot /tftħ/ semblent se réaliser avec quasiment les mêmes ajustements glottaux. Contrairement aux formes contenant deux fricatives ou plus, une seule ouverture maximale a été observée et a lieu pendant la tenue de la première fricative /f/. L'épiglottale /ħ/ ne nécessite pas de geste de fermeture spécifique contrairement à la fricative dentale finale /s/ de /fqqs/ ou à la labiodentale /f/ de /sɣf/. En effet, la glotte après le relâchement de la dentale /t/ précédente entame sa phase d'abduction. L'épiglottale /ħ/ est produite pendant cette phase qui se poursuit jusqu'à la respiration. Cette différence entre l'épiglottale et les autres fricatives est probablement due aux caractéristiques glottales inhérentes à ces différentes fricatives. En position finale absolue, les fricatives /f/ et /s/ sont généralement produites avec un rapprochement des cordes vocales après l'offset de la fricative et avant la respiration. L'épiglottale /ħ/, par contre, maintient généralement un degré d'ouverture glottale plus important qui se poursuit pendant la phase respiratoire. Des différences d'ordre aérodynamique existent aussi entre /ħ/ d'un côté et /f/ et /s/ de l'autre (voir Yeou & Maeda 1995, Yeou 1996 et Zeroual 2000 pour ces différences concernant l'arabe marocain).

#### *d. La suite de 5 consonnes sourdes*

Comme pour les formes de deux, trois et quatre obstruantes sourdes, le geste d'adduction glottale entamé depuis la phase respiratoire se poursuit généralement jusqu'à l'onset de la

première consonne. Pour la forme /tkkst/ la glotte entame son geste d'abduction tout de suite après et maintient généralement ce geste assez longtemps jusqu'à la fricative /s/. Encore une fois, c'est pendant la fricative que la glotte atteint son ouverture maximale. L'adduction glottale généralement entamée pendant la première moitié de la fricative se maintient souvent jusqu'à l'offset du relâchement de l'occlusive finale. On peut parfois observer entre l'occlusion de la vélaire géminée /kk/ et la dentale /s/ un mouvement d'ouverture-fermeture de la glotte mais il demeure très faible.

Les différentes répétitions de la forme /kkstt/ présentent deux ouvertures maximales de la glotte. L'emplacement de la première est situé soit au début de la fricative /s/ soit, sous forme de plateau, entre le relâchement de la géminée vélaire et le début de la fricative. La deuxième ouverture maximale de la glotte est toujours atteinte pendant la tenue de la géminée occlusive finale. Cet aspect de la géminée finale /tt/ la distingue très clairement de sa contrepartie simple /t/ dans /kst/ qui, comme nous l'avons vu, est produite pendant la phase d'adduction du geste d'ouverture pour la fricative /s/ précédente. Une répétition du verbe /kkstt/ a été produite intentionnellement avec chva en position finale. Cette forme présente une configuration différente de celle que nous venons de décrire. Elle est produite avec une seule ouverture maximale de la glotte située pendant la tenue de la fricative /s/. La glotte se referme ensuite jusqu'à atteindre une occlusion complète après le relâchement de la dentale géminée /tt/. Autrement dit, aucun geste d'ouverture-fermeture de la glotte spécifique à la dentale /tt/ n'a été produit pour cette forme, contrairement à la forme réalisée sans chva.

/tfsχt/ présente des ajustements glottaux assez particuliers. La glotte qui a entamé son geste d'adduction depuis la phase respiratoire continue généralement de se refermer jusqu'à l'uvulaire /χ/ pour entamer ensuite sa phase d'abduction jusqu'au moment de la respiration. La phase d'adduction n'est que très faiblement interrompue par un geste d'abduction dont l'ouverture maximale est généralement atteinte durant la fricative labiodentale. Le geste d'abduction finale n'est là aussi que très faiblement interrompu par une légère entame de la fermeture glottale. La première répétition, dont nous reproduisons une illustration ci-après, présente deux gestes glottaux. Mais la deuxième ouverture maximale n'est pas atteinte pendant la fricative /χ/ mais plutôt pendant le relâchement de l'occlusive simple finale. Notez aussi que la glotte semble maintenir un degré d'ouverture constant du milieu de la dentale /s/ jusqu'au milieu de l'uvulaire /χ/ :

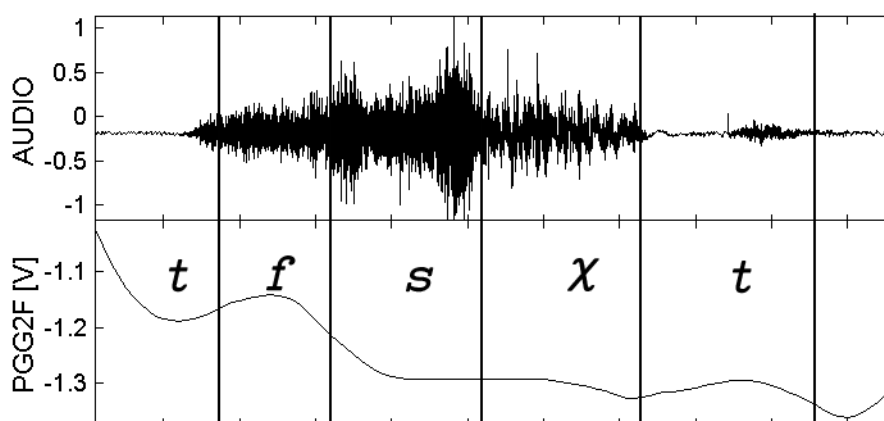


Figure 7.41. Le signal acoustique et la courbe glottographique d'une répétition de [tfsχt] « tu as annulé ».

Cette configuration particulière de la glotte est encore plus marquée pendant la tenue de la forme /tqssf/ (figure 7.42). Après la phase d'adduction qui dure généralement jusqu'à l'occlusion de l'uvulaire /q/, la glotte maintient un degré d'ouverture pratiquement invariable jusqu'à l'offset de la dernière consonne. La glotte s'ouvre ensuite pendant la phase respiratoire.

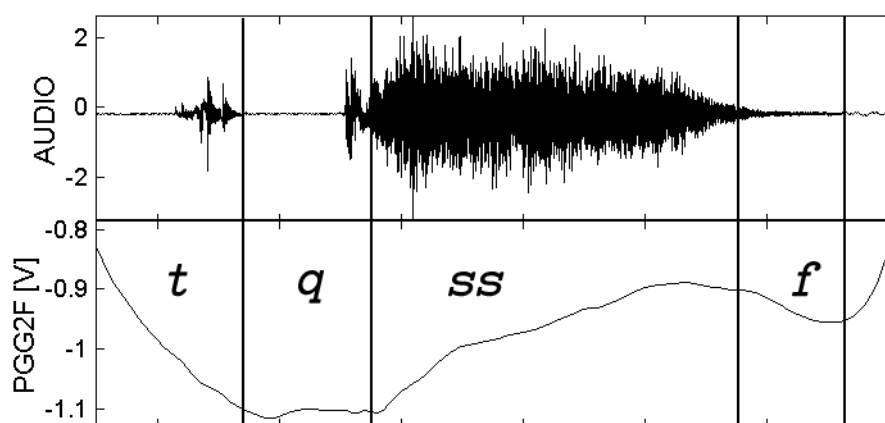


Figure 7.42. Le signal acoustique et la courbe glottographique d'une répétition de [tqssf] « elle s'est rétrécie ».

Les mêmes remarques s'appliquent aussi à la forme /!tχtft/. Ce mot est généralement produit avec un geste d'adduction assez important allant parfois jusqu'à l'offset de la dernière consonne. Le geste d'ouverture-fermeture de la glotte pendant la tenue de cette forme, s'il est attesté, présente une amplitude très faible. Une seule répétition est produite avec deux gestes clairs d'ouverture-fermeture de la glotte. Nous en reproduisons l'illustration dans (7.43) :

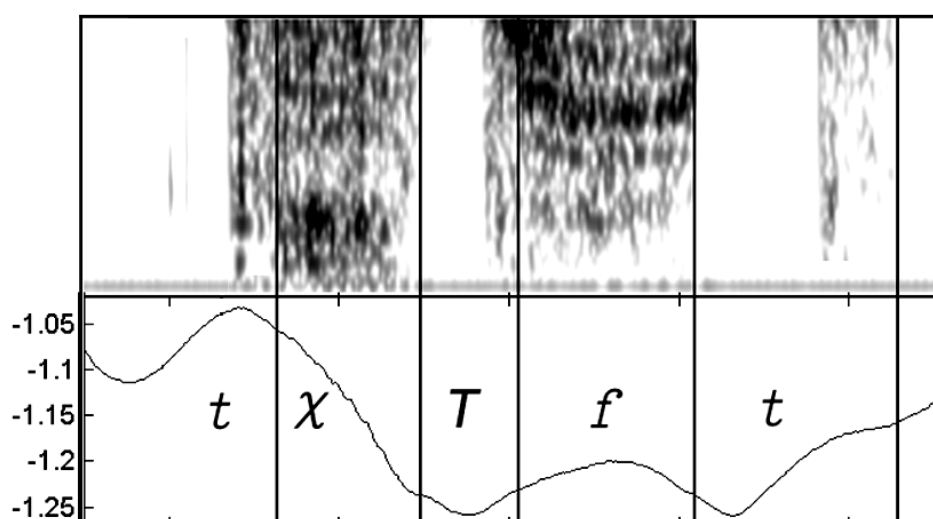


Figure 7.43. Le signal acoustique et la courbe glottographique d'une répétition de [tʰχtft] « tu as volé ».

Comme le montre clairement la figure (7.43), l'emplacement de la première ouverture maximale de la glotte est situé, non pas pendant la tenue de la fricative, conformément à la tendance générale observée jusqu'ici, mais plutôt pendant le relâchement de l'occlusive simple initial /t/. Un parallèle intéressant est à faire entre cette configuration et celle observée pour l'une des répétitions de la forme /tʰsχt/. Là aussi l'ouverture maximale de la glotte est atteinte non pas pendant la fricative mais plutôt pendant le relâchement de la dentale qui suit.

Un aspect commun aux trois dernières formes que venons de décrire, et qui présentent des ajustements glottaux particuliers, est qu'elles contiennent toutes une obstruante uvulaire. Notez que l'ouverture maximale de la glotte n'est jamais atteinte pendant la tenue de cette consonne. Une telle configuration glottale pendant la production de ces segments est plutôt paradoxale. Nous avons en effet vu lors de l'analyse par fibroscopie des segments simples (chapitre 3) qu'aussi bien l'uvulaire /q/ que la fricative correspondante /χ/ sont généralement produites avec une amplitude glottale plus importante que les autres obstruantes sourdes. Nous allons vérifier si cette tendance se confirme pour des mots plus longs.

#### *e. La suite de six consonnes sourdes*

Nos données contiennent une seule forme composée de six consonnes sourdes : /sfqqst/. Toutes les répétitions de cette forme présentent quasiment les mêmes ajustements glottaux. La glotte présente deux gestes d'ouverture-fermeture de la glotte. L'ouverture maximale pour le premier geste est atteinte durant la tenue de la première fricative. La deuxième ouverture

maximale est atteinte pendant la tenue de la deuxième fricative. Nous reproduisons une illustration de cet ajustement articulatoire ci-dessous :

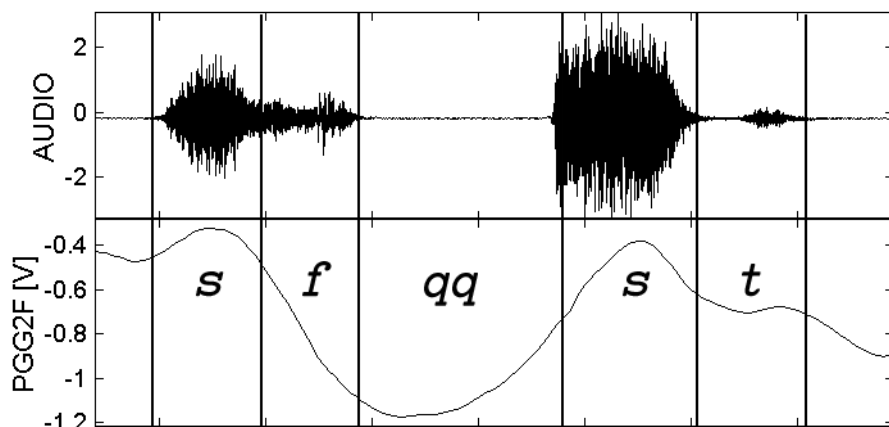


Figure 7.44. Le signal acoustique et la courbe glottographique d'une répétition de [sfqqst] « énerve-le ».

#### *f. La suite de sept consonnes sourdes*

/tfktstt/ est réalisé avec deux, trois voire quatre gestes d'ouverture-fermeture de la glotte. L'emplacement des ouvertures maximales de la glotte pour les formes réalisées avec deux gestes d'abduction-adduction glottales est toujours situé pendant la tenue des deux fricatives /f/ et /s/ respectivement. Parfois la gémée finale est produite avec un geste d'ouverture-fermeture glottale supplémentaire comme le montre la figure (7.45). Notez que la dentale /t/ est réalisée sans occlusion :

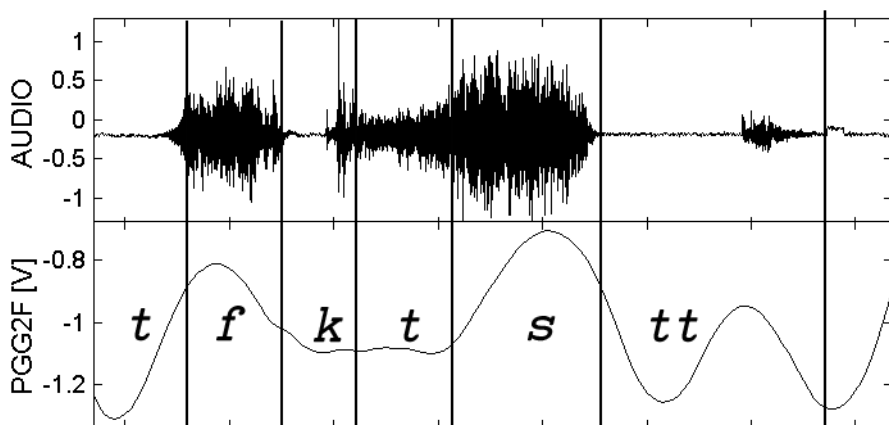


Figure 7.45. Le signal acoustique et la courbe glottographique d'une répétition de [tfktstt] « tu l'as donnée ».

Une seule forme a été réalisée avec quatre gestes d'ouverture-fermeture de la glotte. L'emplacement de l'ouverture maximale pour le geste supplémentaire est situé pendant la tenue de la deuxième dentale /t/. L'examen du signal acoustique et spectrographique de cette forme révèle que cette dentale a aussi été produite sans occlusion orale, produisant ainsi un

bruit de friction entre le relâchement de la vélaire précédente et la dentale /s/ suivante. Cet ajustement glottal est en accord avec la tendance générale observée jusqu'ici. Notamment, les segments produits avec un bruit de friction, pour les raisons aérodynamiques déjà mentionnées, nécessitent un geste d'ouverture-fermeture de la glotte.

Les différentes répétitions de la forme /tsskʃft/ sont produites avec pratiquement les mêmes ajustements glottaux. Nous reproduisons ci-dessous la courbe glottographique ainsi que le signal de l'une de ces répétitions.

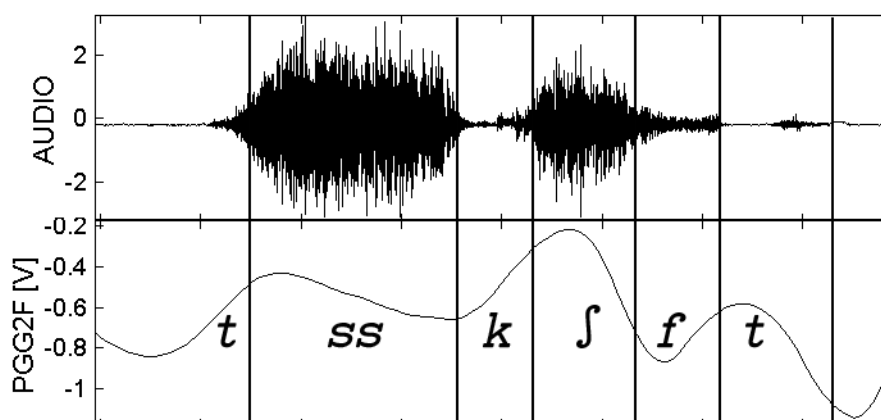


Figure 7.46. Le signal acoustique et la courbe glottographique d'une répétition de [tsskʃft] « tu as séché ».

Cette forme est toujours réalisé avec trois gestes d'ouverture-fermeture de la glotte. L'emplacement de l'ouverture maximale pour les deux premiers gestes est invariable, il est toujours situé durant la tenue des fricatives /ss/ et /ʃ/ respectivement. L'emplacement de l'ouverture maximale pour le dernier geste est parfois situé vers la fin de la fricative /f/ et parfois pendant l'occlusion de la dentale finale. Cette variation semble dépendre de la durée de la fricative. Les mesures de durée que nous avons effectuées révèlent en effet que les formes produites avec une ouverture maximale de la glotte située pendant l'occlusion orale sont produites avec une durée moins importante de la fricative /f/.

#### *g. La suite de huit consonnes sourdes*

Les formes analysées dans cette section sont : /tfktstt/, /tftʃtstt/ et /tkkststt/. La forme /tfktstt/ est réalisée avec des ajustements glottaux similaires à ceux produits pendant la tenue de /tfktstt/. Cette forme est produite avec deux à trois gestes d'ouverture-fermeture de la glotte. A l'instar de /tfktstt/, l'emplacement des ouvertures maximales de la glotte pour les deux premiers gestes est toujours situé pendant la tenue des deux fricatives /f/ et /s/ respectivement.

L'occlusive gémée finale est souvent réalisée avec une abduction des cordes vocales qui atteint son niveau maximal juste avant ou au moment du relâchement. Cette amplitude maximale est généralement suivie d'un geste de fermeture assez bref pour s'ouvrir encore plus pour la phase respiratoire. Nous reproduisons ci-dessous la courbe glottographique ainsi que le signal d'une répétition de /tftktstt/ :

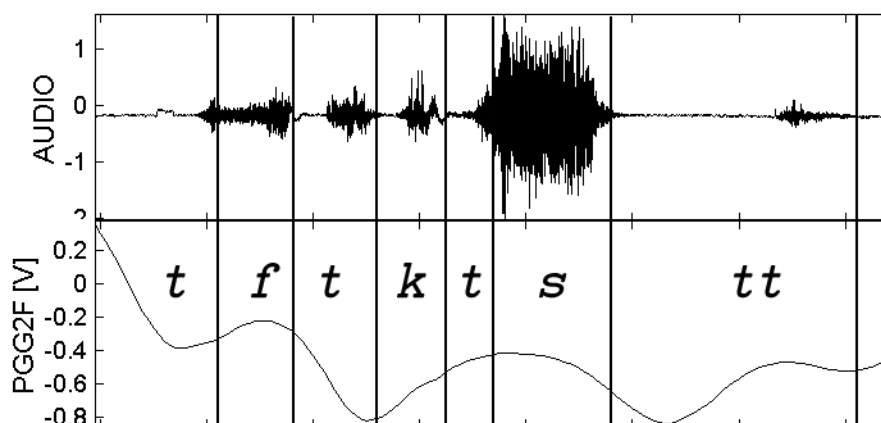


Figure 7.47. Le signal acoustique et la courbe glottographique d'une répétition de [tftktstt] « tu l'as déchirée ».

/tftχtstt/ est généralement réalisé avec une seule ouverture maximale de la glotte, située pendant la tenue de la fricative dentale /s/. Une seule répétition présente une ouverture maximale supplémentaire, située pendant la fricative labiodentale. Autrement, la tendance générale est que la glotte continue son geste d'adduction entamé depuis la phase respiratoire jusqu'à approximativement le milieu de l'uvulaire /χ/. La glotte s'ouvre ensuite et atteint son degré maximal pendant la dentale /s/. La glotte se referme légèrement puis s'ouvre encore d'avantage après le relâchement de l'occlusive finale. Pendant les répétitions où la fricative /f/ n'est pas produite avec une ouverture glottale maximale, la glotte maintient un niveau d'ouverture constant pendant une période brève. Nous reproduisons dans (7.48) une illustration d'une répétition de cette forme.

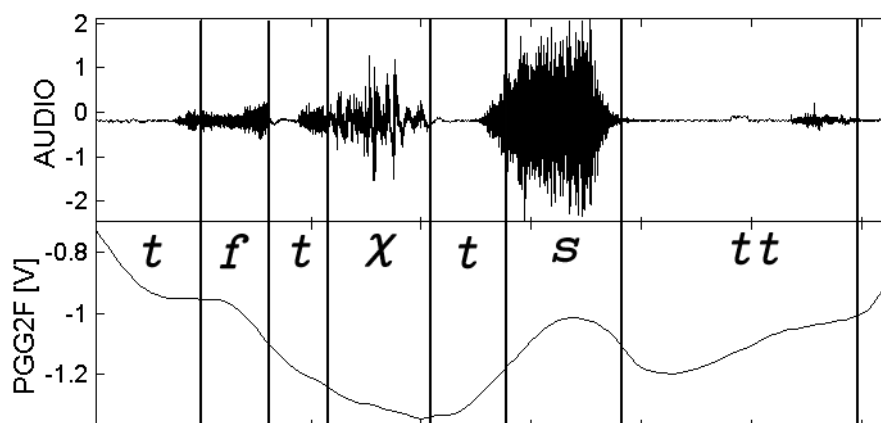


Figure 7.48. Le signal acoustique et la courbe glottographique d'une répétition de [tftχtstt] « tu l'as roulée ».



Les ajustements glottaux que nous venons de décrire rappellent la tendance observée lors de la réalisation de /tfsχt/ et /!tχtft/. Encore une fois, toutes ces formes ont un aspect en commun ; elles contiennent toutes une obstruante fricative uvulaire. À l'évidence cette classe de segments est produite avec des ajustements glottaux différents de ceux observés pour les autres fricatives. Nous tenterons lors de l'analyse de nos résultats de déterminer les raisons d'un tel comportement.

/tkkststt/ est généralement produit avec deux gestes d'ouverture-fermeture de la glotte. L'ouverture maximale pour le premier geste est atteinte soit pendant le relâchement de la gémée /kk/ ou pendant la fricative qui suit. On observe généralement, dans les cas où la glotte atteint son ouverture maximale plutôt, une tendance à maintenir ce même niveau jusqu'à l'onset de la fricative qui suit. L'emplacement de la deuxième ouverture maximale est toujours situé durant la deuxième fricative /s/. La gémée /tt/ finale, à l'instar de ce que nous avons observé pour la même consonne dans les autres formes, est parfois produite avec une légère ouverture-fermeture de la glotte. L'ouverture maximale est atteinte au moment du relâchement. Une illustration de ces ajustements est fournie dans (7.49).

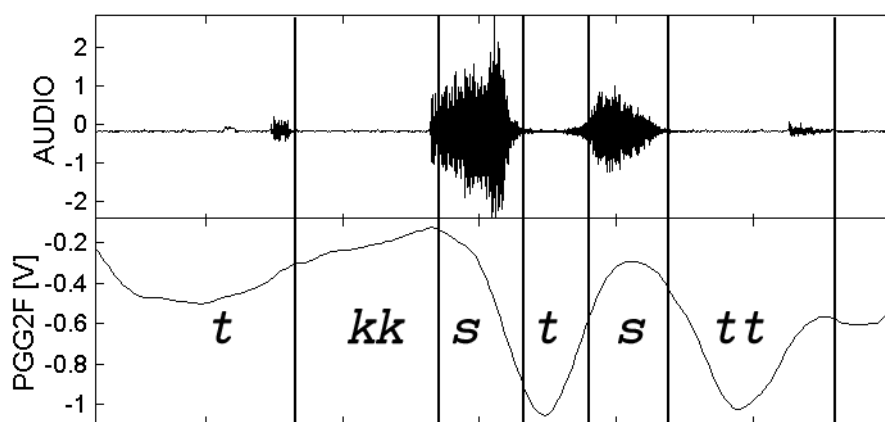


Figure 7.49. Le signal acoustique et la courbe glottographique d'une répétition de [tkkststt] « tu l'as enlevée ».

#### *h. La suite de dix consonnes sourdes*

Nos données contiennent une seule forme composée de dix consonnes sourdes. Nous reproduisons ci-après le signal et la courbe glottographique d'une répétition :

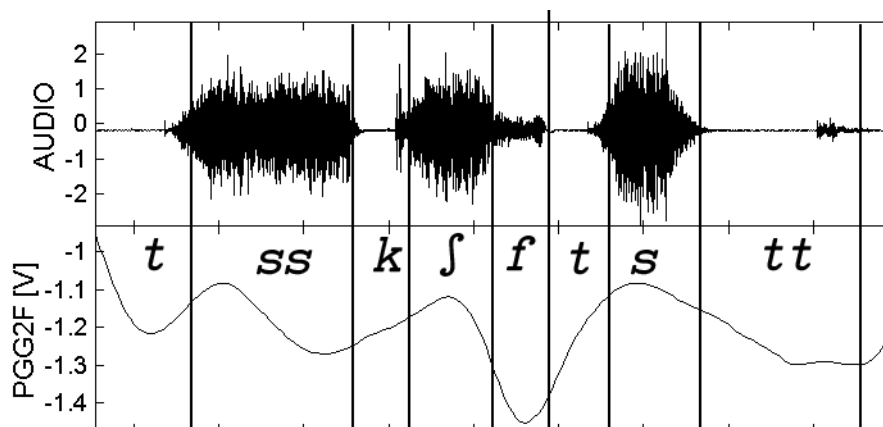


Figure 7.50. Le signal acoustique et la courbe glottographique d'une répétition de [tsskʃfstt] « tu l'as séchée ».

Les différentes répétitions de la forme [tsskʃfstt] sont toujours produites avec les mêmes ajustements glottaux. On observe systématiquement trois gestes d'ouverture-fermeture de la glotte. L'emplacement de l'ouverture maximale pour ces trois gestes est invariable. Il est toujours situé pour le premier geste pendant la tenue de la fricative /ss/ et pendant /ʃ/ et /s/ pour le deuxième et le troisième respectivement.

### 7.1.3 Synthèse et conclusion

Nous avons au début de cette partie voulu savoir si la glotte maintient ou pas un degré d'ouverture glottale constant pendant la réalisation des mots sourds. Nos données indiquent que c'est une possibilité même si la tendance générale est que l'aire glottale varie. En effet, sur les 120 réalisations des 24 formes que nous avons analysées, seules trois répétitions du mot /fk/ ont été produites avec un degré d'ouverture constant ou quasi-constant pendant une période assez longue.

La glotte est généralement en changement continu. Les variations d'ajustements glottaux que nous avons observées ne sont pas dues aux nombres de consonnes que contient chaque forme mais plutôt à la nature phonétique de ces consonnes. Ainsi, le nombre d'ouverture-fermeture de la glotte n'augmente pas systématiquement à mesure que le nombre de consonnes augmente. /tftʃtstt/, par exemple, qui est composé de huit consonnes sourdes, est généralement réalisé avec le même nombre d'ouvertures glottales que /sʃf/ par exemple qui n'en contient que trois. C'est principalement la nature phonétique des consonnes que contient une forme qui détermine globalement aussi bien le nombre d'ouvertures maximales de la glotte que leurs emplacements.

Postulons pour l'instant la généralisation (1) et examinons sa portée à la lumière des données que nous avons traitées :

- (1) Les formes qui contiennent un nombre  $n$  de fricatives sourdes sont produites avec un nombre  $n$  d'ouvertures maximales de la glotte. L'emplacement des ces ouvertures maximales est généralement situé pendant la tenue de ses fricatives.

Mettons de côté pour le moment le cas particulier des formes contenant des obstruantes uvulaires. Les formes [ks] et [fk] contiennent toutes les deux une fricative sourde. Ces formes, quand elles ne présentent pas une ouverture glottale constante, sont produites avec une ouverture maximale atteinte pendant la fricative. Les formes [fkt], [kst] et [kks] contiennent aussi une fricative sourde chacune. Comme le prédit la généralisation (1), ces formes sont produites avec une ouverture maximale de la glotte atteinte pendant la tenue des fricatives. [tfktstt] et [tftktstt] contiennent aussi deux fricatives. Ces formes sont produites généralement avec deux ouvertures maximales atteintes pendant la tenue des fricatives. Quelques formes sont des exceptions à cette généralisation. Les exceptions sont de deux natures. Considérons tout d'abord le cas des formes contenant des fricatives adjacentes. Les formes comme [tsskʃft] ne sont pas produites avec trois gestes d'ouverture-fermeture de la glotte même si la forme contient trois fricatives. Dans toutes les formes analysées, deux fricatives adjacentes sont toujours produites avec une seule ouverture maximale de la glotte. 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 d'une consonne avoisinante. La généralisation (1) doit donc être légèrement modifiée en précisant que les fricatives doivent être séparées par un autre segment :

- (1') Les formes qui contiennent un nombre  $n$  de fricatives sourdes non adjacentes sont produites avec un nombre  $n$  d'ouvertures maximales de la glotte. L'emplacement des ces ouvertures maximales est généralement situé pendant la tenue de ses fricatives.

L'autre exception est illustrée par les cas où l'ouverture maximale est atteinte pendant les occlusives géminées. Nous avons indiqué dans la section (4.10) que les occlusives géminées et les fricatives partagent certaines caractéristiques glottales, les deux sont par exemple produites avec un geste d'ouverture assez important. Il n'est donc pas étonnant à ce que ces

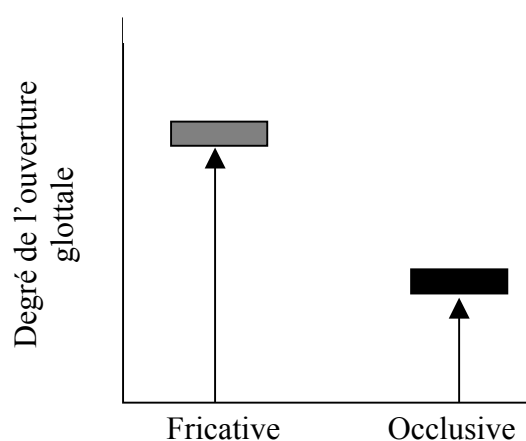
deux types de consonnes présentent les mêmes caractéristiques au niveau des ajustements glottaux au sein d'un mot sourd. Ces cas demeurent assez rares et dans le cas où ils sont attestés, on observe généralement un maintien constant du degré de l'ouverture glottale qui couvre par conséquent une partie de la gémée et une partie de la fricative (sous forme de plateau). Rappelons que toutes les gémées occlusives de nos données sont adjacentes à une fricative.

Revenons aux cas des formes contenant des obstruantes uvulaires. Nous avons observé que ces formes sont presque systématiquement réalisées avec moins d'ouvertures maximales de la glotte. Elles présentent aussi un ajustement assez particulier dans le sens où la phase d'adduction, entamée pendant la phase respiratoire, se poursuit jusqu'au milieu voire jusqu'à la fin d'une séquence. D'habitude, cette phase d'adduction est interrompue dès l'onset de la première fricative pour les autres formes. La fricative /χ/ présente à l'évidence des ajustements glottaux différents de ceux de /f/ ou de /s/. Rappelons brièvement nos résultats du chapitre (3) concernant les ajustements glottaux pendant la tenue des segments uvulaires. L'uvulaire occlusive et sa contrepartie fricative /χ/ se démarquent des autres obstruantes principalement en terme de degré d'ouverture glottale mais aussi en terme de vélocité d'ouverture et de fermeture de la glotte. Les obstruantes uvulaires entament leurs phases d'abduction et d'adduction plus rapidement que les autres obstruantes. Selon Löfqvist & Yoshioka (1980), les différents ajustements observés lors de la production des séquences d'obstruantes sourdes répondent à des exigences aérodynamiques : «*Sounds requiring a high rate of air flow are produced with a separate glottal opening gesture.*» Cette affirmation est en accord avec ce que nous avons observé ci-dessus. Les fricatives nécessitent effectivement un débit d'air oral important pour produire la turbulence ce qui explique par conséquent qu'elles soient produites avec des gestes d'ouverture glottale séparés et des ouvertures glottales importantes. Mais cette exigence aérodynamique devrait s'appliquer encore d'avantage à la fricative uvulaire /χ/. Nous avons indiqué, en nous basant sur les travaux de Yeou et Maeda (1995) et Yeou (1996), que le débit d'air oral est beaucoup plus important pendant la production de /χ/ que pendant la tenue de /f/ ou de /s/ (voir section (3.3.3)). C'est cette caractéristique aérodynamique qui rend compte de la largeur importante de l'ouverture glottale observée pendant la tenue de l'uvulaire. Pendant la production de /χ/, la constriction supraglottique étant très importante, il faut un débit d'air plus important pour pouvoir produire la turbulence nécessaire. Malgré le fait que /χ/ nécessite un débit d'air plus

important, il n'est pas produit avec un geste d'ouverture-fermeture glottale séparé ni avec une ouverture glottale importante. A l'évidence l'aspect aérodynamique ne peut à lui seul rendre compte de nos données. Nous n'avons pas l'intention de traiter de cette question en profondeur, car il ne s'agit pas là du sujet central de ce chapitre. Mais rappelons tout simplement que d'autres mécanismes peuvent expliquer les ajustements particuliers que nous avons observés plus haut. Une explication possible serait probablement liée aux activités des muscles associées aux mouvements glottaux. Ce mécanisme d'activité musculaire expliquera probablement pourquoi certaines répétitions des formes [tfsχt] ou [!tχtft] ne présentent pratiquement pas de geste d'abduction ou d'adduction des cordes vocales. Il peut aussi rendre compte de l'aspect statique de l'ouverture glottale observé pendant certaines réalisations de /fk/. L'ouverture glottale pendant la production d'un segment sourd est principalement contrôlée par le muscle crico-aryténoïdien postérieur (pour le geste d'abduction) et les muscles inter-aryténoïdiens (pour le geste d'adduction) (Hirose & al. 1978). Le muscle crico-aryténoïdien est le seul qui permet l'ouverture de la glotte. Les muscles inter-aryténoïdiens, composés de deux ensembles de muscles, combinés avec le muscle crico-aryténoïdien postérieur aboutissent à la fermeture de la glotte, comme c'est le cas pendant la phonation. Plusieurs auteurs ont montré que ces deux muscles fonctionnent d'une manière réciproque. Mais les données sur lesquelles ils se sont basés contiennent principalement des obstruantes sourdes simples en position intervocalique. Le cas des mots sourds présentera très probablement un cas de figure différent. Löfqvist & Yoshioka (1980) ont montré sur la base d'une étude traitant de séquences d'obstruantes sourdes, que cette réciprocité n'est pas automatique. A partir d'une étude électromyographique, ils ont observé que pendant la tenue d'une séquence d'obstruantes sourdes, où la glotte est ouverte, les changements dans l'aire glottale sont principalement contrôlés par le muscle crico-aryténoïdien postérieur. Dans les cas où plusieurs gestes d'ouverture-fermeture de la glotte sont attestés pendant une séquence, l'abduction et l'adduction des cordes vocales résultent de l'activation et de l'inactivation du muscle crico-aryténoïdien postérieur respectivement. Dans ces cas là, l'activité des muscles inter-aryténoïdiens peut augmenter d'une manière concomitante mais elle peut aussi être entièrement supprimée. Ce sont donc principalement les changements dans l'activité du muscle crico-aryténoïdien postérieur associés aux mouvements glottaux qui déterminent les variations d'aire glottique produites lors d'une séquence d'obstruantes sourdes. Les courbes glottographiques observées par Löfqvist & Yoshioka n'ont pas fait état d'une configuration semblable à celle de [!tχtft] ou /fk/, par exemple, puisque les séquences qu'ils ont analysées

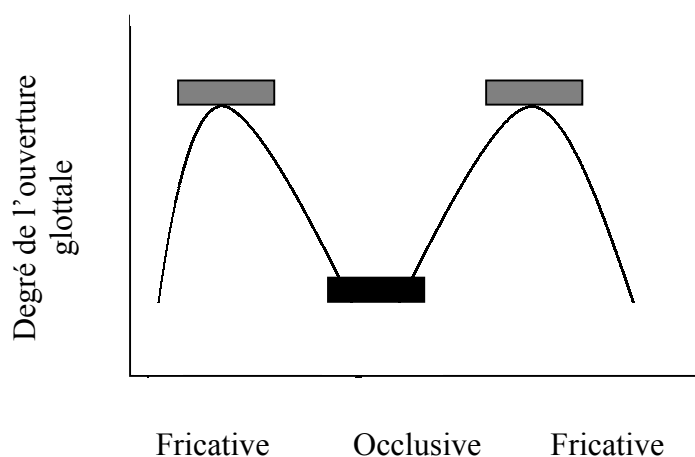
sont toujours produites avec une ou plusieurs ouvertures maximales de la glotte. Pour notre part nous pouvons avancer l'hypothèse suivante : certaines répétitions des formes qui contiennent des obstruantes uvulaires, où la glotte ne présente qu'un geste d'adduction glottale, et certaines répétitions de /fk/, réalisées avec une ouverture glottale quasi-statique, sont produites avec suppression aussi bien de l'activité du muscle crico-aryténoïdien postérieur que de l'activité des muscles inter-aryténoïdiens. En l'absence d'une expérimentation électromyographique détaillée, que nous souhaitons entreprendre à l'avenir, nous ne pouvons que souligner l'aspect spéculatif de cette hypothèse. Mais elle n'en demeure pas moins plausible. Sachant en effet que le muscle crico-aryténoïdien postérieur est un muscle abducteur et vu qu'aucune phase d'abduction n'est produite durant ces séquences, on peut supposer que l'activation de ce muscle a été supprimée. Concernant l'activité des muscles inter-aryténoïdiens, et conformément aux résultats obtenus par Löfqvist & Yoshioka, elle peut aussi être supprimée quand la glotte est ouverte. Rappelons que la glotte est ouverte avant, pendant et après la tenue des mots sourds.

Nous avons montré dans le chapitre (4) que les fricatives sont produites avec des amplitudes d'ouverture glottale plus importantes que les occlusives simples. La figure ci-dessous schématise cette différence. La glotte atteint une cible maximale pendant la tenue des fricatives et une cible intermédiaire pendant la tenue des segments simples :

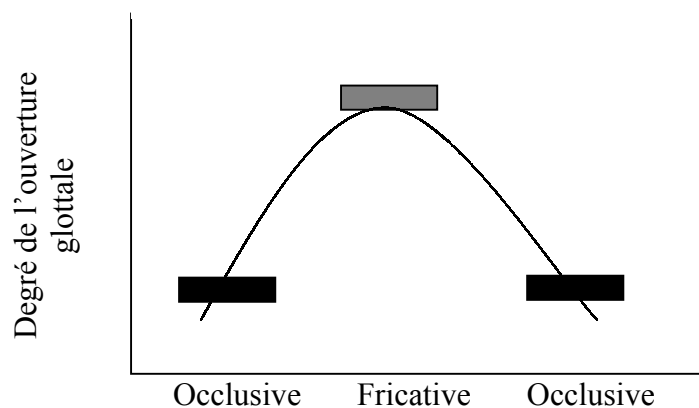


Les résultats de l'analyse que nous venons d'entreprendre montrent que les occlusives et les fricatives simples présentent globalement ces mêmes caractéristiques glottiques dans un contexte de mot sourd. Le mouvement glottal suit les caractéristiques de divers segments. En effet, la glotte atteint généralement une ouverture glottale importante pendant la tenue des fricatives et atteint une ouverture glottale intermédiaire pendant la tenue des occlusives

simples. Ainsi, dans une séquence de fricative + occlusive + fricative, on observe généralement un geste bi-modal avec deux ouvertures maximales atteintes pendant la tenue des deux fricatives et une ouverture intermédiaire pendant l'occlusive simple. La figure ci-dessous schématise ces gestes glottaux :



Dans une séquence occlusive + fricative + occlusive, une seule ouverture maximale est produite. La figure ci-dessous est une illustration schématique de ce mouvement glottal.



Nous allons dans la section suivante vérifier si ces mêmes mécanismes articulatoires gouvernent les ajustements glottaux pendant la production de diverses séquences d'occlusives + fricatives séparées par des frontières de mots. L'étude que nous développerons ci-après est principalement inspirée des travaux de Löfqvist, Yoshioka et leurs collègues.

## **7.2 Les ajustements laryngiens pendant la production de séquences d'obstruantes sourdes séparées par des frontières de mot.**

### **7.2.1 Introduction**

Plusieurs études ont traité de l'articulation laryngienne pendant la production des séquences d'obstruantes sourdes. Pétursson (1977), Fukui & Hirose (1983) et Jessen (1999), par exemple, ont traité des ajustements glottaux et du nombre d'ouvertures glottales dans des séquences d'occlusives et de fricatives. Pétursson (1977) a observé que les séquences [s#t] et [s+t] sont généralement produites avec deux ouvertures maximales de la glotte tandis qu'une seule a lieu pendant la séquence /-st-/ en position initiale de mot. Pour l'auteur, l'abduction des cordes vocales est principalement contrôlée par la nature des phonèmes, même s'il n'exclut pas que la frontière de mot puisse influencer la configuration glottale. Pour Fukui & Hirose (1983), les deux ouvertures maximales observées dans la séquence [s#p<sup>h</sup>] sont plutôt dues à une variation interlocuteur. Une explication possible à ces différences serait que deux gestes différents d'abduction glottale sont sous-jacents et que dans une condition de débit rapide, ces deux gestes se chevauchent « overlap ». Avec un débit lent, aucun chevauchement ne sera observé et deux gestes d'ouvertures maximales de la glotte seront visibles sur la courbe glottographique. Munhall & Löfqvist (1992) ont traité de ce sujet en analysant la séquence [s#t] de la phrase « Kiss Ted » produite avec des débits différents. Les auteurs ont simulé le chevauchement gestuel « gestural overlap » comme la somme de deux mouvements sous-jacents. Leurs simulations correspondent aux données photoglottographiques concernant les caractéristiques de durée, mais des différences ont été observées concernant l'amplitude de l'ouverture glottale. Jessen (1999) a soulevé la question de savoir si l'aspect mono-modal (une seule ouverture maximale de la glotte) ou bi-modal du mouvement glottal est une conséquence de la frontière de mot ou s'il s'agit plutôt d'une conséquence de l'aspiration de l'occlusive dans la séquence fricative + occlusive. Ses résultats confirment cette dernière explication. Cette explication est basée sur les résultats de Löfqvist & Yoshioka (1980) et Yoshioka et al. (1981) sur le suédois et l'anglais respectivement. Ces auteurs ont montré que l'ouverture glottale se caractérise par un, deux ou trois amplitudes maximales selon la nature des obstruantes sourdes. Chaque obstruante sourde produite avec aspiration ou bruit de friction a tendance à requérir une ouverture glottale maximale séparée. Ces ouvertures glottales indépendantes sont donc exécutées pour satisfaire des exigences aérodynamiques.



Les ajustements glottaux pendant la production des séquences d’obstruantes sourdes ont principalement été analysés pour les langues germaniques, et notamment l’anglais, le suédois, le danois et l’islandais. Il serait dès lors intéressant d’examiner le même phénomène en utilisant la même procédure dans une langue totalement différente. L’étude préliminaire que nous présenterons ci-dessous est principalement inspirée des travaux de Löfqvist et Yoshioka.

### 7.2.2 Méthode et sujet

Pour étudier les ajustements laryngiens pendant la production des séquences d’obstruantes sourdes, un locuteur natif du berbère chleuh (l’auteur) a enregistré les données (2) ci-dessous en utilisant simultanément les procédures expérimentales de la photoglottographie et de la fibroscopie. Les procédures d’enregistrement et du traitement de données sont les mêmes que celles décrites dans le chapitre (4).

Les données enregistrées dans cette expérimentation sont composées de différentes combinaisons de la vélaire occlusive et de la dentale fricative simples et géminées (les géminées tautomorphémiques et hétéromorphémiques sont considérées comme une séquence de deux consonnes identiques). Les séquences d’obstruantes sourdes sont précédées, suivies, ou séparées par une frontière de mot. Le tableau ci-dessous dresse la liste complète des phrases d’où sont extraites ces séquences.

(2) La liste des phrases et des séquences utilisées dans cette expérimentation

<i>Phrase</i>	<i>Séquence</i>
lmisk ijjan	/sk#/
iwis kiyyin	/s#k/
ini skiyfxt	/#sk/
ini ksiR	/#ks/
iks izimmr	/ks#/
yiwik sisn	/k#s/
ini sskila	/#ssk/
ifiss kigan	/ss#k/
isfissk iftu	/ssk#/
iwis skiyyfxt	/s#sk/

ini kksiyyi	/#kks/
imikk simikk	/kk#s/
iwik ksixt	/k#ks/
ikks ifassn	/kks#/
isk siyybxt	/sk#s/
iks kigan	/ks#k/
iwis skiyyfxt	/s#sk/
iwik ksixt	/k#ks/
isk skiyyfxt	/sk#sk/
isk ksiR	/sk#ks/
innayk kssa	/k#kss/
imikk ksint	/kk#ks/
ikk ssihl	/kk#ss/
ikks kigan	/kks#k/
isfissk kkisnt	/ssk#kk/
imikk skkiwssn	/kk#skk/

En face de chaque phrase, nous avons transcrit les 27 séquences qui seront analysées. Chaque phrase a été répétée trois fois dans le désordre, donnant ainsi lieu à un corpus composé de 81 séquences. Toutes ces formes sont précédées et suivies de la voyelle /i/. Nous allons lors de l'analyse de ces séquences s'intéresser plus particulièrement aux quatre aspects suivants :

1. L'impact des frontières précédant, suivant ou séparant les séquences de mots sur les ajustements glottaux.
2. Le nombre et la localisation des ouvertures maximales de la glotte pendant la tenue des différentes séquences ;
3. L'influence du mode d'articulation ou de la gémination sur les ajustements glottaux ;
4. L'influence de la durée de l'ouverture glottale ou du nombre de consonnes que contiennent les séquences sur le nombre et la localisation des ouvertures maximales de la glotte.

Un autre aspect que nous examinerons lors de cette analyse concerne l'état de la glotte. Présente-t-elle des ouvertures glottales constantes, comme c'est parfois le cas pour les mots sourds, ou est-elle en changement continu ?

### 7.2.3 Résultat et discussion

Nous procéderons par étapes en commençant par les séquences de deux obstruantes sourdes. La figure (7.44) contient les courbes glottographiques des formes /sk#/, /#sk/ et /s#k/ ainsi que /ks#/, /#ks/ et /k#s/.

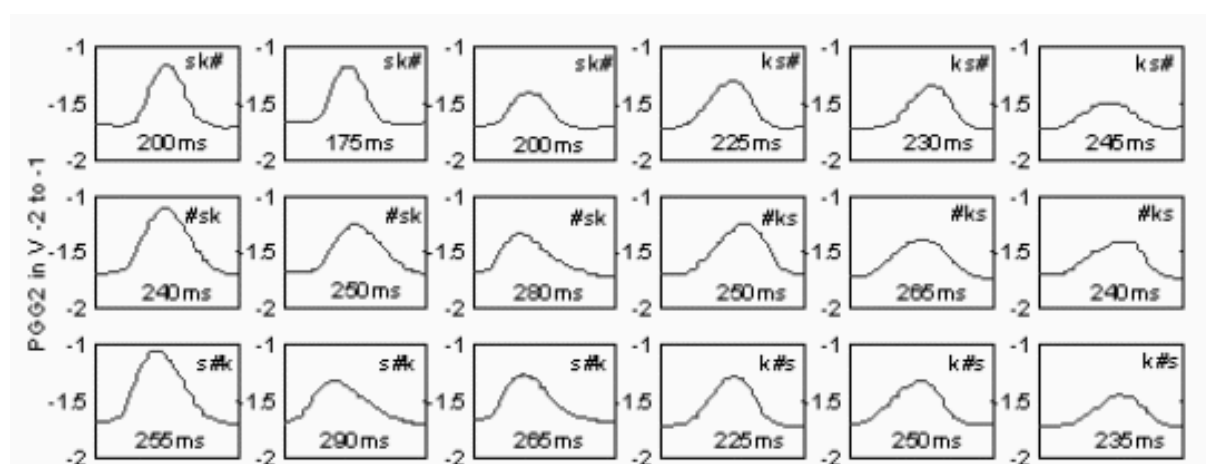
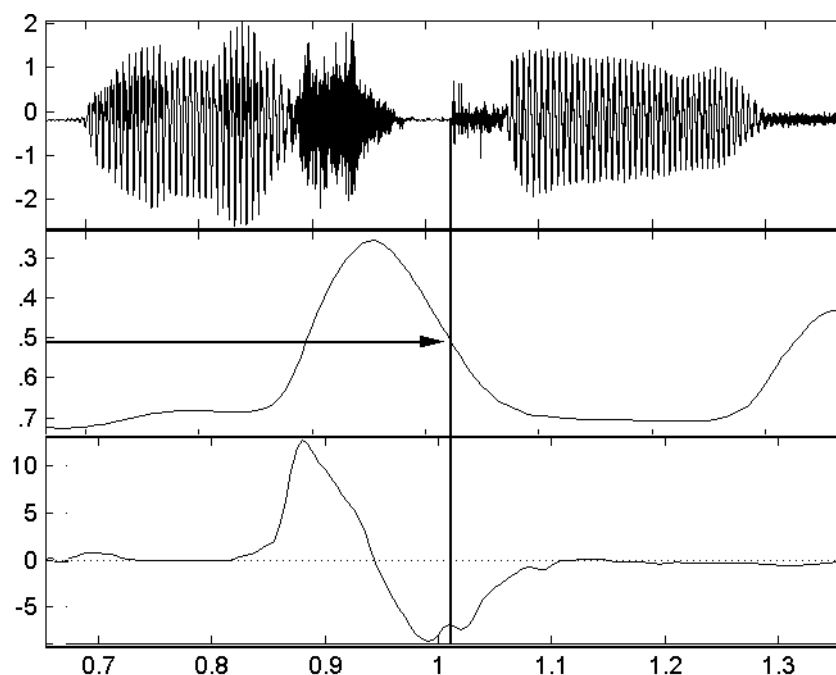


Figure 7.44. Les courbes glottographiques observées lors de la réalisation des séquences /sk#/, /#sk/ et /s#k/ (à gauche) ainsi que /ks#/, /#ks/ et /k#s/ (à droite).

Comme le montre cette figure, toutes les séquences de deux obstruantes sourdes sont produites avec une seule ouverture maximale de la glotte. Cette amplitude maximale est toujours atteinte durant la fricative (i.e. l'amplitude maximale est localisée à droite pour la séquence /ks/ et à gauche pour les séquences /sk/). Cette observation est en accord avec les résultats obtenus lors de l'analyse des mots sourds (le cas des mots /ks/ et /fk/ par exemple). Deux stratégies sous-jacentes peuvent expliquer ces courbes : on peut soit supposer que l'asymétrie observée dans la localisation de l'amplitude de l'ouverture glottale est due à des considérations aérodynamiques, la fricative nécessitant un flux d'air intraoral plus important que l'occlusive. Ceci expliquerait donc que l'ouverture maximale a lieu pendant cette consonne. Ou alors que cette asymétrie est causée par deux gestes d'ouverture glottale sous-jacentes qui se chevauchent - une ouverture large pour /s/ et une plus petite pour /k/ (voir Munhall & Löfqvist 1992).

Contrairement à ce qui a été observé dans plusieurs langues, la vélaire /k/ dans la séquence /sk/, qu'elle soit séparée par une frontière morphologique ou pas, est produite avec un VOT,

ou une durée d'aspiration, qui est équivalent à celui d'un /k/ simple ou géminé, initial ou intervocalique. Dans les langues germaniques comme le suédois (Löfqvist & Yoshioka 1980), l'anglais (Yoshioka et al. 1981) ou l'allemand (Jessen 1998), une séquence de type fricative sourde + occlusive aspirée est souvent produite avec deux gestes glottaux séparés, l'ouverture maximale a lieu pendant la fricative pour le premier et juste avant le relâchement oral de l'occlusive pour le deuxième. La séquence /sk/ en berbère est produite au niveau glottal comme une géminée sourde, avec une ouverture glottale longue et large couvrant la fricative et l'occlusive. Le degré de l'ouverture glottale au moment du relâchement pour la séquence /sk/ est quasiment identique à ce que nous avons observé en comparant le même paramètre dans /kk/ et /k/ (voir section 4.8.2). Nous reproduisons ci-dessous une figure illustrant le degré de l'ouverture glottale au moment du relâchement pour une répétition de la séquence /#sk/.



*Figure 7.45. La courbe glottographique et le signal d'une répétition de la séquence /#sk/*

La figure (7.46) est une illustration schématique du degré de l'ouverture glottale au moment du relâchement pour /k/, /kk/ et /sk/. Ce schéma est basé sur une répétition de chacune des trois formes.

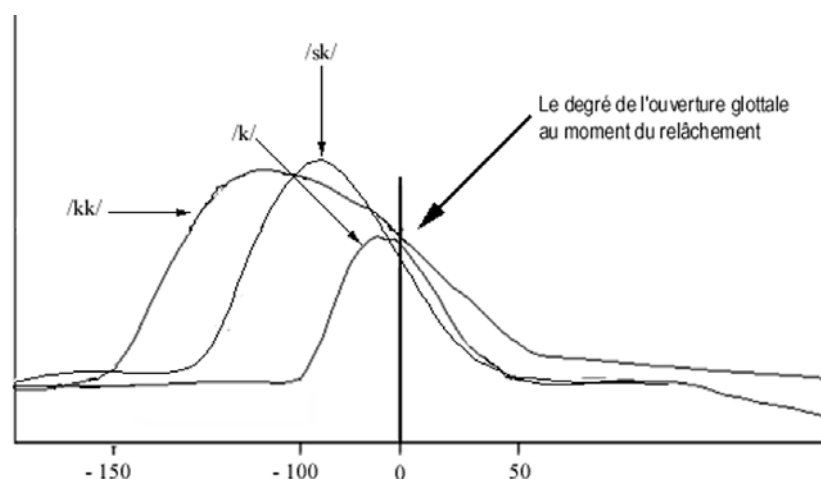


Figure 7.46. Illustration schématique du degré de l'ouverture glottale au moment du relâchement pour /k/, /kk/ et /sk/

Les différences observées entre le berbère et les langues germaniques sont probablement dues aux différences dans le fonctionnement phonologique de l'aspiration dans ces langues. Le berbère utilise le voisement comme trait distinctif tandis-que le suédois, l'anglais ou l'allemand utilisent principalement l'aspiration.

La figure (7.47) contient les courbes glottographiques des différentes répétitions des séquences /ssk#/, /#ssk/ et /ss#k/ ainsi que /kks#/, /kk#s/<sup>2</sup> et /#kks/.

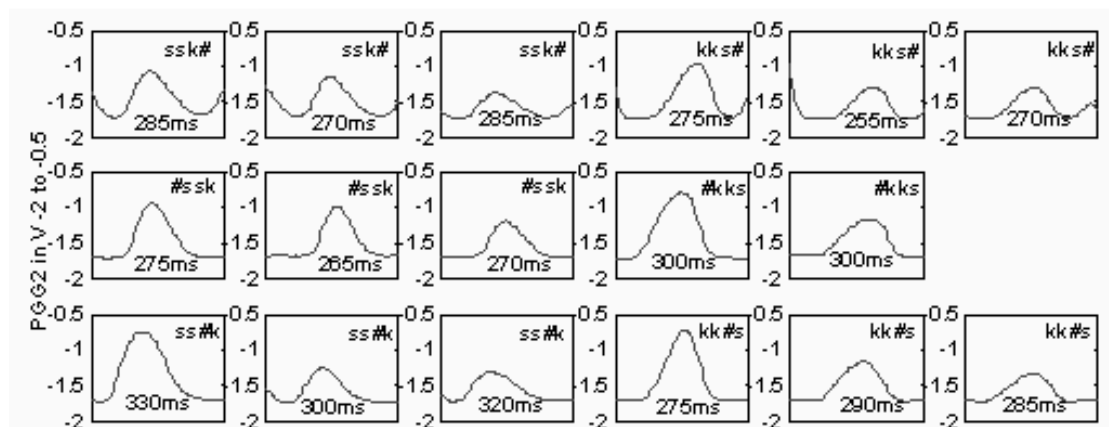


Figure 7.47. Les courbes glottographiques observées lors de la réalisation des séquences /ssk#/, /#ssk/ et /ss#k/ ainsi que /kks#/, /kk#s/ et /#kks/.

Comme pour les séquences de deux consonnes sourdes, toutes les répétitions illustrées dans la figure (7.47) sont produites avec un seul geste d'ouverture-fermeture de la glotte. L'emplacement de l'ouverture maximale de la glotte varie selon la nature phonétique des obstruantes sourdes et la façon dont elles sont combinées. L'ouverture maximale de la glotte pour les trois premières séquences /ssk#/, /#ssk/ et /ss#k/ est atteinte pendant la tenue de la

<sup>2</sup> Une répétition de la phrase contenant cette séquence a été exclue d'analyse car la phrase a été incorrectement réalisée.

fricative géminée /ss/. Pour les trois autres séquences, l'ouverture maximale est toujours située à la frontière de la géminée vélaire /kk/ et la fricative /s/.

La figure (7.48) contient les courbes glottographiques des trois répétitions des séquences /k#ks/ et /s#sk/. Les trois réalisations de la forme /k#ks/ ne sont pas toujours produites avec le même nombre de gestes glottaux. Une répétition est réalisée avec deux ouvertures glottales. Les deux autres, par contre, sont produites avec une seule ouverture maximale de la glotte<sup>3</sup>.

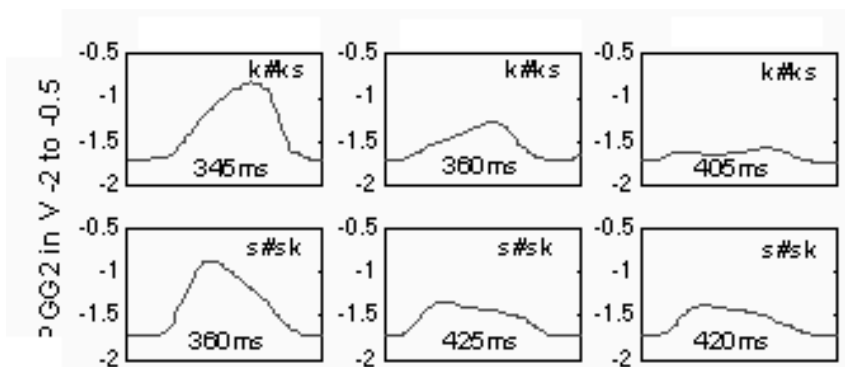


Figure 7.48. Les courbes glottographiques observées lors de la réalisation des séquences /k#ks/ et /s#sk/.

L'examen de ces trois répétitions révèle que pour la réalisation bi-modale, la première vélaire a été produite comme une spirante /x/, l'ouverture maximale est située pendant cette spirante vélaire. Les deux autres répétitions sont produites comme des géminées tautomorphémiques (i.e. avec une occlusion longue suivie d'un relâchement). Les figures (7.49) et (7.50) présentent les spectrogrammes illustrant les différentes réalisations de la vélaire ainsi que les courbes glottographiques qui leur sont associées.

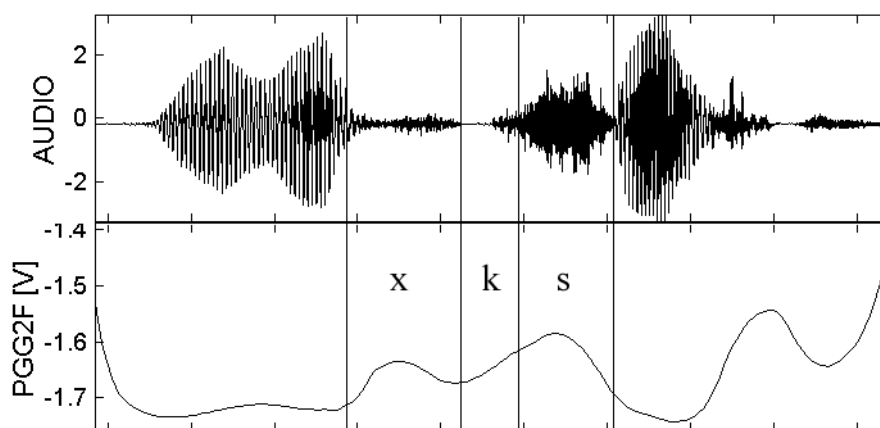


Figure 7.49. La courbe glottographique et le signal d'une répétition de la séquence /k#ks/ (la première vélaire est produite comme une spirante)

<sup>3</sup> Lors de la deuxième répétition, la glotte semble entamer un geste d'ouverture supplémentaire mais son amplitude est très faible, il est à peine visible sur le signal glottographique.

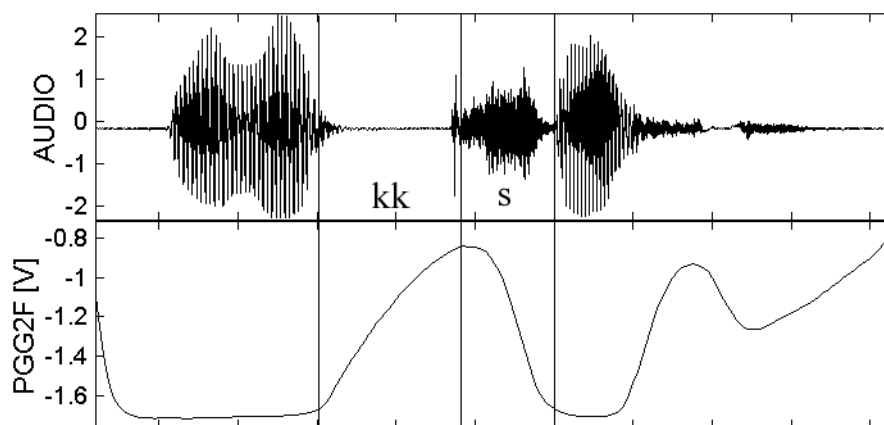


Figure 7.50. La courbe glottographique et le signal d'une répétition de la séquence /k#ks/ (les deux vélaires sont produites comme une gémée)

Cette configuration est en accord total avec nos observations lors de l'analyse des mots sourds. Une séquence composée de deux fricatives non adjacentes sont systématiquement produites avec deux gestes d'ouverture glottale. D'autres séquences, ci-dessous, viendront confirmer ce qui apparaît comme un aspect universel (cf. Löfqvist & Yoshioka 1980).

La séquence /s#sk/ est produite avec un seul geste d'ouverture-fermeture de la glotte, même si pour deux répétitions, une légère tendance pour la production d'un geste supplémentaire pendant la tenue de la deuxième fricative a été observée. Une explication possible à cette tendance est probablement liée à la durée totale de l'ouverture glottale. Les deux figures qui présentent cette légère abduction glottale sont produites avec des durées plus longues (425 ms et 420 ms) que la séquence mono-modale (360 ms). Autrement dit, le nombre des gestes glottaux serait une fonction de la durée de l'ouverture glottale. Nous avons montré dans la partie précédente qu'il n'y a pas de corrélation entre la durée et le nombre des gestes glottaux. Nous allons montrer plus bas, que pour ce type de séquences aussi, la durée n'est pas un critère déterminant. Certaines séquences en effet sont produites avec une durée d'ouverture glottale très importante (jusqu'à 420 ms) et pourtant, elles ne présentent qu'une seule ouverture maximale de la glotte. .

La figure (7.51) compare les ajustements glottaux produits lors de la tenue de /sk#s/ et /ks#k/. La première séquence présente deux ouvertures maximales de la glotte. La séquence /sk/ en position finale de mot dans /sk#s/ est produite avec un geste d'ouverture-fermeture de la glotte. L'autre geste est produit pendant la tenue de la fricative suivante. Encore une fois, l'abduction glottale maximale est atteinte pendant les fricatives.

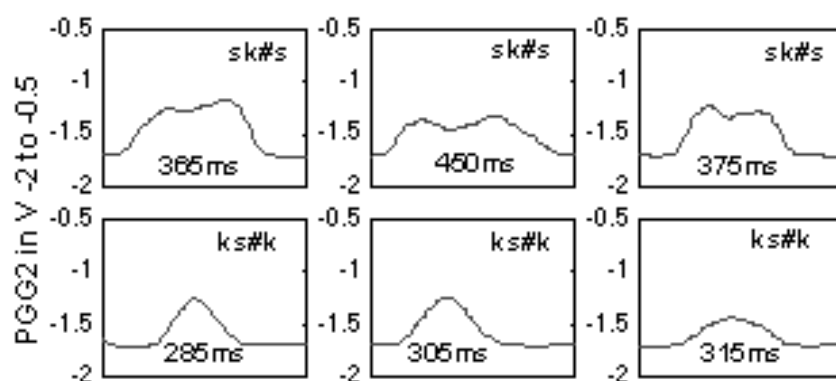


Figure 7.51. Les courbes glottographiques observées lors de la réalisation des séquences /sk#s/ et /ks#k/.

Cette configuration est identique à celle observée pour la même séquence /sk#s/ de la phrase anglaise « I mask sale » (Yoshioka et al. 1981). Notons, par contre, que contrairement à ce qui a été observé en anglais américain, où l'amplitude de la première ouverture maximale est généralement plus large que la seconde, en berbère, la première ouverture maximale peut être plus large, aussi large ou moins large que la seconde. Le mouvement d'adduction glottale temporaire, visible entre les deux gestes d'abduction, n'est pas une conséquence d'une pause induite par la frontière de mot, puisqu'il se produit pendant l'occlusion de la vélaire /k/ :

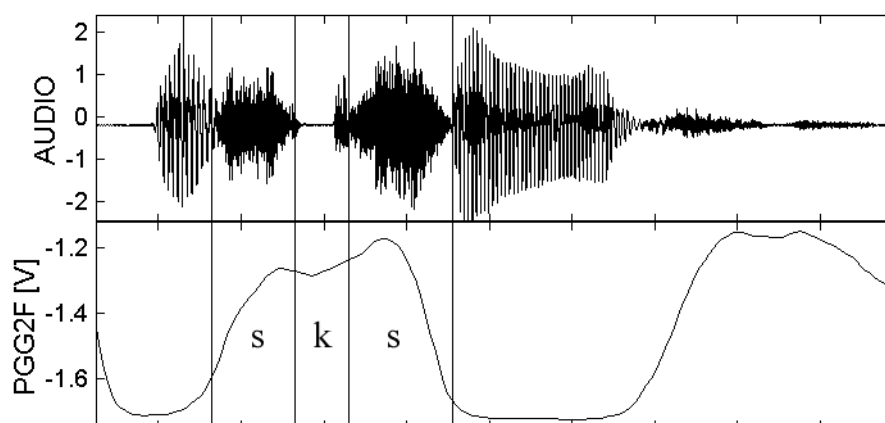


Figure 7.52. La courbe glottographique et le signal d'une répétition de la séquence /sk#s/

La séquence /ks#k/ est toujours produite avec un seul geste d'ouverture-fermeture de la glotte. L'ouverture maximale est systématiquement atteinte pendant la fricative /s/.

La figure (7.53) contient sept combinaisons de séquences composées de quatre consonnes. La généralisation principale qu'on peut tirer de ces données est que chaque gémée occlusive



etobstruante fricative, sauf quand elles sont adjacentes, requière une abduction-adduction glottale séparée.

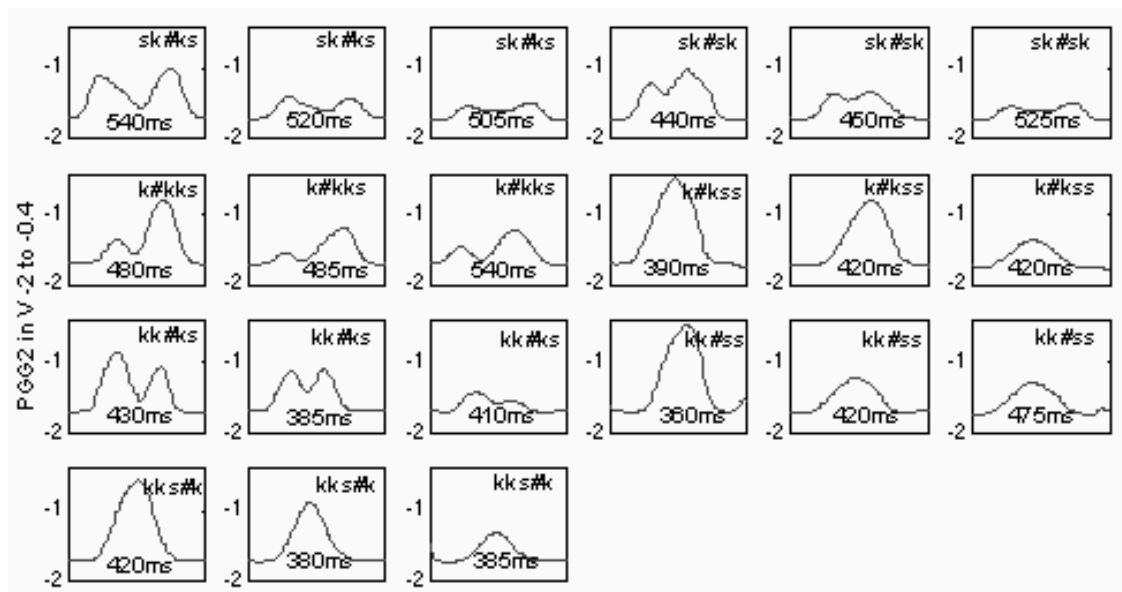


Figure 7.53. Les courbes glottographiques observées lors de la réalisation des séquences /sk#ks/, /k#kks/, /kk#ks/, kks#k/ ainsi que /sk#sk/, k#kss/ et /kk#ss/.

Les séquences composées de deux fricatives non adjacentes sont systématiquement produites avec deux ouvertures maximales de la glotte, chacune située pendant la fricative, (e.g. dans /sk#ss/ et /sk#ks/. Yoshioka et al. (1981) ont observé la même configuration pour la même séquence /sk#sk/ en anglais américain (de la phrase « I mask scale »). Les formes contenant une gémignée occlusive et une fricative non adjacentes sont aussi produites avec deux ouvertures maximales de la glotte comme penadnt la tenue de /k#ks/. La première ouverture est située pendant le relâchement de la gémignée et la deuxième pendant la tenue de la fricative. La figure ci-dessous illustre cette configuration.

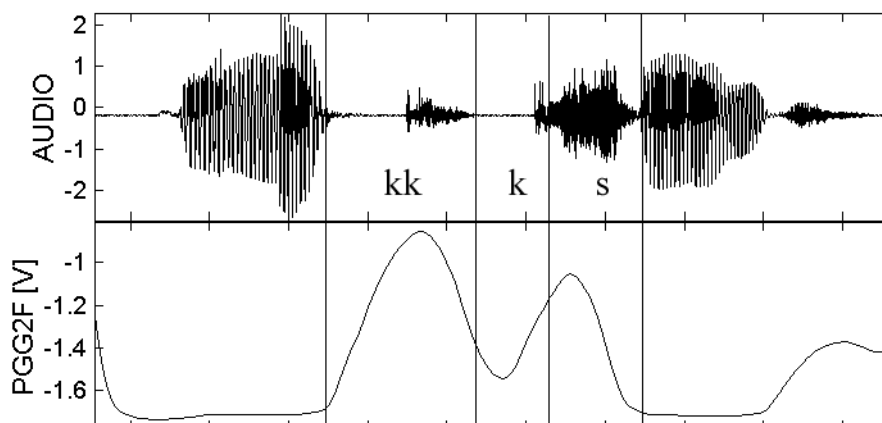


Figure 7.54. La courbe glottographique et le signal d'une répétition de la séquence /kk#ks/

Dans les séquences où les géménées vélaires (tautomorphémiques ou hétéromorphémiques) sont adjacentes à la fricative dentale, une seule ouverture maximale de la glotte est réalisée (e.g. /k#kss/, /kk#ss/ et /kks#k). L'ouverture maximale est située soit juste avant ou pendant le relâchement de la géminée soit pendant la fricative. Les séquences /k#kss/ et /kk#ss/ sont homophones, les deux étant produites avec une durée d'occlusion très importante suivie d'un relâchement. Autrement dit, l'occlusion est maintenue depuis la première moitié de la géminée hétéromorphémique jusqu'au relâchement de la deuxième moitié. Une telle prononciation n'est pas permise dans une séquence où une des vélaires est une géminée tautomorphémique<sup>4</sup>. La séquence /k#kk/, par exemple, est phonétiquement distincte de /kk/, la première vélaire simple peut être réalisée soit comme une occlusive (i.e. avec occlusion + relâchement) soit, si la règle de spiratisation opère, comme une spirante /x/. Cette dernière prononciation est celle qui a été produite pendant les trois répétitions de la séquence /k#kks/. La nature phonétique de cette séquence, fricative + occlusive géminée + fricative, explique les deux gestes d'ouverture-fermeture de la glotte que nous avons observés. La première ouverture maximale de la glotte est située pendant la fricative /x/ et la deuxième pendant la géminée /kk/ ou la fricative /s/. La figure (7.55) ci-dessous présente le signal et la courbe glottographique d'une répétition de cette séquence. Notez que l'amplitude de l'ouverture glottale pendant la vélaire /x/ est toujours moins importante que pendant /s/.

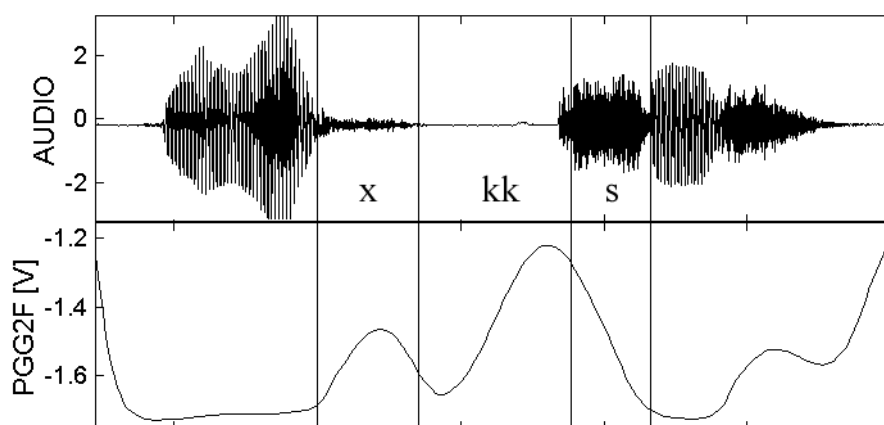


Figure 7.55. La courbe glottographique et le signal d'une répétition de la séquence [x#kks]

<sup>4</sup> Voir Dell et Elmedlaoui (2002)

La figure (7.56) illustre les courbes glottographiques observées pour les séquences de cinq obstruantes sourdes<sup>5</sup>. La séquence /ssk#kk/ est produite avec deux ou trois ouvertures maximales de la glotte. Le nombre de ces gestes dépend du mode d'articulation de la vélaire simple.

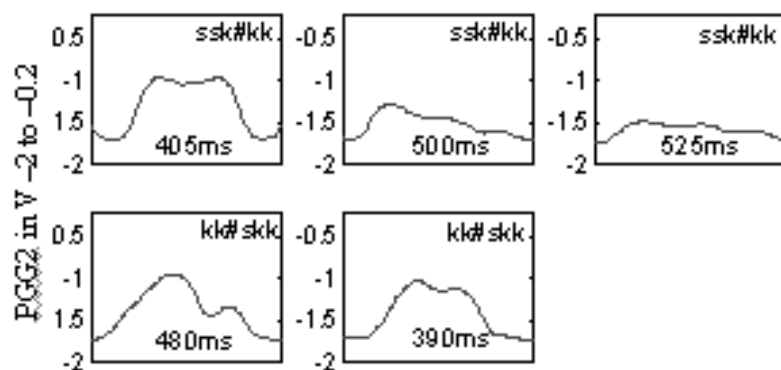


Figure 7.56. Les courbes glottographiques observées lors de la réalisation des séquences /ssk#kk/ et /kk#skk/.

La séquence réalisée avec une vélaire simple occlusive présente deux ouvertures maximales, la première correspondant à /ss/ et la deuxième à l'occlusion de la géminée /kk/. La figure (7.57) illustre l'emplacement de ces ouvertures maximales.

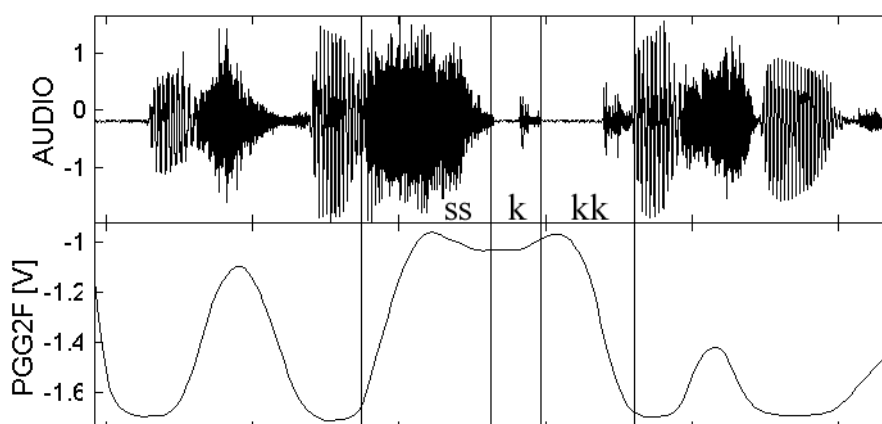


Figure 7.57. La courbe glottographique et le signal d'une répétition de la séquence /ssk#kk/

Pour les deux autres répétitions de la même séquence, la vélaire simple est réalisée comme une spirante /x/, nécessitant un geste d'ouverture-fermeture de la glotte supplémentaire. Les trois ouvertures maximales correspondent respectivement à /ss/, [x] et /kk/ comme le montre la figure (7.58) ci-après :

<sup>5</sup> La dernière répétition pour la séquence /kk#skk/ a été exclue car elle était incorrectement prononcée.

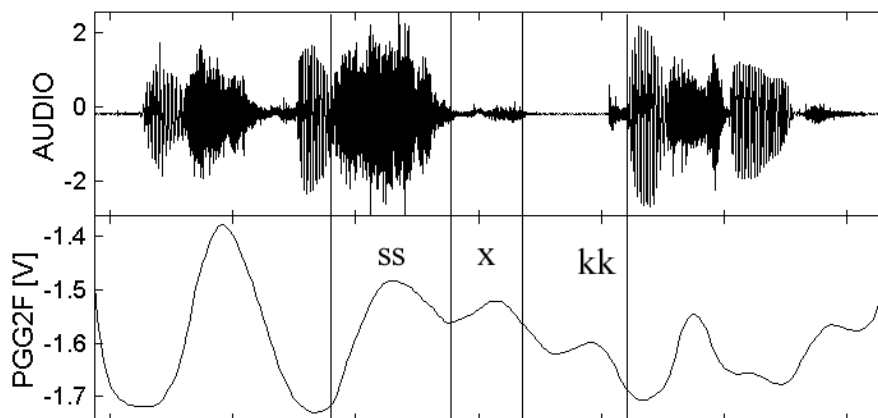


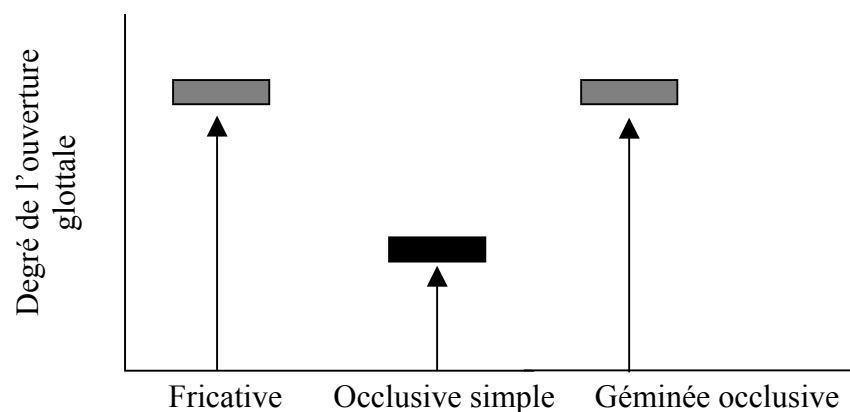
Figure 7.58. La courbe glottographique et le signal d'une répétition de la séquence /ssx#kk/

La séquence /kk#skk/ est toujours réalisée avec deux ouvertures maximales de la glotte, la première est située pendant la tenue de la fricative ou à la frontière entre la géminée /kk/ et /s/. La deuxième amplitude maximale est toujours atteinte pendant l'occlusion de la géminée finale /kk/. Comme nous l'avons signalé dans la note de bas de page ci-dessus, une répétition a été exclue car elle ne correspondait pas à la prononciation correcte de cette forme. Au lieu de produire la séquence /kk#skk/ de la phrase /imikk skkiwsn/, le sujet a produit une autre séquence /kk#sk/ de la phrase « imikk skiyyfn ». Cette phrase existe même si nous ne l'avons pas incluse dans cette étude. La seule différence entre les deux séquences est la présence de la géminée dans l'une et de sa contrepartie simple dans l'autre. Cette différence est reflétée au niveau glottal. La forme avec occlusive simple est produite avec un seul geste d'ouverture glottale située à la frontière de la vélaire /kk/ et de la fricative adjacente.

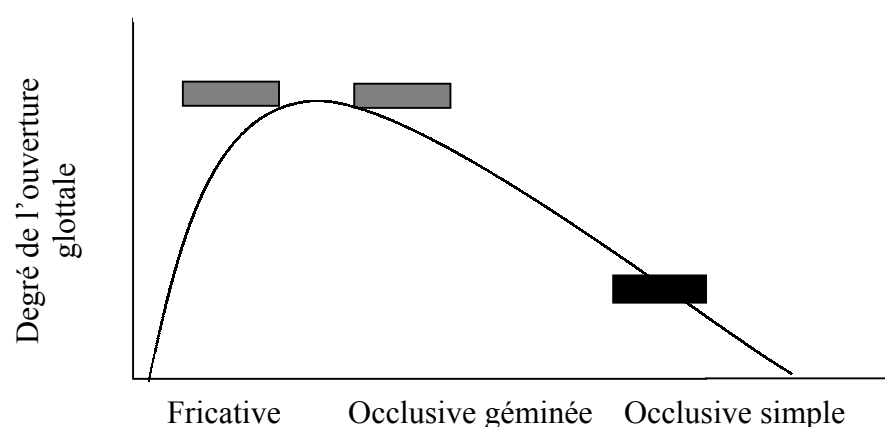
#### 7.2.4 Synthèse et conclusion

Les résultats de cette étude, même si elle est limitée à un seul sujet, sont généralement en accord avec ceux obtenus en utilisant la même méthode expérimentale et le même matériel linguistique en anglais et en suédois. Ces résultats sont aussi en accord avec ceux obtenus à partir de nos analyses des mots sourds. Les différences qui existent entre les mots sourds et les séquences que nous venons d'analyser sont dues à l'influence du contexte précédant et suivant ces segments. Pour les mots sourds, étant précédés et suivis d'une phase respiratoire, la glotte reste ouverte avant, pendant et après la production des consonnes les composant. Pour les séquences, étant précédées et suivies d'une voyelle, on observe toujours un premier geste d'abduction entamé à l'onset de la première consonne et un geste d'adduction systématique entamé pendant la tenue de la dernière consonne, par anticipation de la voyelle qui suit. Mis à part ces différences, les obstruantes dans des séquences séparées par des frontières de mot présentent globalement les mêmes configurations glottales que les obstruantes contenues dans des mots sourds. Pour ces deux types de formes, c'est principalement le mode d'articulation des consonnes et leurs positions qui déterminent le nombre et l'emplacement des ouvertures maximales de la glottale. Reprenons la généralisation (1') établie dans la section précédente en y incluant le cas des géménées occlusives sourdes. Comme nous l'avons constaté, ce type de segments nécessite souvent un geste d'abduction glottale séparé. Aussi, et comme pour les fricatives, l'ouverture maximale de la glotte a aussi lieu pendant la tenue de cette consonne. Ainsi, une prédiction assez solide pour déterminer le nombre et l'emplacement des ouvertures maximales de la glotte serait de dire que : dans une séquence, chaque fricative et occlusive géminée, sauf quand elles sont adjacentes, requière un geste d'abduction glottale large et séparée.

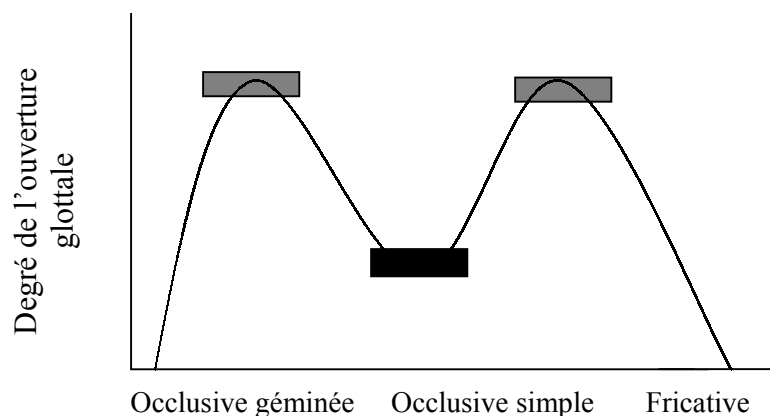
Parmi les résultats du chapitre (4), nous avons montré que les fricatives et les occlusives géménées sourdes sont produites avec les mêmes amplitudes d'ouverture glottale. Ce degré d'ouverture glottale est systématiquement plus important que celui observé pendant la tenue des occlusives simples. La figure ci-après indique que la glotte atteint une cible maximale pendant la tenue des fricatives et des géménées occlusives et une cible intermédiaire pendant la tenue des occlusives simples.



Les résultats de l'analyse que nous venons d'entreprendre montrent, comme pour les mots sourds, que le mouvement glottal suit les caractéristiques de divers segments. La glotte atteint généralement une ouverture glottale importante pendant la tenue des fricatives et des occlusives gémignées et atteint une ouverture glottale intermédiaire pendant la tenue des occlusives simples. Nous avons illustré dans la section (7.1.3) le cas des suites occlusives simple et fricative. Nous allons fournir ci-dessous deux autres figures schématisant le mouvement glottal dans une séquence contenant une occlusive simple, une fricative et une occlusive gémignée. Dans une séquence de fricative + occlusive gémignée + occlusive simple, on observe généralement un geste mono-modal avec une ouverture maximale atteinte généralement à la fin de la gémignée ou au début de la fricative (parfois sous forme de plateau). La figure ci-dessous schématise ces gestes glottaux :



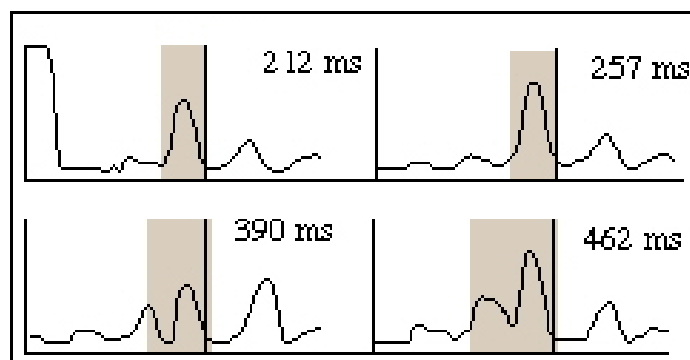
Dans une séquence occlusive gémignée + occlusive simple + fricative, deux ouvertures maximales sont produites. La figure ci-après est une illustration schématique de ce mouvement glottal.



Nous avons indiqué au début de cette partie qu'entre autres objectifs de cette étude est de déterminer l'influence probable de la frontière de mot sur les ajustements laryngaux. Frøkjær et al. (1971), par exemple, ont observé que pour le danois, la séquence /sp/ séparée par une frontière de mot peut être produite avec deux gestes d'ouverture-fermeture de la glotte. Ils considèrent ces deux ouvertures maximales de la glotte comme étant dues à l'influence de la frontière de mot. La tendance générale observée dans les langues germaniques est que la séquence /s#k/, par exemple, est très souvent produite avec deux gestes d'ouverture et fermeture de la glotte. Le deuxième geste étant produit pour permettre une ouverture glottale importante au moment du relâchement nécessaire pour la production de l'aspiration. La séquence /sk/, en position initiale de mot, est produite quant à elle avec un seul geste ; /k/ étant non aspiré dans cette position. En berbère, nous avons montré que la frontière de mot n'a quasiment aucune influence sur la configuration glottale produite pendant une séquence. Les séquences /#sk/, /s#k/ et /sk#/, par exemple, sont produites avec les mêmes ajustements glottaux malgré les différentes positions de la frontière. La même remarque s'applique aux différentes combinaisons de /ks/ aussi. Les seules différences entre les différentes séquences analysées sont dues la nature phonétique des segments et à leurs positions par rapport aux autres consonnes.

Löfqvist & Yoshioka (1981), à partir d'une étude sur l'islandais, ont observé une corrélation entre la durée d'une séquence et le nombre de gestes glottaux. Cette corrélation concerne les différentes répétitions d'une même forme. La séquence [s#sp], par exemple, est produite avec un seul mouvement d'ouverture glottale si sa durée est au-dessous de 300 ms. Au-delà de cette durée, deux mouvements d'ouverture glottale sont généralement observés. Nous

reproduisons une figure illustrant les courbes glottographiques observés pendant quatre répétitions de cette séquence<sup>6</sup>.



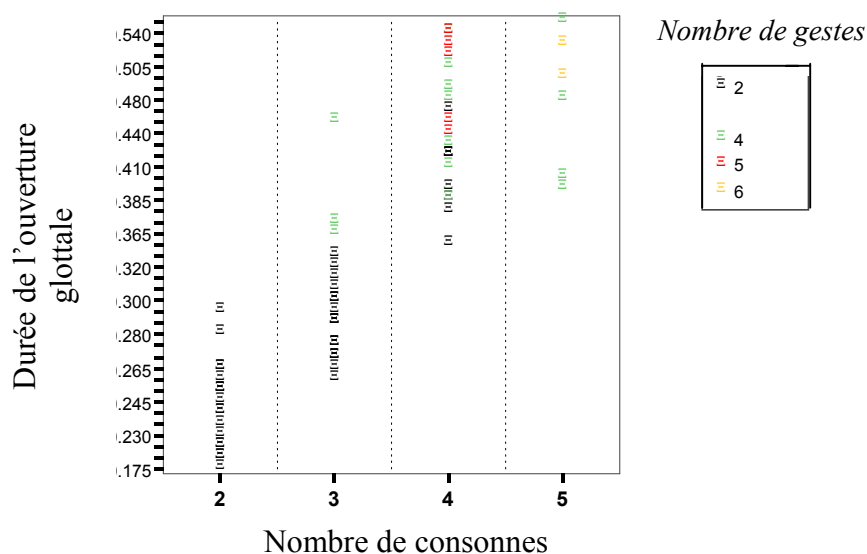
*Figure 7.59. La courbe glottographique et la durée de l'ouverture glottale pendant la tenue de la séquence /s#sp/ de l'islandais*

Une seule séquence semble présenter une corrélation identique en berbère. Et il s'agit justement d'une suite de fricative + fricative + occlusive [s#sk] aussi. Les deux répétitions réalisées avec une durée de 220 et de 225 ms semblent présenter un léger geste d'abduction glottale, mais il est très faible et à peine visible sur le signal glottographique (voir figure 7.48 ci-dessus).

Si on considère toutes les données ensemble, le constat est que ni le nombre des consonnes que contient une forme ni la durée de l'ouverture glottale totale ne sont des facteurs permettant de déterminer d'une manière systématique le nombre des gestes d'ouverture-fermeture de la glotte. Le tableau ci-dessous, qui résume toutes les données que nous avons analysées, indique que la durée plus longue d'une ouverture glottale ne se traduit pas systématiquement par une augmentation du nombre de gestes glottaux.

<sup>6</sup> Cette figure est tirée de la page web de A. Löfqvist : <http://www1.ldc.lu.se/logopedi/departement/andy/>





Une séquence qui a une durée d'ouverture glottale de presque 480 ms est produite avec le même nombre de gestes glottaux qu'une séquence d'à peine 175 ms. La même remarque s'applique aussi aux nombres de consonnes. Une séquence composée de quatre consonnes peut se produire avec deux, quatre ou cinq gestes glottaux. La seule constance qui ressort de ce tableau est que les séquences composées de deux consonnes sont systématiquement réalisées avec deux gestes glottaux et les séquences de cinq consonnes avec quatre gestes et plus. Mais ces deux cas découlent de la généralisation que nous avons établie plus haut. Les séquences de deux consonnes contiennent une occlusive et une fricative, et présentent par conséquent deux gestes dont l'amplitude maximale est atteinte pendant la fricative. Les séquences de cinq consonnes contiennent au moins une fricative et une gémisée et présentent par conséquent au moins quatre gestes glottaux.

## CONCLUSIONS GENERALES

Nous avons traité dans cette étude de certaines caractéristiques phonétiques et phonologiques des suites de consonnes en berbère chleuh. Nous avons principalement considéré deux sujets : les mots sourds et la gémiation. L'objectif de l'étude était de répondre à certaines questions sources de controverse dans le domaine berbère, notamment sur le statut du *chva* et ses implications sur la syllabification en chleuh et sur les représentations phonétiques et phonologiques des consonnes géminées.

### 8.1 Résumé de l'étude

Cette section est subdivisée en deux parties correspondant aux résultats de l'analyse des deux aspects principaux traités dans cette étude : l'analyse des mots sourds (8.1.1) et l'analyse des consonnes simples et géminées (8.1.2).

#### 8.1.1 Les mots sourds :

Nous avons traité de deux questions principales dans notre analyse des mots sourds : le statut du *chva* et son implication sur la structure syllabique en chleuh et les ajustements laryngaux pendant la production de longues séquences d'obstruantes sourdes.

L'analyse de la syllabation en chleuh telle qu'elle est initiée et développée par Dell et Elmedlaoui (1985, 1988, 2002) postule que toute consonne peut occuper le noyau de la syllabe même une occlusive sourde. Les travaux de Coleman (1999, 2001) et Louali et Puech (1999, 2000) ont tenté de démontrer que cette analyse est incorrecte et postulent que le noyau syllabique en chleuh est toujours occupé par une voyelle qui peut parfois être éclipsée par les segments adjacents. La syllabation en chleuh est étroitement liée au statut attribué au *chva*. La question principale à laquelle nous avons tenté de répondre était la suivante : « *En chleuh, chva est-il un segment au niveau des représentations phonétiques ?* » Nous avons fourni un ensemble d'arguments acoustiques, fibroscopiques, photoglottographiques et phonologiques qui nous ont aidé à répondre à cette question.

L'analyse acoustique a montré que la majorité des locuteurs enregistrés réalisent les mots sourds sans voyelle. En effet, sur les 483 réalisations que contient notre corpus, seules 14% ont été produites avec *chva*. Ce vocoïde est principalement attesté en position finale de mot. Les *chvas* dans cette position servent principalement comme indices démarcatifs de fin de mot ou de fin d'énoncé. Les rares réalisations avec *chva* en position interne ont été produites par

un locuteur du parler chleuh d'Agadir. Les formes ainsi réalisées, qui sont toutes des emprunts assez récents à l'arabe, sont dues à l'influence de cette langue.

Notre argumentation phonologique, à travers l'analyse du processus de l'assibilation dans le parler chleuh d'Anzi (PCI), a fourni un argument supplémentaire qui montre clairement que le *chva* n'est pas un segment au niveau des représentations phonétiques. En PCI, les dentales /t/ et /d/ deviennent /s/ et /z/ respectivement sauf quand elles sont au contact immédiat d'une consonne coronale, auquel cas l'occlusion est maintenue. Notre argument de base est que les suites de consonnes qui ne sont pas séparées, au niveau de la surface, par une des voyelles pleines /a, i, u/ sont adjacentes. Ainsi, dans la suite /tr/ du verbe [tr.kz], par exemple, la dentale /t/ et la coronale /r/ sont adjacentes au niveau de la surface, c'est pour cela que /t/ maintient son aspect occlusif. Toute autre analyse qui postulerait que ces suites de consonnes adjacentes, au niveau sous-jacent, sont séparées, au niveau de la surface, par une voyelle épenthétique serait problématique.

Les expérimentations fibroscopique et photoglottographique ont fourni des arguments supplémentaires en montrant que les mots sourds sont produits de bout en bout sans jamais fermer la glotte. La conclusion à laquelle nous avons abouti est que le *chva* n'est pas un segment au niveau des représentations phonétiques en chleuh. Nos résultats vont dans le sens de l'analyse de la syllabation telle qu'elle a été développée par Dell et Elmedlaoui qui postulent que toute consonne en chleuh peut occuper le noyau de la syllabe même une occlusive sourde.

L'état de nos connaissances sur les ajustements glottaux pendant la parole se limite aux travaux menés principalement sur les langues germaniques ainsi que d'autres langues comme le japonais et le hindi. Une grande majorité de ces études a traité de la configuration glottale pendant la tenue de segments simples (principalement les occlusives aspirées). Les travaux de Yoshioka, Löfqvist et leurs collègues ont aussi traité de séquences plus longues principalement dans des langues germaniques. Le berbère chleuh, qui permet des mots contenant jusqu'à dix obstruantes sourdes, offre un terrain prometteur pour approfondir nos connaissances sur les ajustements laryngiens pendant la parole. Nous avons ainsi analysé les mots sourds par fibroscopie et par photoglottographie. Nous avons analysé d'autres données composées d'un ensemble de suite d'occlusives et de fricatives sourdes. L'objectif était de comparer les ajustements glottaux observés en berbère avec ceux observés, sur pratiquement les mêmes séquences, dans des langues germaniques.

Nos analyses nous ont permis de répondre à une première question concernant la possibilité de maintenir un degré d'ouverture glottale constant pendant la parole. Cette question a été très brièvement soulevée dans la littérature. Nos données montrent que la glotte peut maintenir un degré d'ouverture constant qui peut parfois durer assez longtemps (plus de 100 ms).

Le deuxième aspect que nous avons analysé avait trait aux cas, plus nombreux, où l'aire glottique est en changement continu. Nous avons montré que les mécanismes qui gouvernent ces changements ne dépendent ni du nombre de consonnes que contient une forme ni de la position de la frontière morphologique. Les variations d'aire glottique sont principalement liées aux différentes propriétés segmentales d'une forme donnée. Le geste glottal suit les caractéristiques de divers segments. Ainsi, une séquence composée de *fricative* + *occlusive* + *fricative* est produite avec deux ouvertures maximales de la glotte atteintes pendant la tenue des fricatives. Tandis qu'une séquence *occlusive* + *fricative* + *occlusive* est produite avec une seule ouverture maximale atteinte pendant la tenue de la fricative. Les gémées occlusives sourdes sont généralement produites avec un geste d'ouverture-fermeture de la glotte séparée, comme les fricatives. Les occlusives simples sont, quant à elles, produites pendant la phase d'adduction ou d'abduction du geste nécessaire pour la production d'une fricative ou d'une gémée occlusive adjacente. Nos résultats sont globalement en accord avec ceux obtenus par Löfqvist, Yoshioka et leurs collègues sur les données de certaines langues germaniques. Ces ajustements qui caractérisent des langues aussi éloignées les unes des autres montrent que le mouvement glottal répond aux exigences aérodynamiques de diverses consonnes.

#### 8.1.2 Les consonnes simples et gémées :

Comme pour les mots sourds, nous avons procédé à des analyses acoustiques, fibroscopiques, photoglottographiques et phonologiques des consonnes simples et gémées en chleuh.

L'analyse acoustique avait pour but de déterminer les paramètres temporels et non temporels qui permettent de distinguer les simples des gémées. Nos résultats montrent que la durée (de l'occlusion pour les occlusives) est le paramètre acoustique principal permettant de distinguer les obstruantes simples de leurs contreparties gémées. Ce corrélat est acoustiquement présent dans tous les contextes. Nous avons en effet montré en nous basant sur des mesures de débit d'air oral que ce paramètre permet de distinguer acoustiquement les occlusives sourdes simples de leurs contreparties gémées en position initiale absolue aussi, même si cette différence de durée n'est pas perceptible. La durée du VOT, par contre, ne permet pas de

distinguer les occlusives sourdes simples de leurs contreparties géménées. Ces deux séries d'occlusives sont produites avec les mêmes durées. Les occlusives sonores géménées, selon les positions et les locuteurs, présentent parfois des durées de VOT significativement plus longues que celles de leurs contreparties simples. Cet allongement du VOT est une conséquence du dévoisement qui affecte les géménées sonores. La voyelle tend à s'abrèger quand elle précède une consonne géminée, plus particulièrement une occlusive géminée. La voyelle s'abrège aussi devant les fricatives mais des variations ont été observées selon les locuteurs.

L'analyse des paramètres non temporels a mis en lumière certaines différences entre les occlusives simples et leurs contreparties géménées, notamment concernant la qualité de l'occlusion et la qualité du burst. Certaines occlusives simples sont parfois réalisées avec une occlusion incomplète et parfois sans relâchement oral. Les occlusives géménées, par contre, sont toujours réalisées avec une occlusion complète et avec un bruit de relâchement très clair, dans toutes les positions. Nous avons considéré ces deux aspects comme une manifestation d'une articulation forte caractérisant les occlusives géménées, par opposition aux simples réalisées avec une articulation moins forte.

Nous avons comparé différents types de géménées. Aucune différence de durée n'a été observée entre les géménées tautomorphémiques, les géménées issues d'une concaténation et celles qui résultent d'une assimilation complète. Ces trois types de géménées abrègent aussi, de la même manière, la voyelle précédente. Un seul de nos locuteurs a produit la voyelle devant la géminée issue d'une concaténation avec la même durée que devant une occlusive simple. L'absence de différence de durée entre les géménées de différents types est un argument en faveur d'une représentation de surface identique pour ces segments.

Cette recherche étant la première de ce genre sur des données berbères, nous avons consacré une grande partie de l'étude fibroscopique à l'analyse de l'état de la glotte pendant la tenue de toutes les obstruantes qui se rencontrent en chleuh. Nous avons relevé des différences importantes entre les occlusives d'un côté et les fricatives de l'autre.

Les occlusives sourdes sont généralement produites avec la glotte ouverte et les cartilages aryénoïdiens écartés. Les occlusives dentales et vélaires sourdes semblent se produire avec une configuration glottale quasi identique. L'occlusive uvulaire sourde est produite quant à elle avec un ajustement assez particulier et avec une amplitude d'ouverture glottale plus importante que les autres occlusives. La dentale emphatique /T/ est produite avec un degré

d'ouverture glottale très faible. C'est pour cette raison que ce segment est généralement produit avec un VOT très court.

Les fricatives sourdes sont généralement produites avec un degré d'ouverture glottale plus important que pour les occlusives simples. /f, s, S, ʃ/ sont réalisés avec pratiquement les mêmes ajustements glottaux. L'uvulaire /χ/ se distingue de cette série de fricatives. Elle est produite avec une vélocité d'ouverture et de fermeture de la glotte plus rapide et avec un degré d'ouverture glottale plus important. L'analyse des fricatives montre également que /ħ/ et /ʕ/ sont produites avec des ajustements glottaux typiques d'une consonne épiglottale, notamment avec un rapprochement très important entre les sommets des cartilages aryénoïdiens et le tubercule de l'épiglotte. Nous avons conclu, sur la base de ces observations et des comparaisons que nous avons effectuées avec les mêmes consonnes en arabe marocain, qu'il serait plus approprié d'appeler ces consonnes des épiglottales et non des pharyngales et de les transcrire, selon l'API, comme /H/ et /ʕ/ et non pas /ħ/ et /ʕ/.

La comparaison entre les occlusives sonores simples et géminées montre que la glotte présente généralement une légère ouverture glottale vers la fin de l'occlusion pour les géminées finales. Ce dévoisement partiel des géminées a été observé lors de l'étude acoustique chez différents locuteurs. Nous avons montré, suivant Ohala (2003), que le dévoisement qui caractérise ces occlusives géminées est une conséquence de la durée plus longue de l'occlusion de ces segments.

L'étude photoglottographique a été limitée à l'analyse des occlusives dentales /t, tt/ et vélaires /k, kk/ et aux fricatives labiales /f, ff/ et dentales /s, ss/. Nous avons procédé à un ensemble de comparaisons. La comparaison entre occlusives simples et géminées a montré des différences notables. La première différence systématique concerne l'amplitude de l'ouverture glottale. Les occlusives sourdes géminées sont systématiquement produites avec une ouverture glottale plus importante. Le deuxième aspect important qui permet de distinguer les simples des géminées concerne le rapport temporel entre l'ouverture maximale de la glotte et le relâchement oral. Pour les occlusives simples, la glotte atteint généralement son ouverture maximale au moment du relâchement oral. Pour les géminées par contre, l'ouverture glottale maximale est atteinte bien avant le relâchement. Un aspect important en rapport avec ces deux observations concerne la corrélation entre l'aspiration, l'amplitude de l'ouverture glottale et le rapport temporel entre les gestes glottaux et supraglottaux. Notre analyse montre que l'aspiration est une fonction de deux aspects : le degré de l'ouverture glottale au moment du

relâchement et la vitesse du geste de fermeture glottale. L'aspiration constitue la période qu'il faut à la glotte pour arriver à la fermeture complète.

Une partie de cette étude photoglottographique a été développée pour essayer de répondre à la question suivante : pourquoi les occlusives géminées sourdes sont systématiquement produites avec une amplitude d'ouverture glottale plus importante ? Nous avons montré que cette largeur d'ouverture glottale n'est pas une fonction de la durée de l'occlusion ni de la durée de l'ouverture glottale. Une première hypothèse, suivant l'analyse de Munhall et al. (1994), est de considérer cette ouverture glottale importante comme une caractéristique inhérente aux occlusives géminées sourdes qui sont produites avec un contact plus fort entre le palais et la langue. Une autre hypothèse est de considérer cette ouverture importante comme une conséquence passive de l'augmentation de la pression intraorale. Ces deux hypothèses demandent à être examinées en procédant notamment à des mesures électropalatographiques et aérodynamiques.

La comparaison entre les fricatives simples et leurs contreparties géminées ne présente pas les mêmes différences d'amplitude glottale que celles que l'on observe entre les deux séries d'occlusives. Les simples et les géminées, en effet, sont parfois produites avec les mêmes amplitudes d'ouverture glottale. Par ailleurs, tous les paramètres temporels mesurés permettent de distinguer les fricatives simples des géminées, à l'exception de l'intervalle entre l'onset de l'ouverture glottale et la vitesse maximale de cette ouverture.

Nous avons aussi procédé à des comparaisons en terme de mode et de point d'articulation. Les occlusives simples se distinguent des fricatives en terme d'amplitude glottale et en terme de vitesse d'ouverture glottale. La glotte s'ouvre plus rapidement et plus largement pour les fricatives que pour les occlusives. Ces résultats sont en accord avec ce que d'autres auteurs ont observé dans d'autres langues. L'amplitude de l'ouverture glottale ne permet pas par contre de distinguer les fricatives des occlusives géminées. Les deux étant produites avec quasiment la même amplitude.

Concernant les différences d'ajustements glottaux liées aux différents points d'articulations, nous n'avons observé aucune différence importante entre les occlusives dentales et vélaires, contrairement à ce qui a été observé dans plusieurs langues. Les deux séries d'occlusives sont produites avec quasiment les mêmes amplitudes d'ouverture glottale et avec le même rapport temporel entre les gestes glottaux et supraglottaux.

L'analyse phonologique de la gémination traitait principalement de la représentation des géminées et du comportement des occlusives géminées vis-à-vis de la spirantisation.

L'approche que nous avons adoptée est celle qui représente les géménées avec deux positions prosodiques liées à un seul élément mélodique. Nous avons présenté un ensemble d'arguments qui militent en faveur de cette représentation. Notre propre argumentation avait trait au comportement des verbes bi-consonantiques et tri-consonantiques conjugués à l'accompli. Le comportement identique des formes /CC/ et /C:/ d'un côté et /CCC/ et /C:C/ de l'autre découle de la représentation que nous avons adoptée pour les géménées. Ce comportement resterait inexplicable si la géminée /C:/ était représentée comme un seul segment qui ne se distingue de sa contrepartie simple que par un trait distinctif.

En nous basant sur la théorie du renforcement, notre argument est que l'opposition simple/géminée est rendue principalement par la durée. Nous avons interprété la couche prosodique, d'un point de vue phonétique, comme une « couche de durée » qui renvoie à la durée des segments : les deux positions se traduisent par une durée plus longue. Nos résultats acoustiques nous ont également permis de dégager d'autres corrélats secondaires interprétés comme des corrélats de renforcement de cette opposition. Cette représentation que nous avons adoptée pour les occlusives géménées rend adéquatement compte de l'incapacité des géménées tautomorphémiques et des géménées issues d'une assimilation complète à se spirantiser.

Nous avons à plusieurs reprises, tout au long de cette étude, signalé le comportement particulier des uvulaires. En nous basant sur nos analyses phonétiques et phonologiques, nous avons montré que l'occlusive uvulaire se réalise principalement comme une géminée. Nous avons aussi observé des caractéristiques particulières au niveau glottal pendant la tenue de ces segments. Cette série d'obstruantes demande à l'évidence à être examinée de plus près. Il serait notamment intéressant d'examiner en profondeur les caractéristiques phonétiques et phonologiques de ces segments en les comparant aux autres consonnes gutturales et en élargissant le champ d'investigation aux autres dialectes berbères.

Nous avons aussi soulevé un ensemble d'hypothèses concernant notamment la force du contact entre le palais et la langue pendant la tenue des occlusives géménées. Le rôle de la tension musculaire affectant la langue et le palais doit être examiné de plus près en procédant notamment à des analyses électropalatographiques sur un corpus plus large et avec des locuteurs appartenant à diverses régions berbérophones. Ce type d'analyse permettra à notre avis de déterminer et de caractériser la force articulaire qui semble être inhérente aux occlusives géménées.



## REFERENCES

- 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 Phonetics 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*, vol. 6.
- 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 Science*, 98-101.
- Abramson, A.S. (1998). The complex acoustic output of a single articulatory gesture: Pattani Malay word-initial consonant length. *Papers from the Fourth Annual Meeting of the Southeast Asian Linguistics Society 1994*. Warotamasikkhadit, U. & Panakul, T. (eds.) Tempe, Arizona.
- 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 Science*, 591-594.
- Abu-Salim, I. (1980). Epenthesis and geminate consonants in Palestinian Arabic. *Studies in the Linguistic Sciences* 10-2, 1-11.
- Al-Ani, S. (1970). *Arabic phonology: an acoustical and physiological investigation*. Mouton, The Hague.
- Andersen, P. (1981). The effect of increased speaking rate and (intended) loudness on the glottal behaviour in stop consonant production as exemplified by Danish /p/. *Annual Report of the Institute of Phonetics University of Copenhagen* 15, 103-146.
- Angoujard, J.P. (1997). *Théorie de la syllabe. Rythme et qualité*. CNRS-Editions.
- Applegate, J.R. (1985). *An Outline of the structure of Shilha*. New York : American Council of Learned Societies.
- Arvaniti, A. (2001). Comparing the phonetics of single and geminate consonants in Cypriot and standard Greek. *Proceedings of the 4<sup>th</sup> International Conference on Greek Linguistics*, 37-44. <http://ling.ucsd.edu/~arvaniti/patras.zip>
- Arvaniti, A. & Tserdanelis, G. (2000). On the phonetics of geminates: evidence from Cypriot Greek. *Proceedings of the International conference on Spoken Language Processing*. <http://ling.ucsd.edu/~arvaniti/01450.zip>
- Arvaniti, A. & Tserdanelis, G. (2001). The acoustic characteristics of geminate consonants in Cypriot Greek. *Proceedings of the 4<sup>th</sup> International Conference on Greek Linguistics* : 29-36. <http://ling.ucsd.edu/~arvaniti/TandA.zip>

- Aspinion, R. (1953). *Apprenons le berbère. Initiation aux dialectes chleuhs*. Rabat.
- Baer, T., Löfqvist, A. & McGarr, N.S. (1983). Laryngeal vibrations: A comparison between high-speed filming and glottographic techniques. *Journal of the Acoustical Society of America* 73(4), 1304-1308.
- Baker, B.J. (1999). *Word structure in Ngalakgan*. Ph.D. Dissertation, University of Sydney. <http://pollux.library.usyd.edu.au/~thesis/adt-NU/public/adt-NU2000.0003/>
- Balasubramanian, T. (1972). *The phonetics of colloquial Tamil*. Ph.D. Dissertation, University of Edinburgh.
- Barkai, M.A.R. (1974). On duration and spirantization in Biblical Hebrew. *Linguistic Inquiry* 5, 456-459.
- Basset, A. (1952). *La langue berbère*. Handbook of African Languages. London, Oxford.
- Beckman, M.E. & Shoji, A. (1984). Spectral and perceptual evidence for CV coarticulation in devoiced /si/ and /syu/ in Japanese. *Phonetica* 41: 61-71.
- Benguerrel, A.P., Hirose, H., Sawashima, M. and Ushijima, T. (1978). Laryngeal control in French stop production: a fiberoptic, acoustic and electromyographic study. *Folia phoniatrica* 30: 175-198.
- Benguerrel, A.P. & Bhatia, T.K. (1980). Hindi stop consonants: an acoustic and fiberoptic study. *Phonetica* 37: 149-158.
- Biarnay, S. (1917). *Étude sur les dialectes berbères du Rif*. Paris : Ernest Leroux.
- Bothorel-Witz, A. & Pétursson, M. (1972). La nature des traits de tension, de sonorité et d'aspiration dans le système des occlusives de l'allemand et de l'islandais. *Travaux de l'Institut de Phonétique de Strasbourg*, 277-356.
- Boukous, M. (1987). *Phonotactique et domaine prosodique en berbère (parler tachelhit d'Agadir, Maroc)*. Thèse de Doctorat, Université Paris 8.
- Boukous, M. (1990). Vocalité, sonorité et syllabité. *Awal, N° spécial: Hommage à Mouloud Mammeri*, 203-218.
- Boukous, M. (1994). Variation phonique et compétence globale: le cas du parler d'Agadir. *Publications de la Faculté des Lettres*. Rabat.
- Boukous, M. (2000). L'amazighe : perte irréversible ou changement linguistique ? *Études berbères et chamito-sémitiques ; mélanges offerts à Karl-G. Prasse*, 43-59. Chaker & Zaborski (eds.), Paris - Louvain : Peeters.
- Boulifa, S. (1908). *Textes berbères en dialecte de l'Atlas marocain*. Paris : Ernest Leroux.
- Braun, A. (1988). *Zum merkmal "fortis/lenis". Phonetische Betrachtungen und instrumentalphonetische Untersuchungen an einem Mittelhessischen Dialekt*. Stuttgart: Steiner.

- Browman, C.P. & Goldstein, L. (1990). Gestural specification using dynamically-defined articulatory structures. *Journal of Phonetics* 18, 299-320
- Butcher, A. (1977). Coarticulation in intervocalic plosives and fricatives in connected speech. *Arbeitsberichte Kiel* 8, 154-213.
- Catford, J.C. (1977). *Fundamental problems in phonetics*. 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.
- Chaker, S. (1977). Une inscription libyque du musée des antiquités d'Alger. *Libyca*, 193-201.
- Chaker, S. (1984). *Textes en linguistique berbère*. Paris : Editions du CNRS.
- Chaker, S. (1992). *Textes en linguistique berbère : introduction au domaine berbère*. Paris : Editions d'Harmattan.
- Chaker, S. (1995). *Linguistique berbère : Etudes de syntaxe et de diachronie*. Paris : Edition Peeters.
- Chen, M. (1970). Vowel length variation as a function of the voicing of the consonant environment. *Phonetica* 22, 129-159.
- Cho, T. & Keating, P. (1999). Articulatory and acoustic studies of domain-initial strengthening in Korean. *UCLA Working Papers in Phonetics* 97, 100-138.
- Chomsky, N. & Halle, M. (1968). *The sound pattern of English*. New York: Harper & Row.
- Churma, D. (1988). *On 'on geminates'*. Ms., Suny-Buffalo.
- Clements, G.N. & Keyser, S.J. (1983). *CV phonology: A generative theory of the syllable*. Cambridge, Mass.: The MIT Press.
- Clements, N. (1997). Berber syllabification: Derivations or constraints ? *Derivations and Constraints in Phonology*, 289-330. Iggy Roca (eds.), Clarendon Press, Oxford.
- 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 Tashlhiyt Berber. *Current Trends in Phonology*, 177-218. Durand & Laks (eds.), CNRS, Paris X & University of Salford, University of Salford Publications.
- 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;
- Coleman, J.S. (2001). The phonetics and phonology of Tashlhiyt Berber syllabic consonants. *Transactions of the Philological Society* 99, 29-64.

- 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.
- Dart, S. (1987). An aerodynamic study of Korean stop consonants: Measurements and modelling. *Journal of the Acoustical Society of America* 81, 138-147.
- Debrock, M. (1977). An acoustic correlate of force of articulation. *Journal of Phonetics* 5, 61-80.
- Delattre, P. (1962). Some factors of vowel duration and their cross-linguistic validity. *Journal of the Acoustical Society of America* 34 : 1141-1143.
- Delattre, P. (1971). Consonant gemination in four languages: an acoustic, perceptual and radiographic study. Part I: *International Review of Applied Linguistics* 9, 31-52; Part II: *International Review of Applied Linguistics* 9, 97-113.
- 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. (1989). Clitic ordering, morphology and phonology in the verbal complex of Imdalwn Tashlhiyt Berber. Part I: *Langues Orientales Anciennes Philologie et Linguistique* 2, 165-194.
- Dell, F. & Elmedlaoui, M. (1991). Clitic ordering, morphology and phonology in the verbal complex of Imdalwn Tashlhiyt Berber. Part II: *Langues Orientales Anciennes Philologie et Linguistique* 3, 77-104.
- Dell, F. & Elmedlaoui, M. (1996a). On consonant releases in Imdlawn Tashlhiyt Berber. *Linguistics* 34, 357-395.
- Dell, F. & Elmedlaoui, M. (1996b). Nonsyllabic transitional vocoids in Imdlawn Tashlhiyt Berber. *Current Trends in Phonology*, 219-246. Durand & Laks (eds.), CNRS, Paris X & University of Salford, University of Salford Publications.
- Dell, F. & Elmedlaoui, M. (1997a). La syllabation et les géminées dans la poésie berbère du Maroc (dialecte chleuh). *Cahiers de Grammaire* 22, 1-95.
- Dell, F. & Elmedlaoui, M. (1997b). Les géminées en berbère. *Linguistique Africaine* 19, 5-55.
- Dell, F. & Elmedlaoui, M. (2000). Syllabification in Moroccan Arabic and how it differs from that in Tashlhiyt Berber. *Proceedings of the 5<sup>th</sup> International Conference on Afroasiatic Languages*, Paris, June 28-30.
- Dell, F. & Elmedlaoui, M. (2002). *Syllables in Tashlhiyt Berber and in Moroccan Arabic*. Kluwer Academic Publications.

- Dell, F. & Tangi, O. (1992). Syllabification and Empty nuclei in Ath-Sidhar Rifain Berber. *Journal of African Languages and Linguistics* 13, 125-162.
- Destaing, E. (1920). *Etude sur la tachelhit du Sous Maroc, vocabulaire français - berbère*. Paris: Imprimerie nationale.
- Dieth, E. (1950). *Vademekum der Phonetik*. Bern, Francke.
- Dixit, R.P., Mac Neilage, P.F. (1974). Glottal dynamics during Hindi bilabial plosives and the glottal fricative. *Journal of the Acoustical Society of America* 55 (Suppl. 1), S 80.
- Dixit, R.P. (1979). Aspiration: What is it and how is it produced? *Speech Communication Papers*, 83-88. Acoustical Society of America, New York. (Wolf & Klatt, eds.).
- Dixit, R.P. & Shipp, T. (1985). Study of subglottal air pressure during Hindi stop consonants. *Phonetica* 42 : 53-77.
- Dixit, R.P. (1989). Glottal gestures in Hindi plosives. *Journal of Phonetics* 17, 213-237.
- El Kirat, Y. (1987) *Spirantization in the Beni Iznassen dialect, diachrony and synchrony*. Mémoire de D.E.S.S. Université Mohammed V, Rabat.
- Elmedlaoui, M. (1985). *Le parler berbère chleuh d'Imdlawn (Maroc); segments et syllabation*. Thèse de Doctorat, Université de Paris 8.
- Elmedlaoui, M. (1993). Geminataion and spirantization in Hebrew, Berber, and Tigrinya: a fortis-Lenis module analysis. *Linguistica Communicatio* V, 1, 121-176.
- Elugbe, B. & Hombert, J.-M., (1975). Nasals in Ghotuo: /lenis/ or short? *Nasalfest*, 167-174. (Ferguson, Hyman & Ohala, eds.). Special Publication, Project on Language Universals, Stanford University.
- Esling, J.H. (1999). Voice quality setting of the pharynx. *Proceedings of the 14<sup>th</sup> International Congress of Phonetic Sciences*, 2449-2452.
- Esposito, A. & Di Benedetto (1999). Acoustical and perceptual study of gemination in Italian stops. *Journal of the Acoustical Society of America* 106, 2051-2062.
- Evans, N. (1991). *A draft grammar of Mayali*. Ms. University of Melbourne.
- Fant, G. (1969). Distinctive features and phonetic dimensions. *Speech Transmission Laboratory, Quarterly Progress and Status Report (STL-QPSR)*, 1-19. Dept. of Speech Transmission, Royal Institute of Technology, Stockholm.
- Fant, G. (1973). Stops in CV syllables. *Speech Sounds and Features*, 110-139. MIT Press, Cambridge, MA.
- Février, J.G. (1964-65). La constitution de la municipalité de Dougga à l'époque numide. *Mélanges de Carthage offerts à Saumagne, Poinssot & Pinard*, 85-91. Paris.

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.

Fischer-Jørgensen, E. (1976). Some data on North German stops and affricates. *Annual Report of the Institute of Phonetics, University of Copenhagen* 10, 149-200.

Fischer-Jørgensen, E. (1980). Temporal relations in Danish tautosyllabic CV sequences with stop consonants. *Annual Report of the Institute of Phonetics, University of Copenhagen* 14, 207-261.

Fischer-Jørgensen, E. & Hutter, B. (1981). Aspirated stop consonants before low vowels, a problem of delimitation – its causes and consequences. *Annual Report of the Institute of Phonetics, University of Copenhagen* 15, 77-102.

Foley, J. (1977). *Foundations of phonological theory*. Cambridge University Press

Fougeron, C. & Keating, P. (1997). Articulatory strengthening at edges of prosodic domains. *Journal of the Acoustical Society of America* 101, 3728-3740.

Frøkjær-Jensen, B. (1967). A photo-electric glottograph. *Annual Report of the Institute of Phonetics, University of Copenhagen* 2, 5-19.

Frøkjær-Jensen, B., Ludvigsen, C. & Rischel, J. (1971). A glottographic study of some Danish consonants. *Form and Substance*, 123-140. Hammerich, Jakobson & Zwirner (eds.), Akademisk, Copenhagen.

Fuchs, S. (2003). *Articulatory correlates of the voicing contrast in German alveolar obstruent production*. Ph.D. Dissertation, QMUC, Edinburgh.

Fukui, N. & Hirose, H. (1983). Laryngeal adjustments in Danish voiceless obstruent production. *Annual Report of the Institute of Phonetics, University of Copenhagen* 17, 61-71.

Galand, L. (1953). La phonétique en dialectologie berbère. *Orbis* II/1, 225-233.

Galand, L. (1966). Inscriptions libyques. In *Inscriptions Antiques du Maroc*, 1-79. Paris.

Galand, L. (1988). Le berbère. *Les langues dans le monde ancien et moderne*, 207-242. Troisième partie : les langues chamito-sémitiques. Cohen & Perrot (eds.), Paris : Editions du CNRS.

Galand, L. (1997). Les consonnes tendues du berbère et leur notation. *Voisinage, Mélanges en hommage à la mémoire de Kaddour Cadi*, 99-120. Miloud Taïfi (eds.), Dhar El Mahraz – Fès. Publications de la Faculté des Lettres et des Sciences Humaines.

Galand-Pernet, P. (1972). *Recueil de poèmes chleuhs I. Chants de trouveurs*. Paris, éditions Klincksieck.

Garnes, S. (1973). Phonetic evidence supporting a phonological analysis. *Journal of Phonetics* 1, 173-183.

- Glasgow, K. (1981). Burarra phonemes. *Australian Phonologies: Collected Papers*. Bruce Waters (eds.), Darwin: Summer Institute of Linguistics.
- Goldsmith, J.A. (1976). An overview of autosegmental phonology. *Linguistic Analysis* 2/1, 23-68
- Green, R. (1995). *Grammar of the Gurr-goni language of Arnhem Land*. Ph.D. Dissertation, Australian National University, Canberra.
- Guerssel, M. (1977). Constraints on phonological rules. *Linguistics Analysis* 3, 267-305.
- Guerssel, M. (1978). A condition on assimilation rules. *Linguistic Analysis* 4, 225-254.
- Haag, W. (1979). An articulatory experiment on voice onset time in German stop consonants. *Phonetica* 36, 169-181.
- Haggard, M (1978). The devoicing of voiced fricatives. *Journal of Phonetics* 6, 95-102.
- Halle, M. & Stevens, K.N. (1971). A note on laryngeal features. *MIT Quarterly Report* 11, 198-213
- Halle, M, & Vergnaud, J.R. (1980). Three-dimensional Phonology. *Journal of Linguistic Research* 1, 83-105.
- Ham, W.H. (1998). *Phonetic and phonological aspects of geminate timing*. Ph.D. Dissertation, Cornell University.
- Han, J-I. (1996). *The phonetics and phonology of “tense” and “plain” consonants in Korean*. Ph.D. Dissertation, Cornell University.
- Hankamer, J., Lahiri, A. & Koreman, J. (1989). Perception of consonant length: voiceless stops in Turkish and Bengali. *Journal of Phonetics* 17, 283-298.
- Hardcastle, W.J. (1973). Some observations on the tense-lax distinction in initial stops in Korean. *Journal of Phonetics* 1, 263-271.
- Harris, G.H. (1999). States of the glottis for voiceless plosives. *Proceedings of the 14<sup>th</sup> International Congress of Phonetic Sciences, 2041-2044*.
- Hassan, Z.M. (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* Vol.44, 81-85. <http://www.speech.kth.se/qpsr/tmh/2002/02-44-081-084.pdf>
- 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.

- Heath, J. (1978). *Ngandi grammar, texts and dictionary*. Canberra: Australian Institute of Aboriginal Studies.
- Heffner, R.M.S. (1950). *General Phonetics*. University of Wisconsin Press, Madison.
- Hegedüs, L. (1959). Beitrag zur Frage der Geminaten. *Zeitschrift für Phonetik* 12, 68-106.
- Hirose, H. & Gay, T. (1972). The activity of the intrinsic laryngeal muscles in voicing control. *Phonetica* 25, 140-164.
- Hirose, H. Lisker, L. & Abramson, A. (1972). Physiological aspects of certain features in stop production. *Haskins Laboratories: Status Report on Speech Research* SR-31/32, 183-191.
- Hirose, H. (1975). The posterior cricoarytenoid as a speech muscle. *Annual Bulletin, Research Institute of Logopedics and Phoniatrics, University of Tokyo* 9, 47-66.
- Hirose, H. & Ushijima, T. (1978). Laryngeal control for voicing distinction in Japanese consonant production. *Phonetica* 35, 1-10.
- Hirose, H. Yoshioka, H. & Niimi, S. (1978). A cross language study of laryngeal adjustment in consonant production. *Annual Bulletin, Research Institute of Logopedics and Phoniatrics, University of Tokyo* 12, 61-71.
- Hirose, H. (1979). Laryngeal EMG. *Annual Bulletin, Research Institute of Logopedics and Phoniatrics, University of Tokyo* 13, 13-22.
- Hirose, & Niimi, S. (1987). The relationship between glottal opening and the transglottal pressure differences during consonant production. *Laryngeal function in phonation and respiration*, 381-390. Baer, Sasaki & Harris (eds.), College-Hill Press, Boston.
- Hockett, C. (1955). *A manual of phonology*. International Journal of American Linguistics. Memoir 11.
- 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. Van den Broecke & Cohen (eds.).
- Hoole P. (1987). Velar and glottal activity in a speaker of Icelandic. *Proceedings of the 11<sup>th</sup> International Congress of Phonetic Sciences* 3, 31-34.
- Hoole, P. (1996). Issues in the acquisition, processing, reduction and parameterization of articulographic data. *Forschungsberichte des Instituts für Phonetik und Sprachliche Kommunikation der Universität München (FIPKM)* 34, 158-173. <http://www.phonetik.uni-muenchen.de/Forschung/Publications/FIPKM/Index.html#vol34>
- Hoole, P. (1999a). Laryngeal coarticulation. Section A: Coarticulatory investigations of the devoicing gesture. *Coarticulation: Theory, data and techniques*, 105-121. [http://www.phonetik.uni-muenchen.de/~hoole/pdf/laryco\\_fipkm.pdf](http://www.phonetik.uni-muenchen.de/~hoole/pdf/laryco_fipkm.pdf)



- Hoole, P. (1999b). Techniques for investigating laryngeal articulation. Section A: Investigation of the devoicing gesture. *Coarticulation: Theory, data and techniques*, 294-300. Hardcastle & Hewlett (eds.) Cambridge: University Press. Cambridge: University Press. [http://www.phonetik.uni-muenchen.de/~hoole/pdf/larymeth\\_fipkm.pdf](http://www.phonetik.uni-muenchen.de/~hoole/pdf/larymeth_fipkm.pdf)
- House, A. S., & Fairbanks, G. (1953). The influence of consonantal environment upon the secondary acoustical characteristics of vowels. *Journal of the Acoustical Society of America* 25, 105-113.
- Hutters, B. (1976). Problems in the use of the photoelectric-glottograph. *Annual Report of the Institute of Phonetics, University of Copenhagen* 10, 274-312.
- Hutters, B. (1978). The glottal gesture in some Danish consonants – preliminary observations. *Annual Report of the Institute of Phonetics, University of Copenhagen* 12, 87-101.
- 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.
- Inkelas, S. & Cho, Y. (1991). Inalterability as prespecification. *Language* 69, 529-574.
- Iwata, R. & Hirose, H. (1976). Fiberoptic, acoustic studies of Mandarin stops and affricates. *Annual Bulletin, Research Institute of Logopedics and Phoniatrics* 10, 47-60.
- 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 Phoniatrics, University of Tokyo* 13, 61-81.
- Jaeger, J.J. (1978). Speech aerodynamics and phonological universals. *Proceedings of the 4<sup>th</sup> Annual meeting of the Berkeley Linguistics Society*.
- 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, Mass.: M.I.T. Press.
- Jakobson, R. & Halle, M. (1961). Tension et laxité. *Essais de Linguistique Générale*, 150-157. Les Editions de Minuit, Paris. (eds. 1963).
- Jakobson, R. & Halle, M. (1963). Phonologie et phonétique. *Essais de Linguistique Générale*, 103-149. Les Editions de Minuit, Paris. (eds. originale 1956).
- Jakobson, R. (1968). *Child language, aphasia, and phonologic universals*. Mouton, The Hague.

- Jakobson, R. & Waugh, L.R. (1979). *The sound shape of language*. Bloomington: Indiana University Press.
- Janson, T. & Engstrand, O. (2001). Some unusual sounds in Changana. *Proceedings of the 14<sup>th</sup> Swedish Phonetics Conference. Working Papers*, 49, 74-77. Department of Linguistics, Lund University. [http://www.ling.su.se/fon/perilus/2001\\_03.pdf](http://www.ling.su.se/fon/perilus/2001_03.pdf)
- Jebbour, A. (1996). *Morphologie et contraintes prosodiques en berbère (tachehit de tiznit). Analyse linguistique et traitement automatique*. Doctorat d'Etat. Université Mohamed V, Rabat.
- Jessen, M. (1995). Glottal opening in German obstruents. *Proceedings of the 13<sup>th</sup> International Congress of Phonetic Sciences* 3, 429-431.
- Jessen, M. (1998). *Phonetics and phonology of tense and lax obstruents in German*. John Benjamins Publishing Company, Amsterdam/Philadelphia.
- Jessen, M. (1999). Redundant aspiration in German is primarily controlled by closure duration. *Proceedings of the 14<sup>th</sup> International Congress of Phonetic Sciences*, 993-996.
- Jessen, M. (2001). Phonetic implementation of the distinctive auditory features [voice] and [tense] in stop consonants. *Distinctive Feature Theory*, 237-294. Hall, T.A. (eds.), Mouton DeGruyter, Berlin.
- Jones, D. (1956). *An outline of English phonetics*. (8<sup>th</sup> eds.). Dutton, New York.
- Kagaya, R. (1974). A fiberoptic 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, University of Tokyo* 9, 27-46.
- Karlsson, F. (1983). *Finnish grammar*. Werner Söderström, Porvoo.
- Keane, E. (2001). *Echo words in Tamil*. Ph.D. Dissertation, Merton College, Oxford. <http://users.ox.ac.uk/~sjoh0535/Thesis/Title&Contents.pdf>
- Keating, P. A. (1985). Universal phonetics and the organization of grammars. *Phonetic Linguistics*, 115-132. Fromkin, V. (eds.), Academic Press.
- Kenstowicz, M. (1970). On the notation of vowel length in Lithuanian. *Papers in Linguistics* 3, 73-113.
- Kenstowicz, M. & Pyle, C. (1973). On the phonological integrity of geminate clusters. *Issues in Phonological Theory*, 27-43. Kenstowicz & Kissebreth (eds.), Mouton, The Hague.
- Kenstowicz, M. (1982). Gemination and spirantization in Tigrinya. *Studies in the Linguistic Sciences* 12-1, 103-122.

- Kenstowicz, M. Bader, Y. & Benkeddache, R. (1982). *The phonology of state in Kabyle Berber*. Champaign: University of Illinois.
- Kenstowicz, M. (1994). *Phonology in generative grammar*. Blackwell Publishers.
- Keyser, S. & Stevens, K. (2003). *Enhancement and overlap in the speech chain*. Ms. MIT
- Kim, C.W. (1965). On the autonomy of the tensivity feature in stop classification. *Word* 21, 339-359.
- Kim, C.W. (1970). A theory of aspiration. *Phonetica* 21, 107-116.
- Kingston, J. (1990). Articulatory binding. *Kingston & Beckman 1990*, 419-454.
- Klatt, D.H. (1973). Interaction between two factors that influence vowel duration. *Journal of the Acoustical Society of America* 54, 1102-1104.
- Kohler, K. (1979). Dimensions in the perception of fortis and lenis plosives. *Phonetica* 36, 332-343.
- Kohler, K. (1982). F0 in the production of lenis and fortis plosives. *Phonetica*, 39(4-5), 199-218.
- Kohler, K. (1984). The phonetic explanation in phonology: The feature fortis/lenis. *Phonetica* 41, 150-174.
- Kohler, K.J. (1991). The organization of speech production clues from the study of reduction processes. *Proceedings of the 12<sup>th</sup> International Congress of Phonetic Sciences*, 102-106.
- Kohler, K. (1992) Gestural reorganization in connected speech: a functional viewpoint on 'articulatory phonology'. *Phonetica* 49, 205-211.
- Kohler, K.J. (1995). Articulatory reduction in different speaking styles. *Proceedings of the 13<sup>th</sup> International Congress of Phonetic Sciences*, vol. 2, 12-19
- Kuriyagawa, F. (1983). Tables of Arabic words for experimental phonetics. *Annual Bulletin, Research Institute of Logopedics and Phoniatrics, University of Tokyo* 18, 65-73.
- Ladefoged, P. (1967). *Three areas of experimental phonetics*. London: Oxford University Press.
- Ladefoged, P. (1968). *A phonetic study of West African languages*. Cambridge University Press. (2<sup>nd</sup> eds.).
- Ladefoged, P. & Maddieson, I. (1996). *The sounds of the world's languages*. Blackwell Publishers: Oxford.
- Lahiri, A. & Hankamer, J. (1988). The timing of geminate consonants. *Journal of Phonetics* 16, 327-338.

- Lahrouchi, M. (2001). *Aspects morphophonologiques de la dérivation verbale en berbère (parler chleuh d'Agadir)*. Thèse de Doctorat, Université Paris 7.
- Lasri, A. (1991). *Aspects de la phonologie non-linéaire du parler berbère chleuh de Tidli*. Thèse de Doctorat, Université Paris 3.
- Lavoie, L. (1996). Consonant strength: results of a data bas development project. *Working Papers of the Cornell Phonetics Laboratory* 11, 269-316.
- Lavoie, L. (2001). *Consonant strength: phonological patterns and phonetic manifestations*. Garland Publishing Inc.
- Leben, W. (1973). *Suprasegmental phonology*. Ph.D. Dissertation, Cambridge, Mass.: MIT.
- Lebrun, Y. (1968). *Anatomie et physiologie de l'appareil phonatoire*. Paris: Editions Didier.
- Lebrun, Y. (1970). On tension. *Linguistique contemporaine. Hommage à Eric Buyssens*. Bruxelles, Editions de sociologie, U.L.B.
- Lehiste, I., Tatham, M. & Morton, K. (1973). An instrumental study of consonant gemination. *Journal of Phonetics* 1, 131-148.
- Lehmann, W.P. (1993). *Theoretical bases of Indo-European linguistics*. London/New York.
- Lindqvist J. (1972). Laryngeal articulation studied on Swedish subjects. *Speech Transmission Laboratory, Quarterly Progress and Status Report (STL-QPSR)*, 10-27. Dept. of Speech Transmission, Royal Institute of Technology, Stockholm.
- Lisker, L. (1957). Closure duration and the intervocalic voiced-voiceless distinction in English. *Language* 33, 42-49.
- 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., Cooper, F.S. & Schvey, M.H. (1969). Transillumination of the larynx in running speech. *Journal of the Acoustical Society of America* 45(6), 1544-1546.
- Lisker, L., Sawashima, M., Abramson, A.S. & Cooper, F.S. (1970). Cineradiographic observations of the larynx during voiced and voiceless stops. *Haskins Laboratories: Status Report on Speech Research* SR 21/22, 201-211.
- Lisker, L. & Abramson, A.S. (1971). Distinctive features and laryngeal control. *SR-Haskins Laboratories* 27, 133-151.
- Lisker, L. & Abramson, A.S. (1972). Glottal modes in consonant distinctions. *Proceedings of the 7<sup>th</sup> International Congress of Phonetic Sciences*, 366-370. Mouton, The Hague.

- Local, J. & Simpson, A. (1988). The domain of gemination in Malayalam. *Prosodic analysis and Asian Linguistics: to honour R.K. Sprigg*, 33-42. Bradley, Henderson & Mazaudon (eds.), Pacific Linguistics.
- Local, J. & Simpson, A. (1999). Phonetic implementation of geminates in Malayalam nouns. *Proceedings of the 14<sup>th</sup> International Congress of Phonetic Sciences* 1, 595-598
- Löfqvist, A. (1975). A study of subglottal pressure during the production of Swedish stops. *Journal of Phonetics* 3, 175-189.
- Löfqvist, A. (1976). Closure duration and aspiration for Swedish stops. *Phonetics Laboratory Working Papers* 13, 1-39. Lund University.
- Löfqvist, A. & Pétursson, M. (1978). Swedish and Icelandic stops - A glottographic investigation. *The Nordic Languages and Modern Linguistics* 3, 454-461. Weinstock (eds.), Austin: The University of Texas at Austin Press.
- 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), 792-799.
- Löfqvist, A., Baer, T. & Yoshioka, H. (1981). Scaling of glottal opening. *Phonetica* 38, 265-276.
- Löfqvist, A., McGarr, N.S. & Honda, K. (1984). Laryngeal muscles and articulatory control. *Journal of the Acoustical Society of America* 76(3), 951-954.
- Löfqvist, A. & Yoshioka, H. (1984). Intrasegmental timing: Laryngeal-oral coordination in voiceless consonant production. *Speech Communication* 3, 279-289.
- Löfqvist, A. (1986). Stability and change. *Journal of Phonetics* 14, 139-144.
- Löfqvist, A. & McGarr, N. (1987). Laryngeal dynamics in voiceless consonant production. *Laryngeal function in phonation and respiration*, 391-402. Baer, Sasaki & Harris (eds.), College-Hill Press, Boston.
- Löfqvist, A., Baer, T., McGarr, N. & Story, R.S. (1989). The cricothyroid muscle in voicing control. *Journal of the Acoustical Society of America* 85(3), 1314-1321.
- Löfqvist, A. (1990). Speech as audible gestures. *Speech production and speech modelling*, 289-322. Hardcastle & Marchal (eds.), Kluwer, Dordrecht.
- Löfqvist, A. (1992). Acoustic and aerodynamic effects of interarticulator timing in voiceless consonants. *Language and Speech* 35, 15-28.
- Löfqvist, A. & McGowan, R.S. (1992). Influence of consonantal environment on voice source aerodynamics. *Journal of Phonetics* 20, 93-110.

- Louali N. & Puech G. (1994). Les consonnes ‘fortes’ du berbère : indices perceptuels et corrélats phonétiques. *20<sup>e</sup> Journées d'Étude sur la Parole*, 459-464.
- Louali, N. & Puech, G. (1996). Syllabic consonants in Tashlhiyt Berber: the case of unvoiced stops. Communication dans : *The phonology of the World's Languages: The Syllable*, Pezenas, 21 au 24 juin.
- Louali, N. & Puech, G. (1999a). 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. (1999b). La syllabe en berbère Tachelhit. *Syllables: 2<sup>e</sup> Journées d'Études Linguistiques*, 35-40. Wauquier-Gravelines & Ferré, (eds.). Université de Nantes.
- 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. (2000). Etude sur l'implémentation du schwa pour quatre locuteurs berbères de tachelhit. *23<sup>e</sup> Journées d'Études sur la Parole, Aussois*, 19-23 juin.
- Louali-Raynal, N. (1999). La spirantisation en berbère. *Afroasiatica Tergestina Papers from the 9<sup>th</sup> Italian Meeting of Afro-Asiatic (Hamito-semitic) Linguistics, Trieste*, 271-298.
- Malécot, A. (1966). The effectiveness of intraoral pressure pulse parameters in distinguishing between stop cognates. *Phonetica* 14, 65-81.
- 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.
- Marcy, G. (1938). Quelques inscriptions libyques de Tunisie. *Hespéris* 25, 289-365.
- Marthandan, C.R. (1983). *Phonetics of casual Tamil*. Ph.D. Dissertation, University of London.
- McCarthy, J. (1979). *Formal problems in Semitic phonology and morphology*. Ph.D. Dissertation, Cambridge, Mass.: MIT.
- McCarthy, J. (1981). A prosodic theory of nonconcatenative morphology. *Linguistic Inquiry* 12, 373-418.
- McCarthy, J. (1986). OCP effects: Geminata and antigeminata. *Linguistic Inquiry* 17, 207-263.
- McGarr, N.S. & Löfqvist, A. (1982). Obstruent production by hearing-impaired speakers: interarticulator timing and acoustics. *Journal of the Acoustical Society of America* 72, 34-42.

- McKay, G. (1975). *Rembarnga: a language of Central Arnhem Land*. Ph.D. Dissertation, Australian National University, Canberra
- McKay, G. (1980). Medial stop gemination in Rembarnga: a spectrographic study. *Journal of Phonetics* 8, 343-352.
- McKinney, N.P. (1990). Temporal characteristics of fortis stops and affricates in Tyap and Jju. *Journal of Phonetics* 18, 255-266.
- Merlan, F. (1983). *Ngalakan grammar, texts and vocabulary*. Canberra: Pacific Linguistics, Australian National University.
- 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.
- Mitchell, T. (1957). Long consonants in phonology and phonetics. *Studies in Linguistics Analysis*, 182-205.
- Mitleb, F. (1983). Voicing effect on vowel duration is not an absolute universal. *Journal of Phonetics* 12, 23-27.
- Munhall, K. (1984). *Temporal adjustment in speech motor control: evidence from laryngeal kinematics*. Ph.D. Dissertation, Montreal: Department of Psychology.
- Munhall, K. Ostry, D. & Parush, A. (1985). Characteristics of velocity profiles of speech movements. *Journal of Experimental Psychology: Human Perception and Performance* 11, 457-474.
- Munhall, K. & Löfqvist, A. (1992). Gestural aggregation in speech: laryngeal gestures. *Journal of Phonetics* 20, 111-126.
- Munhall, K., Löfqvist, A. & Kelso, J.A. (1994). Lip-larynx coordination in speech: effects of mechanical perturbations to the lower lip. *Journal of the Acoustical Society of America* 95, 3605-3616.
- Netsell, A (1969). Subglottal and intraoral air pressure during the intervocalic contrast of /d/ and /t/. *Phonetica* 20, 68-73.
- Ni Chasaide, A. (1985). *Preaspiration in phonological stop contrasts*. Ph.D. Dissertation, University College of North Wales, Bangor.
- Ni Chasaide, A. & Dochartaigh, C.O. (1984). Some durational aspects of preaspiration. *Occasional Papers in Linguistics and Language Learning* 9, 141-157.
- Odden, D. (1986). On the role of the Obligatory Contour Principle in phonological theory. *Language* 62, 353-383.

- Ohala, J.J. (1974). Phonetic explanation in phonology. *Papers from the Parasession on Natural Phonology*, 251-274. Chicago Linguistic Society.
- Ohala, J.J. & Riordan, C.J. (1979). Passive vocal tract enlargement during voiced stops. *Speech Communication Papers*, 89-92. Wolf & Klatt (eds.), New York: Acoustical Society of America.
- Ohala, J.J. (1983). The origin of sound patterns in vocal tract constraints. *The Production of Speech*, 189-216. MacNeilage (eds.), New York: Springer.
- Ohala, J.J. (1990). The phonetics and phonology of aspects of assimilation. *Papers in Laboratory Phonology I: Between the Grammar and the Physics of Speech*, 258-275. Kingston & Beckman (eds.).
- Ohala, M. & Ohala, J.J. (2000). The perception of geminates in Hindi. 7<sup>th</sup> *Conference on Laboratory Phonology*. [Abstract]. <http://www.let.kun.nl/labphon7/abstracts/p47.shtml>
- Ohala, M. (2002). Somme patterns of unscripted speech in Hindi. In *Patterns of Speech Sounds in Unscripted Communication*. IPDS. Kiel [Abstract]. <http://www.ipds.uni-kiel.de/symposium/Abstracts/MOhala.html>
- Ohala, J.J. (2003). Cours (03 septembre 2003), Disponible sur Internet : [http://trill.berkeley.edu/PhonLab/classes/ling110/PowerPoint/9sep/9\\_sep\\_03\\_aero2.ppt](http://trill.berkeley.edu/PhonLab/classes/ling110/PowerPoint/9sep/9_sep_03_aero2.ppt)
- Ouakrim, O. (1993). *Fonética y fonología del Bereber*. Thèse de Doctorat, Universitat Autònoma de Barcelona.
- Ouakrim, O. (1994). Un paramètre acoustique distinguant la gémation de la tension consonantique. *Études et Documents Berbères* 11, 197-203.
- Palmer, F.R. (1957). Gemination in Tigrinya. *Studies in Linguistic Analysis*, 139-148.
- Paradis, C. & Prunet, J.F. (1990). On explaining some OCP violation. *Linguistic Inquiry* 21, 456-466.
- Pétursson, M. (1972). La préaspiration en islandais moderne. Examen de sa réalisation phonétique chez deux sujets. *Studia Linguistica* 26, 61-80.
- 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.
- Pierrehumbert, J., Beckman, M. & Ladd, D.R. (1996). Laboratory Phonology. *Current Trends in Phonology*, 535-548. Durand & Laks (eds.), CNRS, Paris X & University of Salford, University of Salford Publications.
- Port, R., Al-Ani, S. & Maeda, S. (1980). Temporal compensation and universal phonetics. *Phonetica* 37, 235-252.



- Port, R. (1981). Linguistic timing factors in combination. *Journal of the Acoustical Society of America* 69, 262-274.
- Prasse, K.G. (1984). The origins of the vowels e and o in Touareg and Ghadamsi. *Current Trends in Afro-Asiatic Linguistics. Papers of the 3<sup>rd</sup> International Hamito-Semitic Congress*.
- Prince, A. & Smolensky, P. (1993). *Optimality Theory: Constraint Interaction in Generative Grammar*. Rutgers University Center for Cognitive Science Technical Report 2.
- Ridouane, R. (1999). *La spirantisation dans un parler berbère du Maroc (parler chleuh de Haha)*. Diplôme d'Etudes Approfondies, Université Paris 3.
- Ridouane, R. (2002a). Words without vowels: Phonetic and phonological evidence from Tashlhiyt Berber. *ZAS Papers in Linguistics* 28, 93-110.
- Ridouane, R. (2002b). Le statut de schwa en berbère chleuh. *Actes des 24<sup>e</sup> Journées d'Etudes sur la Parole*, 29-32.
- Ridouane, R. (2003). Geminate vs. singleton stops in Berber: An acoustic, fibroscopic and photoglottographic study. *Proceedings of the 15<sup>th</sup> International Conference on Phonetic Sciences*, 1743-1746.
- Ridouane, R., Fuchs, S. & Hoole, P. (A venir). Laryngeal adjustments in the production of voiceless obstruent clusters in Berber. *Proceedings of the 6<sup>th</sup> International Seminar on Speech Production*. 7-10 Décembre 2003. Sydney.
- Romero, J. (1999). The effect of voicing assimilation on gestural coordination. *Proceedings of the 14<sup>th</sup> International Congress of Phonetic Sciences*, 1793-1796.
- Rousselot, J. (1891). *Les modifications phonétiques du langage étudiées dans le patois d'une famille de Cellefrouin*. Paris.
- Saïb, J. (1974). Gemination and spirantization in Berber : diachrony and synchrony. *Studies in African Linguistics* 5, 1-26.
- Saïb, J. (1976). *A phonological study of Tamazight Berber: Dialect of the Ayt Ndhir*. Ph.D. Dissertation, University of California Los Angeles.
- Saïb, J. (1977). The treatment of geminates: evidence from Berber. *Studies in African Linguistics* 8, 299-316
- Sampson, G. (1973). Duration in Hebrew consonants. *Linguistic Inquiry* 4, 101-104.
- Sawashima, M. & Hirose, H. (1968). New Laryngoscopic technique by use of fiberoptics. *Journal of the Acoustical Society of America* 43(1), 168-169.
- Sawashima, M. (1970). Glottal adjustments for English obstruents. *Haskins Laboratories: Status Report on Speech Research* SR-21/22, 186-200.

- Sawashima, M., Abramson, A.S., Cooper, F.S. & Lisker, L. (1970). Observing laryngeal adjustments during running speech by use of a fiberoptic system. *Phonetica* 22, 193-201.
- Sawashima, M. & Ushijima, T. (1971). Use of the fiberscope in speech research. *Annual Bulletin, Research Institute of Logopedics and Phoniatrics, University of Tokyo* 5, 25-34.
- Sawashima, M. & Miyazaki, S. (1973). Glottal opening for Japanese voiceless consonants. *Annual Bulletin, Research Institute of Logopedics and Phoniatrics, University of Tokyo* 7, 1-9.
- Sawashima, M. & Miyazaki, S. (1974). Stereo-fiberscopic measurement of the larynx: a preliminary experiment by use of ordinary laryngeal fiberscopes. *Annual Bulletin, Research Institute of Logopedics and Phoniatrics, University of Tokyo* 8, 7-12.
- Sawashima, M. & Niimi, S. (1974). Laryngeal conditions in articulations of Japanese voiceless consonants. *Annual Bulletin, Research Institute of Logopedics and Phoniatrics, University of Tokyo* 8, 13-18.
- Sawashima, M., Hirose, H., Ushijima, T. & Niimi, S. (1975). Laryngeal control in Japanese consonants with special reference to those in utterance initial position. *Annual Bulletin, Research Institute of Logopedics and Phoniatrics, University of Tokyo* 9, 21-26.
- Sawashima, M., Hirose, H. & Yoshioka, H. (1978). Abductor (PCA) and adductor (INT) muscles of the larynx in voiceless sound production. *Annual Bulletin, Research Institute of Logopedics and Phoniatrics, University of Tokyo* 12, 53-60.
- Sawashima, M. & Hirose, H. (1983). Laryngeal gestures in speech production. *The Production of Speech*, 11-38. MacNeilage (eds.), New York, Heidelberg, Berlin: Springer Verlag.
- Schein, B. (1981). Spirantization in Tigrinya. *Theoretical Issues in the Grammar of Semitic Languages: MIT Working Papers in Linguistics* 3, 32-42. Borer & Aoun (eds.).
- Schein, B. & Steriade, D. (1986). On geminates. *Linguistic Inquiry* 17, 691-744
- Scobbie, J. (1992). Constraint conflict. *Declarative Phonology*. ms., University of Edinburgh, AT & T Bell Laboratories, Northwestern University, Stanford University.
- Selkirk, E. (1990). A two-root theory of length. *University of Massachusetts Occasional Papers* 14, 123-171
- Shinn, P.C. (1985). *A cross-language investigation of the stop, affricate and fricative manners of articulation*. Ph.D. Dissertation, Brown University.
- Shrotriya, N., Siva Sarma, A.S., Verma, R. & Agrawal, S.S. (1995). Acoustic and perceptual characteristics of geminate Hindi stops consonants. *Proceedings of the 13<sup>th</sup> International Congress of Phonetic Sciences*, 132-135.
- Sievers, E. (1876). *Grundzüge des Lautphysiologie*. Leipzig.

- Slis, I.H. (1971). Articulatory effort and its durational and electromyographic correlates. *Phonetica* 23, 171-188.
- Steriade, D. (1982). *Greek prosodies and the nature of syllabification*. Ph.D. Dissertation, Cambridge, Mass.: MIT.
- Steriade, D. (1997). *Phonetics in phonology: The case of laryngeal neutralization*. Ms., UCLA.
- Stetson, R.H. (1952). *Motor Phonetics*. Amsterdam: North Holland Publishing Co.
- Stevens, K.N. (1971). Airflow and turbulence noise for fricative and stop consonants: Static considerations. *Journal of the Acoustical Society of America* 50, 1180-1192.
- Stevens, K.N., Keyser, S.J. & Kawasaki, H. (1986). Toward a phonetic and phonological theory of redundant features. *Invariance and Variability in Speech Processes*, 426-463. (Perkell & Klatt eds.). New Jersey: Lawrence Erlbaum Associates.
- Stevens, K.N. & Keyser, S.J. (1989). Primary features and their enhancement in consonants. *Language* 65, 81-106.
- Stevens, K.N. (1991). Vocal-fold vibration for obstruent consonants. *Vocal Fold Physiology*, 29-36. (Gauffin & Hammarberg eds.), San Diego: Singular.
- Stevens, K.N., Blumstein, S.E., Glicksman, L., Burton, M. & Kurowski, K. (1992). Acoustical and perceptual characteristics of voicing in fricatives and fricative clusters. *Journal of the Acoustical Society of America* 91, 2979-3000.
- Stevens, K.N. (1997). Articulatory-acoustic-auditory relationships. *The Handbook of Phonetic Sciences*, 462-506. Hardcastle & Laver (eds.), Cambridge, USA & Oxford, UK: Blackwell.
- Stevens, K.N. (1998). *Acoustic phonetics*. Cambridge MA, London.
- Swadesh, M. (1937). The phonemic interpretation of long consonants. *Language* 13, 1-10.
- Tangi, O. (1991). *Aspects de la phonologie d'un parler berbère du Maroc : Ath-Sidhar (Rif)*. Thèse de Doctorat Unifié, Université Paris 8.
- Thrainsson, H. (1978). On the phonology of Icelandic preaspiration. *Nordic Journal of Linguistics* 1, 3-54.
- Trubetzkoy, N.S. (1939). *Grundzüge der Phonologie*. Travaux du Cercle linguistique de Prague VII. Traduction française, J. Cantineau, 1949, *Principes de Phonologie*, Paris, Klincksieck.
- Tsuchida, A. (1997). *The phonetics and phonology of Japanese vowel devoicing*. Ph.D. Dissertation, Cornell University.
- Vaissière, J. (1997). Phonological use of the larynx: a tutorial. *Larynx* 97, 115-126.

- Westbury, J. (1983). Enlargement of the supraglottal cavity and its relation to consonant voicing. *Journal of the Acoustical Society of America* 73, 1322-1336.
- Yadav, R. (1984). Voicing and aspiration in Maithili: A fiberoptic and acoustic study. *Indian Linguistics* 45/1- 4, 1-30.
- Yeou, M. & Maeda, S. (1995). Pharyngeal and uvular consonants are approximants: An acoustic modeling study. *Proceedings of the 13<sup>th</sup> International Congress of Phonetic Sciences*, 586-589.
- Yeou, M. (1996). *Une étude expérimentale sur des consonnes postérieures et pharyngalisées de l'arabe standard*. Thèse de Doctorat Unifié, Université Paris 3.
- Yip, M. (1989). Contour tone. *Phonology* 6, 149-174.
- 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. (1981). Laryngeal adjustments in the production of the fricative consonants and devoiced vowels in Japanese. *Phonetica* 38, 236-251.
- 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.
- Zeroual, C. (2000). *Propos controversés sur la phonétique et la phonologie de l'arabe marocain*. Thèse de Doctorat Unifié, Université Paris 8.