



HAL
open science

Etude acoustique des fricatives de l'arabe standard (locuteurs algériens)

Amel Benamrane

► **To cite this version:**

Amel Benamrane. Etude acoustique des fricatives de l'arabe standard (locuteurs algériens). Linguistique. Université de Strasbourg, 2013. Français. NNT : 2013STRAC032 . tel-01089132

HAL Id: tel-01089132

<https://theses.hal.science/tel-01089132>

Submitted on 1 Dec 2014

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

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



UNIVERSITÉ DE STRASBOURG

**ÉCOLE DOCTORALE DES HUMANITÉS
UR 1339-Linguistique, Langues et Parole (LiLPa)
ER Parole et Cognition-Institut de Phonétique de Strasbourg**

***Étude acoustique des fricatives de l'arabe standard
(Locuteurs algériens)***

THÈSE présentée par

Amel BENAMRANE

en vue de l'obtention du Doctorat de
Sciences du Langage

Spécialité : **Phonétique Générale et Expérimentale**

Sous la direction de **Monsieur le Professeur Rudolph SOCK**

Membres du Jury :

Directeur de thèse : M. le Professeur **Rudolph SOCK**, IPS & UR 1339 LILPA, ER Parole et Cognition, Université de Strasbourg.

Rapporteur 1 : M. **Pierre BADIN** Directeur de Recherches CNRS, Dept Parole et Cognition, GIPSA-lab, Grenoble.

Rapporteur 2 : M. **Yves LAPRIE** Directeur de Recherches CNRS, LORIA/Groupe Parole, Nancy.

Examinatrice 1 : Mme le Professeur **Béatrice VAXELAIRE**, IPS & UR 1339 LILPA, ER Parole et Cognition, Université de Strasbourg.

Examinatrice 2 : Mme **Mélissa BARKAT-DEFRADAS** Chargée de Recherches CNRS, Laboratoire Praxiling, Université Montpellier 3.

Décembre 2013



Remerciements

D'abord, je tiens à remercier tous ceux qui ont participé de près ou de loin pour que ce travail puisse voir le jour.

Je remercie tout le personnel universitaire administratif et pédagogique de l'Université de Strasbourg et en particulier la composante LiLPa.

J'ai l'honneur et le plaisir de remercier, particulièrement :

- La directrice de l'Institut de Phonétique, Mme le Professeur Béatrice VAXELAIRE pour son soutien et ses encouragements, notamment pendant les moments de doute ;
- Mon directeur de recherche Monsieur le Professeur Rudolph SOCK qui a veillé au bon accomplissement de ce travail, pour sa patience, sa bonne humeur et ses conseils scientifiques précieux.

Je tiens à vous remercier, vous membres du jury, d'avoir accepté d'examiner et d'évaluer mon travail : madame Mélissa BARKAT-DEFRADAS, monsieur Pierre BADIN et monsieur Yves LAPRIE.

Merci Martine TODA pour ton intérêt et ton dévouement. Tes suggestions et tes conseils étaient toujours très efficaces, lors de l'encadrement de ce travail.

Merci Marion BECHET, tu étais l'une des premières personnes qui a proposé de relire mon travail et qui s'est investie jusqu'à son aboutissement, notamment pour la réalisation des calculs statistiques.

Merci Martha pour les longues heures que tu as consacrées pour la correction du texte.

Mes remerciements et mes encouragements vont à Farah Hattab, la jeune artiste qui a réalisé la conception calligraphique (les fricatives de l'arabe) figurant sur les premières pages de cette thèse.

Merci Camille FAUTH pour tes corrections minutieuses.

Mes remerciements vont à tous les relecteurs qui ont consacré du temps pour la correction du manuscrit : Marion Béchet, Martha, Agnès, Théo, Camille Fauth, Dominique Hamm, Thomas Jauriberry et Karima.

Je remercie les six locuteurs : Nawel, Habiba, Seloua, Moadh, Abdarraouf et Sofiane qui ont accepté de faire des enregistrements, malgré l'importante longueur du corpus. Je remercie également l'ingénieur de son, Sofiane BOUZAHER, et le directeur de la radio de khenchela Lakhdar SAYEH, pour leur aide et collaboration.

Merci Monsieur le Professeur Nehmetallah ABI-RACHED d'avoir examiné mon corpus.

Mes remerciements vont à Monsieur Mohamed YEOU qui a donné son avis sur la partie de l'équation de locus.

Je remercie toute l'équipe de recherche de l'Institut de Phonétique de Strasbourg : Naïma, Hasna, Saoussan, Xuelu, Marion, Dominique, Camille, Fayssal, Saïd, Zaak, Lucie, Nourdine et Thomas, pour les moments que nous avons partagés.

Je remercie tous les membres de ma petite famille qui ont patienté pendant les heures de travail que mon engagement nécessitait. J'espère présenter un travail méritant leurs sacrifices.

Toute ma reconnaissance à celui qui était à mes côtés avec sincérité et dévouement, mon cher Kamel.

Merci mes rayons de soleil et ma joie de vivre. *Chams, Chérine et Naël.*

Chère mère ! Ta présence était ma lanterne qui éclairait mon chemin, malgré la distance.

Un grand merci pour mes sœurs et frères, toute ma famille et mes amis qui m'ont soutenue durant les années de la réalisation de ce travail. Vous êtes la source de ma force.

Enfin une pensée particulière à Mohamed, Hamza, Ahlem, Nadjat, Leila, Fadhila, Nabila, Nawel, Seloua, Nora, Sakina, Amine, Nabil, Samir, Khadijeh, Oranoos, Tareq, Saliha, et bien d'autres...

تسأل عني يا أباي؟؟؟

فإليك مني هذا العمل ثمرة آمالك...

Sommaire

INTRODUCTION GÉNÉRALE

ORGANISATION DE LA THÈSE.....	1
-------------------------------	---

ÉTAT DE LA QUESTION.....	3
--------------------------	---

CHAPITRE 1 : LANGUE ET ALPHABET ARABES.....	4
---	---

1.1 Les langues sémitiques	5
----------------------------------	---

1.2 Quelques caractéristiques phonétiques et morphologiques des langues sémitiques	6
--	---

1.3 La langue arabe	6
---------------------------	---

1.4 L'arabisation	8
-------------------------	---

1.5 Usage de l'alphabet arabe dans le monde.....	10
--	----

1.6 L'alphabet arabe	10
----------------------------	----

1.7 Le système consonantique de l'arabe standard	13
--	----

1.8 Le système vocalique de l'arabe standard	19
--	----

1.9 L'Algérie : aperçu ethnolinguistique	22
--	----

1.10 Khenchela : ville natale des locuteurs.....	23
--	----

1.11 Les fricatives de l'arabe standard	25
---	----

1.11.1 Les fricatives labiodentales.....	25
--	----

1.11.2 Les fricatives interdentes	26
---	----

1.11.3 Les fricatives alvéolaires	26
---	----

1.11.4 Les fricatives postalvéolaires.....	26
--	----

1.11.5 Les fricatives uvulaires	27
---------------------------------------	----

1.11.6 Les fricatives pharyngales	29
---	----

1.11.7 Les fricatives laryngales	30
--	----

1.11.8 Les fricatives pharyngalisées	31
--	----

1.12 Les voyelles [a] bref et [a:] long	33
---	----

CHAPITRE 2 : QUELQUES THÉORIES EN PRODUCTION DE LA PAROLE.....	34
--	----

1.2.1 Théorie Quantique de Stevens.....	35
---	----

1.2.2 Théorie de la Variabilité Adaptative de Lindblom	37
--	----

2.3 Théories de Guenther et Perkell.....	39
--	----

PARTIE EXPÉRIMENTALE	41
----------------------------	----

CHAPITRE 1 : MÉTHODE	42
----------------------------	----

1.1 Constitution du corpus	42
----------------------------------	----

1.2 Traduction du corpus de l'arabe standard au français	46
--	----

1.3 Les locuteurs	48
-------------------------	----

1.4 Enregistrement des données.....	49
-------------------------------------	----

CHAPITRE 2 : CARACTÉRISTIQUES DU BRUIT DE FRICTION : CENTRE DE GRAVITE (CoG)	
--	--

FRÉQUENTIEL.....	50
------------------	----

2.0 Introduction	51
------------------------	----

2.1 Méthode.....	53
------------------	----

2.2 Résultats	55
---------------------	----

2.2.1 Analyses de variance (ANOVA)	55
--	----

2.3.1.1 Position initiale.....	57
--------------------------------	----

2.2.1.2. Position intervocalique:.....	60
--	----

2.2.1.3. Position finale.....	63
-------------------------------	----

2.2.2 Analyse des données.....	67
--------------------------------	----

2.2.2.1 Étude du rapport CoG du bruit de friction/ locuteurs	67
--	----

2.2.2.2 Étude du rapport CoG du bruit de friction/ Lieu d'articulation	84
--	----

2.2.2.3 Étude du rapport CoG du bruit de friction/ Voisement.....	96
---	----

2.3 Discussion	106
----------------------	-----

2.4 Conclusion	117
----------------------	-----

CHAPITRE 3 : CARACTÉRISTIQUES DES FORMANTS VOCALIQUES À PROXIMITÉ DES FRICATIVES DE L'ARABE STANDARD	120
3.0 Introduction	121
3.1 Méthode	124
3.2 Résultats	125
3.2.1 Résultats des analyses de variance (ANOVA).....	125
3.2.1.1. Position initiale.....	127
3.2.1.2 Position intervocalique	135
3.2.2 Analyse des données.....	144
3.2.2.1 Locuteurs.....	144
3.2.2.2 Sexe.....	149
3.2.2.3 Trait de voisement des fricatives	157
3.2.2.4 Lieu d'articulation	160
3.2.2.5 Transitions formantiques	165
3.2.2.6 Interactions des effets.....	168
3.2.3 Distribution de la voyelle [a] brève ou [a :] longue, suivant les fricatives, dans les espaces (F1/F2) et (F3/F4).	173
3.3 Discussion	178
3.4 Conclusion	186
CHAPITRE 4 : CARACTÉRISTIQUES ACOUSTIQUES RELATIVES AUX LIEUX D'ARTICULATION ET AU TRAIT DE VOISEMENT DES FRICATIVES DE L'ARABE STANDARD	190
4.0 Introduction	191
4.1 Méthode	194
2.4.2 Résultats	197
2.4.2.1 Caractéristiques acoustiques relatives aux lieux d'articulation des fricatives de l'arabe standard : durée et intensité relative	197
2.4.2.1.1 Étude de la durée des fricatives	197
2.4.2.1.2 Étude de l'intensité relative des fricatives	207
2.4.2.2 Caractéristiques acoustiques relatives au trait de voisement : durée et harmonicité	212
2.4.2.2.1 Étude de la durée absolue des fricatives par rapport au trait de voisement.....	212
2.4.2.2.2 Étude du HNR des fricatives par rapport au trait de voisement.....	215
2.4.2.3 Caractéristiques acoustiques relatives à la pharyngalisation : fréquences de F1 et F2 des voyelles postconsonantiques.....	222
2.4.2.3.1 Résultats des analyses de variance (ANOVA)	222
2.4.2.3.2 Exemples des résultats de l'étude des fréquences de F1 et F2 pour le cas de la pharyngalisation. 223	223
2.4.3 Discussion	226
2.4.4 Conclusions	232
DISCUSSION ET CONCLUSION GÉNÉRALES	235
BIBLIOGRAPHIE	241
ANNEXES	261

INTRODUCTION GÉNÉRALE

Notre étude porte sur l'arabe standard. L'arabe dialectal est utilisé comme langue de pratique orale au sein des vingt-deux pays arabes, cependant, c'est le standard, dit aussi littéraire, qui domine à l'écrit. En outre, pour une bonne intercompréhension entre ces différents pays, l'arabe standard est l'un des moyens de communication le plus efficace. En effet, à travers les médias, notamment l'audiovisuel, la langue la plus utilisée est cette forme que nous avons choisie pour notre étude. Pour l'apprentissage de cette langue, les apprenants non arabophones rencontrent des difficultés quant à la distinction de certaines consonnes. Parmi ces dernières, les fricatives, notamment les pharyngales /ħ/ et /ʕ/, la laryngale /h/, mais également parfois les interdentes /θ/ et /ð/ et les pharyngalisées /ðˤ/ et /sˤ/. Ainsi, nous avons voulu apporter une contribution, nous l'espérons, aux recherches sur les fricatives, en général, et à celles de l'arabe, en particulier. En effet, les fricatives de l'arabe standard sont la labiodentale non voisée [f], les interdentes non voisée [θ] et voisée [ð], l'interdentale pharyngalisée [ðˤ], les alvéolaires non voisée [s] et voisée [z], l'alvéolaire pharyngalisée [sˤ], les postalvéolaires non voisée [ʃ] et voisée [ʒ], les uvulaires non voisée [χ] et voisée [ʁ], les pharyngales non voisée [ħ] et voisée [ʕ] et la laryngale non voisée [h].

Nous avons opté pour une étude acoustique, afin de relever le maximum d'indices phonétiques qui pourraient être pertinents dans la caractérisation de nos fricatives. Par ailleurs, lors de l'élaboration de notre corpus, nous avons été amenée à restreindre le contexte vocalique, afin de varier le contexte d'apparition des fricatives, à savoir en positions initiale, intervocalique et finale, vu le nombre important (14) des fricatives. De ce fait, nous avons remarqué que le nombre d'occurrences pourvues de sens est *a fortiori* plus avantageux pour le choix des voyelles [a] bref ou [a:] long que pour les voyelles [i]/ [i:] et [u]/ [u:]. De plus, nous avons estimé que la position linguale basse, requise pour la production de ces voyelles, n'imposerait pas de contraintes particulières sur la réalisation des fricatives.

Notre étude se divise en deux grandes parties. La première partie est intitulée *l'État de la question*. Dans celle-ci nous aborderons des points servant à situer et à présenter la langue arabe et son alphabet, l'objectif étant de donner quelques informations préliminaires au lecteur non avisé dans ces domaines. Ensuite, nous présenterons un aperçu de quelques courants théoriques en production de la parole. Ces courants théoriques pourraient éventuellement nous aider à mieux comprendre certains de nos résultats. Commençons

d'abord par exposer quelques travaux visant à explorer les processus employés dans la formation des fricatives de manière générale.

Selon Ladfoged et Maddieson (1996 : 137), les fricatives sont des sons pour lesquels un courant d'air turbulent est produit dans le conduit vocal. Ils peuvent être le résultat de la turbulence générée à la constriction elle-même, ou dus au jet de l'air de haute vélocité formé au niveau d'une constriction étroite qui par la suite va percuter les bords d'un obstacle, comme les dents.

“Fricative sounds are those in which a turbulent airstream is produced within the vocal tract[...] Fricative sounds may be the result of turbulence generated at the constriction itself, or they may be due to the high velocity jet of air formed at a narrow constriction going on to strike the edge of some obstruction such as the teeth.” (Ladfoged et Maddieson, 1996 : 137).

En nous appuyant sur cette description aérodynamique et articulatoire, nous avons voulu examiner les conséquences acoustiques de cette catégorie de sons : il s'agit de l'étude menée dans la seconde partie de ce travail. En effet, dans cette partie exclusivement expérimentale, il sera question, d'abord, de présenter la méthode suivie pour l'étude acoustique. En effet, nous avons suivi une démarche expérimentale en ayant recours à des enregistrements acoustiques.

Nous avons étudié les fricatives en *contextes contrôlés* (*ceteris paribus*), en les plaçant dans des mots cibles (42 verbes), eux-mêmes insérés dans une phrase porteuse courte, de manière à ce que chaque fricative soit mise dans différents entourages : en position initiale suivie de la voyelle longue [a:], en position intervocalique entre les deux voyelles [a] brève et [a:] longue, et en position finale précédée de la voyelle brève [a] (*cf.* Corpus 1, 2 et 3). Les phrases obtenues ont été répétées onze fois, par des locuteurs adultes (3 femmes et 3 hommes) âgés de 23 à 26 ans. Ces locuteurs n'avaient aucune pathologie du conduit vocal et leur audition était normale. Pour ce faire, les enregistrements sont faits à une vitesse d'élocution normale, celle de leur choix.

Nous avons voulu aussi observer le comportement acoustique des fricatives dans le cadre d'une *phrase porteuse*, afin de nous rapprocher davantage d'une situation de production spontanée. Dans ce paradigme, il était aussi question d'appréhender la robustesse ou la fragilité des fricatives de l'arabe, en mettant en exergue différents facteurs tels que les ratages de cibles consonantiques acoustiques.

Nous avons utilisé un logiciel d'analyse du signal acoustique PRAAT dont les fonctionnalités (oscillogrammes, spectrogrammes et coupes spectrales) nous ont permis d'effectuer des mesures d'ordre qualitatif dans l'objectif de faire ressortir les particularités de ces sons.

En outre, une étude quantitative (mesure de la durée de chaque fricative ainsi que la durée de son entourage vocalique) a été entamée pour confirmer nos hypothèses, d'autant plus que l'arabe est une langue à quantité.

Les enseignements phonétiques et phonologiques qui ont été tirés de nos résultats expérimentaux reposent sur des traitements statistiques, type ANOVA, obtenus à partir des dix répétitions de chaque phrase pour chaque locuteur. Ainsi, nous avons procédé à une description *synchronique* des fricatives de l'arabe standard telles qu'elles sont prononcées par un groupe de locuteurs d'une région en Algérie (la ville de Khenchela), et dans un laps de temps bien précis (2009).

L'étude acoustique est entreprise dans *les chapitres 2, 3 et 4* de la *partie expérimentale*, où nous avons suivi le chemin tracé dans le plan suivant :

- *Introduction* (Position de la problématique) ;
- *Méthode* (Méthode expérimentale des mesures) ;
- *Résultats* (Analyses des données obtenues) ;
- *Discussion* (Réponses aux constats posés à travers les résultats fournis et les résultats de la littérature) ;
- *Conclusion* (Résumé des apports de l'étude).

Dans ces trois *chapitres*, nous tenons à relever les propriétés et les caractéristiques des fricatives en ciblant leur lieu d'articulation, le trait phonologique lié au voisement, et pour certaines d'entre elles, nous aborderons aussi le phénomène de la pharyngalisation.

Dans le *chapitre 2*, nous étudierons le bruit de friction en ciblant son centre de gravité (CoG). Etant donné que le système consonantique de l'arabe est riche en lieux d'articulation, nos hypothèses seraient que le CoG fréquentiel devrait varier selon la fricative ainsi que les différents lieux d'articulation, notamment les lieux postérieurs (uvulaire, pharyngal et laryngal). Nous verrons également si le sexe du locuteur et le trait phonologique lié au voisement des fricatives a un effet sur le centre de gravité du bruit de friction.

Dans le *chapitre 3*, nous examinerons les caractéristiques phonétiques des formants à proximité des fricatives. En effet, nous verrons si les quatre premiers formants F1, F2, F3 et F4, mesurés à la jonction de la fricative et de la voyelle suivante, mais également au centre de cette dernière, ont des particularités selon le locuteur, son sexe, le voisement de la fricative, et les lieux d'articulation.

Dans le *chapitre 4*, nous compléterons les études entamées dans les *chapitres 2 et 3*, en étudiant des caractéristiques relatives aux lieux d'articulation, au voisement des fricatives et à la pharyngalisation. En effet, nous verrons si la durée, segmentale absolue et relative, varie selon les différents lieux d'articulation et selon que les fricatives sont voisées ou non voisées. Nous observerons également l'effet de l'intensité relative sur les lieux d'articulations, en portant un intérêt particulier sur les lieux postérieurs. Nous ferons également une investigation sur la mesure du HNR des fricatives, afin de voir si celui-ci contribue à la distinction entre les fricatives voisées et fricatives non voisées. Enfin, nous ciblerons l'étude des formants F1 et F2, pour voir l'effet de la pharyngalisation sur leurs fréquences.

Par ailleurs, nous tenons à nous excuser à l'avance pour le caractère rébarbatif de la présentation, rencontré parfois dans les parties *Résultats* de ces chapitres, malgré qu'elle soit, à notre avis, inévitable. En effet, nous n'avons pas voulu faire l'économie de l'exposé de certaines analyses détaillées, pour chacun des locuteurs, souhaitant ainsi vérifier la robustesse des indices phonétiques décelés.

Enfin, les principaux objectifs de cette recherche sont :

- apporter quelques éléments à la description du système phonologique de l'arabe standard, à l'aide de données empiriques ;
- contribuer à l'étude acoustique des fricatives ;
- comparer les résultats actuels avec ceux obtenus précédemment, et ce, afin d'apprécier éventuellement l'évolution de la langue à travers le temps.

L'intérêt de cette étude serait, également, de l'ordre des différentes applications. Nous pourrions citer entre autres, les linguistes qui s'intéresseraient à la phonétique ou la phonologie de l'arabe, les didacticiens spécialistes de l'apprentissage de cette langue, les ingénieurs qui s'intéressent au traitement de la parole et des sons, les informaticiens qui conçoivent des logiciels d'aide à la prononciation pour l'apprentissage des langues, mais également le domaine médical (médecins) ou paramédical (orthophonistes), si nous parlons en termes d'adaptation et de réajustement de la parole.

ORGANISATION DE LA THÈSE

Notre étude sera divisée en deux parties principales :

1. **La première partie**, où nous aborderons *l'État de la question*, est constituée de 2 chapitres :
 - **Chapitre 1** : Il sera question de descriptions articulatoires des fricatives de l'arabe standard, des notions sur les différents aspects de la langue arabe, son système consonantique et vocalique et un aperçu ethnolinguistique de la ville natale et le pays des locuteurs de cette étude ;
 - **Chapitre 2** : Nous y proposerons des résumés de quelques théories en production de la parole, auxquelles nous avons fait référence ;

2. **La deuxième partie**, nommée *Partie expérimentale*, ciblera la méthodologie :
 - **Chapitre 1** :
 - le corpus élaboré pour cette étude, ainsi que sa traduction ;
 - les fiches des locuteurs ;
 - les conditions d'enregistrement.

Nous exposerons, par la suite, les trois chapitres relatifs à l'étude acoustique des fricatives, à savoir :

- **Chapitre 2** : Caractéristiques du bruit de friction des fricatives de l'arabe standard : centre de gravité (CoG) fréquentiel ;
- **Chapitre 3** : Caractéristiques des formants vocaliques à proximité des fricatives de l'arabe standard ;
- **Chapitre 4** : Caractéristiques acoustiques relatives aux lieux d'articulation, à la pharyngalisation et au trait de voisement des fricatives de l'arabe standard : durée, intensité relative, HNR et l'effet de la pharyngalisation sur les fréquences des formants F1 F2.

Les deux parties seront appuyées par une **Introduction** et une **Conclusion générales**.

ÉTAT DE LA QUESTION

Dans cette première partie, nous présenterons deux chapitres ayant comme objectif d'aborder l'aspect théorique de notre sujet de thèse :

Chapitre 1 : Langue et alphabet arabes ;

Chapitre 2 : Quelques Théories en production de la parole.

CHAPITRE 1 : LANGUE ET ALPHABET ARABES

Dans ce chapitre, nous exposerons des notions sur la langue arabe, son origine et son système consonantique et vocalique, puis nous comparerons l'arabe standard à l'arabe dialectal et classique. Nous évoquerons également l'alphabet arabe et son utilisation actuelle dans le monde, et nous comparerons les descriptions articulatoires actuelles avec celles des anciens grammairiens. Nous présenterons ensuite le pays et la ville natale des locuteurs de cette étude. Pour terminer, nous citerons quelques descriptions théoriques des réalisations articulatoires des fricatives de l'arabe standard.

1.1 Les langues sémitiques

Les langues sémitiques anciennes, empruntant leur nom au personnage biblique *Sem*, fils de *Noé*, ont donné naissance à des formes plus diversifiées qui sont le sémitique oriental (akkadien), l'éblaïte et le sémitique occidental. Ce dernier se divise en deux groupes linguistiques, le septentrional et le méridional. Le septentrional comprend l'amorrite, l'ougartique, le cananéen et l'araméen. Quant au méridional, il se compose de l'arabe, des langues sudarabiques et des langues éthiopiennes (*i.e.* Figure 1).

Les langues sémitiques qui se parlent jusqu'à nos jours sont l'arabe (langue parlée dans plusieurs pays en Afrique du nord, au Proche-Orient, au Moyen-Orient et en Europe), l'amharique (parlé en Ethiopie), le tigrigna (parlé dans la région Tigray, dans le nord de l'Éthiopie ainsi qu'en Érythrée, qui se situe à l'ouest de l'Éthiopie), l'hébreu (parlé en Israël et à travers le monde, selon la dispersion du peuple juif) le soureth (parlé par les communautés chrétiennes et ethniques d'Irak, d'Iran, de Syrie et du sud-est de la Turquie, le néo-araméen occidental (parlé dans trois villages en Syrie), le maltais (langue nationale de Malte) et le syriaque (parlé au Proche-Orient).

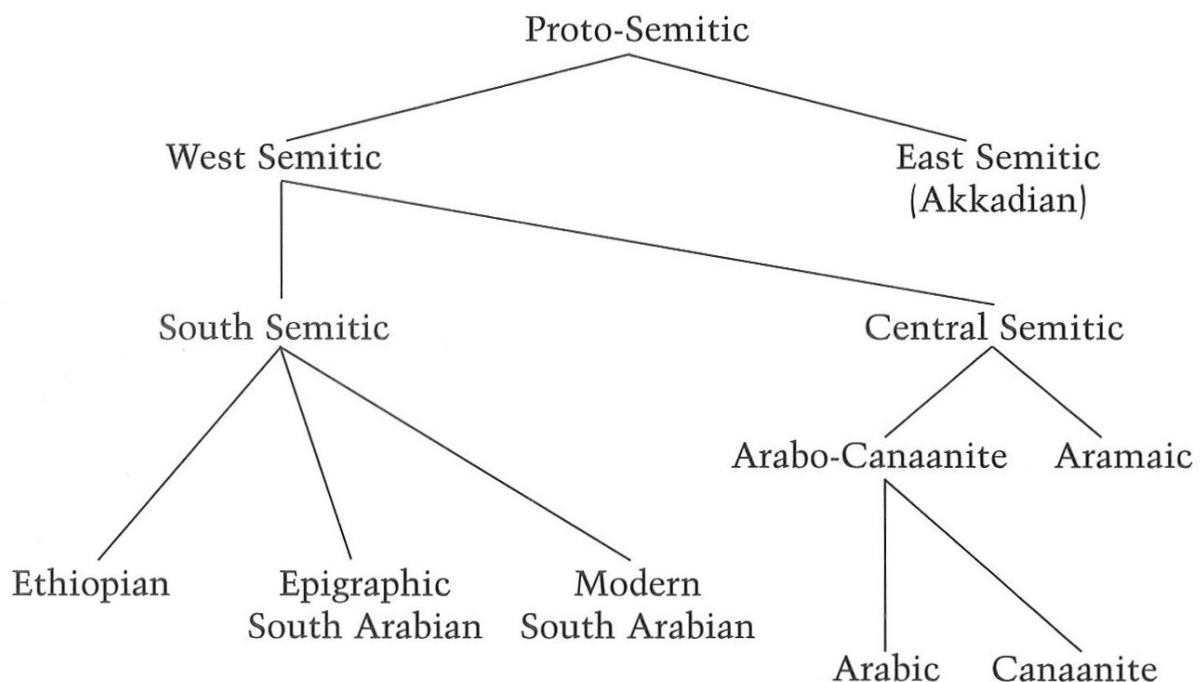


Figure 1 : Quelques langues sémitiques

Classification généalogique des langues sémitiques telle que établie par Hetzron (1976).

(Empruntée à Al-Tamimi (2007).)

1.2 Quelques caractéristiques phonétiques et morphologiques des langues sémitiques

Les langues sémitiques se distinguent des autres langues par leur écriture qui ne note généralement que les consonnes. Les voyelles sont prononcées mais ne sont pas toujours notées. Le système consonantique sémitique est frappé par la prédominance des consonnes sur les voyelles, Brockelmann (1910). Nous remarquons également qu'au sein du système consonantique sémitique, il existe plusieurs consonnes pharyngalisées et que la prédominance est aux consonnes postérieures et antérieures au détriment des consonnes centrales.

Cantineau (1960 : 15) dit que le système consonantique du sémitique possédait primitivement 31 consonnes. Il divise ces dernières en six groupes de trois consonnes qu'il nomme « triades ». Chaque triade se compose d'une consonne non voisée, une voisée et une pharyngalisée. Ce système de triades est l'une des caractéristiques du consonantisme sémitique.

Par ailleurs, nous pouvons constater que la plupart des mots sémitiques ont une racine trilitère ayant un sens fondamental. A cette base de trois consonnes, peuvent s'ajouter des préfixes ainsi que des suffixes visant à donner un nouveau sens grâce au phénomène de dérivation. Bonnot (1976 : 5) affirme qu'autour de ces racines trilitères le sens naît et se développe :

« Ces racines de trois consonnes forment l'âme du mot, le support nécessaire, tandis que les voyelles donnent la vie, l'animation. »

1.3 La langue arabe

La langue arabe puise ses racines bien avant l'ère musulmane. Toutefois, grâce au coran qui est le symbole d'unification des musulmans se répartissant dans plusieurs pays du monde, la langue s'est propagée dans le monde musulman arabophone et non arabophone. Ces pays utilisaient le coran comme référence fondamentale dans leurs pratiques et leurs croyances religieuses, d'où est apparue la nécessité de l'apprentissage de cette langue. Toutefois, cette langue classique a gardé son statut conservateur. En effet, son enseignement se fait par textes lus, découpés, décortiqués et analysés. Meillet et M. Cohen (1952 : 132)

« *L'arabe classique a tous les caractères d'une langue littéraire conservatrice.* »

De nos jours, l'accent est mis sur la pratique parlée. La langue arabe doit être active au niveau de l'oral ainsi qu'à l'écrit, d'où la naissance d'un arabe moderne (l'arabe standard). Celui-ci est la langue de l'enseignement, de l'administration et de la politique. Il devient une langue écrite et orale qui sert à l'intercommunication entre les arabophones dans les vingt-deux pays du monde arabe. Selon Tapiéro (1976), cette langue n'est pas académique comme la langue classique ; elle est plutôt souple, mais elle puise ses racines et ses structures de la langue classique. Cette langue moderne a su garder sa noblesse et son prestige. A ce propos, Cantineau (1955 : 169) dit :

« *Les Arabes ont créé, depuis le milieu du dernier siècle par un puissant mouvement de renaissance, et d'adaptation une langue classique moderne, apte à tous les usages intellectuels et en théorie, compréhensible d'un bout à l'autre du monde arabe.* »

Dufour (2009) a décrit les langues arabes en passant du classique au moderne. Il a également précisé que la langue du coran est quelque peu différente de la poésie préislamique. De plus, il a ajouté que l'arabe moderne puise ses sources de l'arabe classique et que l'utilisation de l'arabe standard devient presque obligatoire dès qu'on est face à une situation à caractère public ou officiel, mais également devant une situation d'écriture officielle.

« *La langue du coran diffère sensiblement de celle de la poésie préislamique ou de celle de la prose classique ; quant à l'arabe dit « standard » ou « moderne » d'aujourd'hui, on peut y reconnaître, sous l'apparence d'une continuité, une ère nouvelle de la langue. D'une part, en effet, tout discours ayant un caractère public ou prétendant à une certaine officialité (qu'il soit religieux, politique, didactique ou médiatique) use de l'arabe littéral (standard), dans des proportions variables. D'autre part, le passage à l'écrit implique presque automatiquement l'emploi de la langue classique. Ainsi, le journal télévisé comme la presse écrite s'exprime en arabe littéral (standard). Dans des sociétés où l'école, la télévision et l'usage de l'écrit concernent désormais le plus grand nombre, la maîtrise au moins passive de ce niveau de langue devient essentielle.* »

En Algérie, Il y a une confrontation continue de plusieurs langues coexistant ensemble. Outre l'arabe sous ses deux formes – dialectale, pratiquée seulement à l'oral et présentant des variations selon les régions, et le standard (littéraire) considéré comme langue officielle et nationale –, il y a le français considéré comme la première langue étrangère dans ce pays. Il existe également des langues berbères (le tamazight) comme le kabyle, le chaoui, le mzabi, le targui, etc., qui se pratiquent oralement dans différentes régions de l'Algérie. En réalité, ces langues sont employées selon un usage alterné de deux langues de type arabe

standard/arabe dialectal, français/arabe, berbère/français ou berbère/arabe. Pour ce qui est de l'origine des dialectes maghrébins, Ali-Bencherif (2010 : 63) explique que le métissage des Berbères et des Arabes a conduit à l'apparition d'une langue mixte et d'une variété de dialectes maghrébins. Par ailleurs, Bahloul (2009 : 258) déclare que l'arabe parlé constitue, à l'exclusion de toute autre forme d'arabe, la langue maternelle du sujet parlant arabophone. C'est la langue que parle spontanément tout arabophone, par elle s'exprime son affectif. Elle est diverse et soumise à variation selon la région, l'âge, le sexe et le milieu social du locuteur.

1.4 L'arabisation

De 1830 à 1962, l'Algérie était une colonie française. C'est ainsi que la langue française a commencé à se propager dans presque toutes les régions du pays et ce au détriment de l'arabe dialectal, l'arabe standard et toutes les formes de berbère. Après l'indépendance, il y a eu une certaine compétition entre le français et l'arabe standard. Dès lors, l'arabe standard tient à remplacer le français, et ce dans tous les pays du Maghreb.

En Algérie, la langue arabe standard a été adoptée dans tous les domaines surtout dans l'enseignement et l'administration. Grâce à cette solution, l'arabe n'est plus réservé à une élite d'intellectuels, mais il est devenu accessible aux jeunes. En effet, au sujet de l'arabisation dans l'enseignement, Thiry (1985 : 119) était optimiste car il trouvait que les jeunes, dès l'âge de douze ans, arrivaient à s'exprimer avec spontanéité en arabe standard moderne (*MSA = Modern Standard Arabic*), langue qu'ils ont apprise à l'école, même si cette dernière n'est pas au même niveau de facilité que leur langue maternelle, qui est l'arabe dialectal ou le berbère. L'avenir de l'arabe standard moderne est donc prometteur.

« L'avenir n'est cependant pas aussi sombre qu'il y paraît. L'arabisation que connaissent les pays arabes dans tous les domaines, surtout celui de l'enseignement, permet aux jeunes, dès l'âge de douze ans de s'exprimer correctement en MSA, qui reste une langue apprise et que sa promotion au rang de langue maternelle n'est pas pour demain, mais il est clair aussi que sa pratique ininterrompue dès l'école primaire lui donne une spontanéité qui permet à ses locuteurs d'en user avec facilité, sinon entre eux, du moins avec les étrangers. »

Néanmoins, nous estimons que dans les années à venir, il y aurait une évolution dans l'emploi de la langue standard moderne (MSA) puisque les jeunes parleraient cette dernière avec plus de facilité et de spontanéité entre eux, mais également avec les personnes venant

des autres pays arabes. Par ailleurs, nous pensons également que grâce à des chaînes télévisées comme « *Al Jazeera* » ou « *Iqraa* » ou actuellement la version en arabe de « *France 24* », l'arabe standard moderne unifie la langue, notamment celle de la compréhension de l'oral des arabophones.

En Algérie, l'article 3 de la constitution du mois de février 1989 formulait que « *l'arabe est la langue nationale et officielle* » du pays. Depuis ce jour, cet article a permis la continuation de la politique légitime d'arabisation dans le pays. Cependant, la Constitution de 1989 a été modifiée le 28 novembre 1996 lors d'un référendum, et est entrée en vigueur le 7 décembre 1996. Cette dernière fait mention de *l'amazighité* (berbérité) comme une des «composantes fondamentales» de l'identité algérienne avec «l'islam et l'arabité».

Au niveau de la technologie et des réseaux sociaux, l'emploi de l'arabe, par les jeunes algériens au lieu du français, a connu une augmentation considérable la dernière décennie, ce qui prouve que la mise en pratique de la politique d'arabisation a porté ses fruits. A ce propos, le président du Conseil Supérieur de la Langue Arabe (CSLA), Ould Khalifa affirme, dans le quotidien national d'information « *Réflexion* » du 11 Avril 2012, à Alger, que « *Le nombre d'utilisateurs de la langue arabe en tant que langue fédératrice sur Internet a doublé en 10 ans.* »

En ce qui concerne le choix de la langue arabe, sa pratique et le statut qu'on lui a attribué en Algérie depuis l'indépendance, Boucherit (2004 : 65) a noté : «*De l'indépendance de l'Algérie à nos jours, la langue arabe a été considérée comme l'expression de la souveraineté, de l'identité et de l'unité de la Nation. Quarante ans après l'indépendance, les différences linguistiques et culturelles devraient pouvoir être considérées non comme des facteurs de désunion mais de rassemblement dans le cadre d'un Etat où coexisteraient les composantes arabes et berbères de la Nation et où se verrait assumer le passé colonial sous tous ses aspects, négatifs et douloureux, mais aussi positifs et, en ce sens, la langue pourrait être vue comme un moyen d'ouverture au monde* ».

Par ailleurs, Bencherif (2009 : 60) a expliqué que le phénomène d'arabisation en Algérie est une forme que les autorités algériennes ont adoptée après l'indépendance, afin de tout algérianiser et que malgré cela, le français a su garder un rôle dans la vie socio-économique des Algériens. Ainsi, il a déclaré que : « *L'adoption, après 1962, de la politique linguistique de l'arabisation est un des processus qui a vu l'arabe classique devenir une langue nationale et officielle (Grand Guillaume,*

1983 : 12). *Ce processus visait à donner à la langue arabe un statut hégémonique au sein de la société algérienne tout en essayant de conserver quelques héritages de la colonisation en accordant le statut de langue "étrangère privilégiée" au français. Malgré la politique engagée, il fût impossible de dénier au français son rôle dans la vie socio-économique comme langue de promotion pour beaucoup d'Algériens (Grand Guillaume, 2002 : 147). »*

1.5 Usage de l'alphabet arabe dans le monde

Comme le coran est écrit en arabe, les musulmans non arabophones devaient connaître l'alphabet pour pouvoir l'écrire ou le lire. Ainsi, l'islam a beaucoup aidé à la propagation de l'alphabet arabe. Ainsi, plusieurs langues qui n'ont pas une parenté avec cette langue utilisent cet alphabet. Citons l'exemple des langues indo-européennes, comme : le persan, le kashmiri (langue indienne parlée au Cachemire, région partagée entre l'Inde, le Pakistan et la Chine), le sindhi (langue indo-aryenne, de la région du Sindhi, parlée par des Pakistanais et des Indiens), ou encore l'ourdou et le kurde qui utilisent l'alphabet arabe. N'oublions pas le turc, langue qui a utilisé l'alphabet arabe du 8^{ème} siècle jusqu'en 1928, date à laquelle le premier président de la république turque, Mustapha Kamel Atatürk, a remplacé l'alphabet arabe par l'alphabet latin. Néanmoins, certaines modifications et rajouts ont été appliqués à cet alphabet afin d'adapter le système phonologique pour ces langues. Par exemple le son [p] n'existe pas en arabe mais existe en persan. Pour sa transcription, on a choisi la lettre qui se rapprochait le plus du son [p], on a donc opté pour le son [b] et on a ajouté à la lettre deux points ; l'opération a donné le signe **پ** avec trois points en dessous au lieu du signe **ب** qui s'écrit avec un seul point. Des recherches datant du XIXe siècle ont pu démontrer que certaines langues d'Afrique de l'ouest, notamment le haoussa, avaient leurs premiers poèmes écrits en alphabet arabe adapté aux langues africaines « *Ajami* ».

1.6 L'alphabet arabe

Le plus ancien texte qui montre l'existence de l'écriture arabe a été découvert à En-Némara près de Damas. Il date de l'an 328 après J. Christ et consiste en un texte ornant le tombeau d'un roi arabe. Dans ce texte figurait le nom des arabes en particulier la racine [**ʔrb**].

Selon Brockelmann (1910), l'écriture arabe est empruntée aux Nabatéens et transmise, par la suite, à tous les peuples qui se convertissaient à l'Islam.

Au 8^{ème} siècle, des points ont été ajoutés en dessous ou au-dessus de certaines lettres arabes afin de différencier les sons. Dès lors, l'ordre de l'alphabet a été changé, il ne suit plus l'ordre traditionnel des autres alphabets sémitiques, dit ordre levantin. Actuellement, l'ordre le plus fréquent est un « *abjad* ». Le terme *abjad* provient de l'adjonction des quatre premières lettres de l'alphabet arabe historique, c'est-à-dire : ا[ʔalif], ب[ba:ʔ], ج[zi:m] et د [da:l] (أبجد)). Les principaux *abjad* sont les alphabets suivants : l'alphabet arabe, hébreu, phénicien, nabatéen, samaritain, syriaque, etc. La majorité de ces *abjads* ont une origine sémitique. Dans ces alphabets, il est possible de deviner la place et le timbre des voyelles en connaissant les règles de grammaire. Ainsi, les voyelles sont prononcées lors de la lecture mais ne sont pas toujours notées car, arrivé à un certain niveau de connaissance de la langue, le lecteur arrive à reconnaître les mots et applique certaines règles de grammaire, ce qui lui permet de lire correctement. Dans de tels systèmes consonantiques, nous parlons d'écriture déficiente, *scriptio defectiva*, car la plupart du temps, la graphie est incomplète et nécessite du lecteur une connaissance préalable du mot. Par conséquent, il n'existe que peu d'*abjads* « purs ».

Comme l'écriture arabe est un *abjad* qui ne note que les consonnes, elle est appelée consonantique. Elle est, comme le confirme Février (1959 : 32) la seule écriture consonantique encore utilisée avec l'écriture hébraïque. Par conséquent, le lecteur doit connaître la structure de la langue pour restituer les voyelles. Il doit également comprendre pour mieux lire. A ce propos Furayha (1955 : 2) dit :

« *Nous sommes le seul peuple qui doit comprendre pour lire, tous les autres peuples de la terre lisent pour comprendre.* »

Quant à Cantineau (1960), il considère cela comme un des grands défauts de l'écriture arabe, car pour lui, elle reste ainsi, en quelque sorte une sténographie. Notons toutefois que, dans les textes destinés aux apprenants débutants de l'arabe et dans les manuscrits religieux notamment pour le Coran, les textes sont nécessairement pourvus de tous les signes diacritiques assurant ainsi une lecture exacte et évitant toute ambiguïté sémantique.

Par ailleurs, le système vocalique de l'arabe est constitué de voyelles brèves qui prennent la forme de diacritiques en s'écrivant en-dessous ou au-dessus des consonnes. En revanche, les voyelles longues sont marquées par le diacritique de la brève équivalente suivie d'une semi-consonne jouant un rôle vocalique. En outre, d'autres signes d'emploi rare sont utilisés pour la lecture, notamment les signes qui servent pour le *tajwîd* (lecture psalmodiée

du Coran). Contrairement aux autres alphabets, l'arabe s'écrit horizontalement mais de droite à gauche. La plupart des lettres s'attachent même en imprimerie. Il n'existe pas de lettres minuscules et de lettres majuscules. Cet alphabet comprend 29 lettres fondamentales, 28 si on exclut une consonne qui s'appelle *l'alif*. En effet, Bonnot (1976 : I, 55) explique :

« Il est difficile aujourd'hui de considérer l'alif comme une consonne, il s'agit en fait d'un signe graphique, destiné à supporter une voyelle, elle-même souvent précédée de l'occlusive glottale nommée hamza. »


Nous présentons ci-dessous un tableau qui comporte les consonnes de l'arabe, nous aurons de gauche à droite, la transcription API de la consonne, la lettre arabe dans trois positions du mot (finale, médiane, initiale), le son en position isolée et enfin la dénomination de la lettre correspondante (*cf.* Tableau 1).

Tableau 1 : Les consonnes de l'arabe standard

Transcription API	Position finale	Position médiane	Position initiale	Position isolée	Nom de la lettre
[ʔ]	ء	أ	إ	ء	hamza
[aː]	ا	ا	ا	ا	[ʔalif]
[b]	ب	ب	ب	ب	[baːʔ]
[t]	ت	ت	ت	ت	[taːʔ]
[θ]	ث	ث	ث	ث	[θaːʔ]
[s]	س	س	س	س	[siːm]
[h]	ح	ح	ح	ح	[haːʔ]
[χ]	خ	خ	خ	خ	[χaːʔ]
[d]	د	د	د	د	[daːl]
[ð]	ذ	ذ	ذ	ذ	[ðaːl]
[r]	ر	ر	ر	ر	[raːʔ]
[z]	ز	ز	ز	ز	[zaːj]
[s]	س	س	س	س	[siːn]
[ʃ]	ش	ش	ش	ش	[ʃiːn]
[sʰ]	ص	ص	ص	ص	[sʰaːd]
[dʰ]	ض	ض	ض	ض	[dʰaːd]
[tʰ]	ط	ط	ط	ط	[tʰaːʔ]
[zʰ], [ðʰ]	ظ	ظ	ظ	ظ	[ðʰaːʔ]
[ʕ]	ع	ع	ع	ع	[ʕayn]
[w]	غ	غ	غ	غ	[wajn]
[f]	ف	ف	ف	ف	[faːʔ]
[q]	ق	ق	ق	ق	[qaːf]
[k]	ك	ك	ك	ك	[kaːf]
[l]	ل	ل	ل	ل	[laːm]
[m]	م	م	م	م	[miːm]
[n]	ن	ن	ن	ن	[nuːm]
[h]	ه	ه	ه	ه	[haːʔ]
[w]	و	و	و	و	[waːw]
[j]	ي	ي	ي	ي	[jaːʔ]

Les voyelles de l'arabe standard

Le système vocalique de l'arabe standard est très simple. Il est constitué de trois voyelles

brèves :  et trois voyelles longues : ا و ي

1.7 Le système consonantique de l'arabe standard

Le système consonantique des langues sémitiques et en particulier de l'arabe est caractérisé, outre les consonnes habituellement présentes dans la plupart des systèmes consonantiques des langues du monde (Maddieson et Ladfогed, 2007), par les consonnes pharyngales, laryngales et les consonnes pharyngalisées. Ces consonnes ont été classées par

les anciens grammairiens arabes, comme Sibawayhi (750 après J. C), Al-Zamakhshari (1074) et Ibn-Ya'ish (553 après J. C), selon 16 lieux d'articulation. Cantineau (1960 : 19-20) nous les reporte ainsi : «

1) Dans la partie la plus reculée de la gorge (le larynx) se réalisent : **ʔ, h** et **alif** ;

2) Dans la gorge moyenne (le pharynx) : **ħ, ħ** ;

3) Dans la partie antérieure de la gorge : **ʕ, ʕ** ;

Les consonnes citées dans ces trois groupes sont appelées : « *halqiya* », c'est-à-dire gutturales.

4) Dans la partie postérieure de la langue et dans la partie du palais « haut » qui est au-dessus d'elle se réalise : **q** ;

5) Dans les parties de la langue et du palais « haut » un peu moins en arrière : **k** ;

Ces deux consonnes sont appelées « *lahawiya* » (uvulaires)

6) Dans la région médiane de la langue et du palais « haut » : **ʒ, ʃ, y** ;

Ces trois consonnes sont appelées « *shajriya* » ou consonnes de l'ouverture de la bouche.

7) Dans le bord antérieur de la langue et des dents molaires : **d^ʃ** ;

8) Dans tout le bord antérieur de la langue, la partie antérieure du palais « haut », les petites molaires, les canines, les incisives : **l** ;

9) Avec la pointe de la langue et les incisives est réalisé : **n** ;

10) Un point d'articulation analogue, quoiqu'un peu plus en arrière sur le dos de la langue, et se rapprochant de celui du lam : **r** ;

Les trois consonnes l, n, r sont appelées « *dhalqiya* » ou « *dhawlaqia* » (consonnes prononcées avec la pointe de la langue.)

11) Avec la pointe de la langue et les alvéoles des incisives : **t^ʃ, d, t** ;

Ces trois consonnes sont appelées « *niṭiya* » ou prépalatales.

12) Avec la pointe de la langue et la partie supérieure interne des incisives : **z, s, s^ʃ** ;

Ces trois consonnes sont appelées « *assaliya* », consonnes prononcées avec la pointe de la langue effilée.

13) Avec la pointe de la langue et les bords des incisives : **ḏ^ʃ, ḏ, θ** ;

Ces consonnes sont appelées « *lithawiya* » ou gingivales.

14) Avec la lèvre inférieure et les incisives : **f** ;

15) Avec les deux lèvres : **b, m, w** ;

Ces quatre consonnes f, b, m, w, sont appelées « *shafawiya* » ou labiales.

16) *Des narines : n léger (nasalisation).* »

Nous remarquons que l'analyse des anciens grammairiens ressemble quelque peu à celle effectuée de nos jours. En effet, ces derniers utilisaient dans leurs descriptions, la terminologie relevant du domaine de l'articulatoire comme la langue, les dents, les lèvres, le palais, etc. Ils précisaient également, selon le son qu'ils décrivaient de quelle partie, par exemple, de la langue, il s'agissait : l'apex, le dos (*dorsum*) ou la racine (*radix*). En outre, les grammairiens anciens classaient les sons selon leur lieu d'articulation ou leur mode d'articulation. Parmi ces grammairiens, nous avons choisi de citer Sibawayhi, car il est l'auteur du livre fondateur de la grammaire arabe, intitulé « *al-kitab* ». En effet, son livre représente une des plus anciennes systématisations connues pour les grammairiens des époques ultérieures. Toutefois, Sibawayhi se référait dans son livre à d'autres grammairiens arabes qui l'ont précédé comme son maître Al-Khalil (791 après J.-C), Ibn-Ishaq (736 après J.-C), etc., lesquels connaissaient déjà la syntaxe, la morphologie et la phonétique. Si nous prenons comme exemple la phonétique, Sibawayhi a fait une description articulatoire des consonnes de l'arabe, mais il a porté plus de précisions en ce qui concerne les lieux d'articulation que son maître Al-Khalil (791 après J.-C). Ainsi, *Al-kitab* n'est pas le résultat d'un travail individuel mais il prenait sa source dans des analyses antérieures. A ce propos Métoui (1989 : 28) dit :

« *Cette œuvre est tout à la fois l'aboutissement des efforts antérieurs et le point de départ de toute réflexion ultérieure.* »

Dans son livre *Al-kitab*, Sibawayhi a consacré un chapitre à la phonétique. Il y a classé les sons selon leur lieu d'articulation. Il a fait des remarques importantes sur leurs modes d'articulation. Il a également étudié l'assimilation consonantique et a donné des notions sur la durée vocalique et les altérations du timbre des voyelles. Selon le maître de la grammaire arabe, le son est véhiculé par le souffle qui vient de la gorge, traverse la bouche et avant de passer entre les lèvres, il est modelé par des consonnes. Ces dernières sont réalisées dans 16 zones (*cf.* citées en-dessous). En se fondant sur les données de Sibawayhi, A. Roman (1983 : 49) décrit les consonnes postérieures ainsi :

« *Trois d'entre elles se situent dans la gorge ; dans sa partie la plus reculée, se réalisent le hamza [ʔ], le ha [h] et le alif [a:]; dans sa partie moyenne le ayn [ʔ] et le haa [h] ; dans sa partie la plus proche de la bouche le ghayn [ɣ] et le khaa [χ]* »

C'est en se fondant sur l'étude phonétique des grammairiens arabes anciens que commencèrent des recherches phonétiques sur l'arabe. En effet, la classification des consonnes de l'arabe de Cantineau (1960 : 19) ressemble à celle des anciens grammairiens

arabes, mais elle comporte plus de précision. Elle se réduit à 9 lieux d'articulation au lieu de 16. Elle est représentée de la manière suivante :

- « 3 bilabiales : *b, m, w* ;
- 1 labiodentale : *f* ;
- 3 interdentes : *θ, ð, ð^ʕ* ;
- 7 dentales : *t, d, t^ʕ ou d^ʕ, n, s, z, s^ʕ* ;
- 6 prépalatales : *ʒ, ʃ, j, r, l, d^ʕ* ;
- 1 postpalatale : *k* ;
- 3 vélaires : *q, χ, ʁ* ;
- 2 pharyngales : *ħ, ʕ* ;
- 2 laryngales : *ʔ, h*. »

Si nous procédons à la comparaison des lieux d'articulation cités par les anciens grammairiens, comme Sibawayhi (8^{ème} siècle), et ceux cités par Cantineau (1960), nous remarquons tout d'abord que les grammairiens arabes ont énuméré 29 consonnes, alors que Cantineau n'en admet que 28. *L'alif* ne figure pas dans sa liste car, pour lui, il ne s'agit pas d'une consonne, mais d'un support. Par ailleurs, les anciens grammairiens commencèrent par les consonnes qui se produisent dans la partie la plus reculée du conduit vocal, c'est-à-dire du larynx jusqu'aux lèvres, en passant par le palais. Cependant, Cantineau présente ses consonnes dans le sens inverse, c'est-à-dire des lèvres jusqu'au larynx.

Les anciens grammairiens Cantineau (1960) se rejoignent pour les lieux d'articulation des 3 bilabiales [b, m, w], de la labiodentale [f], des 3 interdentes [θ, ð, ð^ʕ], des 3 prépalatales [ʒ, ʃ, j], de la postpalatale [k], des 2 pharyngales [ħ, ʕ] et des 2 laryngales [ʔ, h]. Cependant, pour le reste des consonnes, ils ont quelques divergences. Si nous citons à titre d'exemple les consonnes [t, d, t^ʕ, n, s, z, s^ʕ], Cantineau les classait parmi les dentales, or les anciens grammairiens classaient [t, d, t^ʕ] parmi les prépalatales, le [n] parmi les nasales et les [z, s, s^ʕ] parmi les arquées. D'autre part, Cantineau classait [ʒ, ʃ, j, r, l, d^ʕ] parmi les prépalatales, mais les anciens grammairiens classaient [ʒ, ʃ, j] parmi les prépalatales, [r, l] parmi les apicales, et [d^ʕ] parmi les arquées. Toutefois, la description des anciens grammairiens du [d^ʕ] reste obscure. En ce qui concerne le [k], Cantineau le classait comme une postpalatale et les anciens le considéraient comme une uvulaire. Cantineau classait les [q, χ, ʁ] comme des vélaires. Cependant les anciens considéraient le [q] comme une uvulaire et [χ, ʁ] comme des gutturales.

Dans le but de comparer les travaux de Cantineau (1960) et le système consonantique de l'arabe, tel que nous le concevons aujourd'hui, nous avons choisi de présenter ce dernier sous forme de tableau comportant les modes et les lieux d'articulation des consonnes. Cependant, nous tenons à signaler que la terminologie utilisée pour caractériser les consonnes diverge d'un auteur à l'autre et d'une époque à l'autre. Afin d'éviter toute ambiguïté, nous avons préféré utiliser comme référence l'Alphabet Phonétique International (API) révisé en 1995. Dans les cellules du *tableau 2*, les sons sont notés par rapport au trait phonologique du voisement (sourde puis voisé). Dans la première ligne, ils sont transcrits en alphabet phonétique international (API). La position à droite est réservée aux consonnes voisées, la position à gauche aux consonnes sourdes et la troisième position concerne les consonnes pharyngalisées.

Tableau 2 : Le système consonantique de l'arabe standard

Consonnes	Bilabiales	Labiodentales	Interdentales	Dentales	Alvéolaires	Postalvéolaires	Palatales	Vélares	Uvulaires	Pharyngales	Glottales	
Occlusives	b			t-d				k	q		ʔ	
				d ^s								
Nasales	m				n							
Fricatives	f		θ-ð		s-z	ʃ-ʒ				χ-ʁ	ħ-ʕ	h
			ð ^s		s ^s							
Vibrantes					r							
Approximantes							j	w				
Latérales						l						

En comparant les descriptions faites par Cantineau et celles que nous proposons dans ce travail s'inspirant de l'Alphabet Phonétique International et vérifiées par certaines données de la littérature, Maddieson (1984 : 310), nous avons remarqué que la description des lieux d'articulation que nous avons adoptées rejoignent souvent celles données par Cantineau. En effet, elles sont proches de sa description dans plusieurs cas et en divergent dans peu. Ainsi le [w] est classé avec les bilabiales chez Cantineau et se classe, pour nous, avec les vélares

quoique nous confirmions qu'il y a une protrusion des lèvres lors de sa réalisation. A ce sujet Fleisch (1961 : 53) dit :

« Pour une même consonne, il peut se produire en même temps en des endroits différents (...) deux constrictions, c'est le cas du waw : constriction des deux lèvres et constriction au niveau du commencement du voile du palais. »

Quant aux sibilantes [s, z, s^ʕ], elles se classaient parmi les dentales pour Cantineau, et se classent avec les alvéolaires, pour nous. Les consonnes [ʃ, ʒ, j, r, l, d^ʕ] sont considérées comme des prépalatales pour Cantineau. Cependant, pour nous, et suivant des descriptions attestées dans la littérature actuelle Maddieson et Ladfoged (2007), [ʃ, ʒ] sont des postalvéolaires, [j] est une palatale, [r] est une alvéolaire et [d^ʕ] est une dentale. Quant au [k] considéré par Cantineau comme une postpalatale, nous le classons avec les vélares. Nous remarquons que les lieux d'articulation prépalatal/ palatal ainsi que prépalatal/ postalvéolaire, mais également postpalatal/ vélaire sont proches au niveau de leurs zones de rétrécissement. Par conséquent, il ne s'agit là que de simples réajustements des termes retenus suivant les données articulatoires attestées dans la littérature. Toutefois, il faudrait signaler que le lieu d'articulation d'une consonne peut dépendre également de son entourage vocalique ou consonantique.

Les anciens grammairiens n'ont pas cité les cordes vocales et leur rôle dans la sonorité. Cependant, ils ont fait l'opposition entre les consonnes non voisées « *mahmoussa* », et les voisées « *majhoura* ». Les consonnes « *majhoura* », selon eux, sont au nombre de 19 : l'alif support de *hamza*, ʔ, ʕ, ʁ, q, ʒ, j, d^ʕ, l, n, r, d, z, ɖ^ʕ, ð, b, m, w, t^ʕ. Quant aux « *mahmoussa* », elles sont au nombre de dix : f, θ, t, s, s^ʕ, ʃ, k, χ, ħ, h. Comme nous pouvons le remarquer cette classification correspond aux consonnes voisées, puis non voisées. Néanmoins, pour Cantineau (1960) la combinaison « *majhoura/mahmoussa* » correspondrait à une corrélation de pression. Nous rejoignons encore une fois le classement donné par Cantineau (1960 : 21), au sujet du voisement :

➤ « Les consonnes voisées : b, m, w, d, ð, ɖ^ʕ, n, z, ʒ, j, r, l, d^ʕ, (q), ʁ, ʕ. »

➤ « Les consonnes non voisées : f, θ, t, t^ʕ, s, s^ʕ, ʃ, k, q, χ, ħ, ʔ, h. »

Nous remarquons que les anciens grammairiens classaient le [ʔ, t^ʕ, q] parmi les voisées, alors que Cantineau les classait parmi les non voisées hormis la consonne [q] qui pourrait être voisée. Cantineau (1960) expliquait que l'alif était souvent allié au [ʕ], c'est ce qui a fait que les anciens grammairiens le considéraient, à tort, comme une voisée. Quant aux [t^ʕ, q], ils

auraient pu être prononcés dans une partie de l'arabe ancien comme des voisées. Toutefois, Maddieson (1984 : 310), classait ces trois consonnes parmi les non voisées.

1.8 Le système vocalique de l'arabe standard

Le système vocalique de l'arabe standard est très simple. Il est le résultat d'un prolongement du système vocalique sémitique. Il est réduit à trois voyelles brèves et trois voyelles longues. Au niveau orthographique, les voyelles brèves sont notées sous forme de diacritiques qui se placent en-dessous ou au-dessus des consonnes ; l'absence de voyelle est indiquée par le signe « *soukoun* », un diacritique sous forme de rond qui se met sur la consonne. Ces signes et encore d'autres ont été inventés par les grammairiens arabes seulement au VIII^{ème} siècle afin de faciliter la lecture, mais également pour rassembler et fixer les différentes lectures du coran qui divergeaient à l'époque des khalifes et qui risquaient d'induire de fausses interprétations du coran. Quant aux voyelles longues, elles sont notées à partir de lettres qui font partie du corps du mot. En arabe, chaque signe que ce soit une lettre ou un diacritique représente un son ou un trait phonétique particulier. A ce sujet Bonnot (1976 : 25) donne des exemples :

« L'arabe possède une écriture très bien adaptée à son phonétisme. Chaque signe, ou presque, représente un son ou une particularité importante, comme la quantité vocalique la gémination, ce dernier signe appelé « shadda » a été inventé par les grammairiens. »

Les résultats obtenus par Cantineau (1960 : 91, 92) au sujet du système vocalique de l'arabe standard nous semblent cohérents, d'où l'intérêt de les présenter. Ils démontraient que ce système est limité à trois timbres i, a, u avec une opposition de quantité. Cantineau (1960) le représentait sous forme d'un système triangulaire présenté dans cet ordre: [a, u, i] et ā [a:], ū [u:], ī [i:]. Toutefois, nous notons que sa représentation de l'espace vocalique est inhabituelle puisqu'il présente les voyelles de petite aperture en bas du triangle.

Cantineau (1960 : 91) dit que ce système triangulaire est le produit de la combinaison des classes de localisation et des degrés d'aperture des voyelles mentionnées. Il explique que l'arabe possède deux classes de localisation :

- les voyelles postérieures arrondies : [u], [u:] ;
- les voyelles antérieures étirées : [i], [i:] ;
- et d'après lui, les voyelles [a] et [a:] sont médianes. Elles seraient phonologiquement hors des classes de localisation.

Signalons, toutefois, que pour la production d'une voyelle [a], quelle qu'elle soit, l'abaissement mandibulaire maximal provoque une translation de la masse de la langue vers la partie pharyngale du conduit vocal, d'où la nécessité de considérer une telle voyelle comme une production postérieure.

Il ajoute que l'arabe possède également deux degrés d'aperture :

- les voyelles fermées : [i], [i:] et [u], [u:] ;
- les voyelles ouvertes : [a] et [a:].

Par ailleurs, il signale qu'il n'y a pas de voyelles nasales et il évoque la durée et signale que l'arabe standard possède deux durées vocaliques qui sont d'une très grande importance pour le rythme de la langue. :

- les voyelles brèves : u, a, i ;
- les voyelles longues : ū [u:], ā [a:], ī [i:].

Pour les grammairiens arabes, la voyelle brève est nommée « *haraka* » qui veut dire *mouvement*. Il s'agit donc du mouvement de la consonne qui précède phonétiquement cette voyelle, mais à laquelle cette voyelle est étroitement liée. En arabe, cette consonne est appelée [*ḥarf mutaḥarik*], c'est-à-dire consonne en mouvement. Cependant la consonne qui n'est pas suivie de voyelle est appelée [*ḥarf sa:kin*], qui veut dire consonne immobile. Le mouvement pourrait également qualifier la position des lèvres puisque le mot « Fath » veut dire en arabe *ouverture*, le mot « Kasr » ou « jar » veut dire *étirement* et le mot « Damm » veut dire *rapprochement*.

Les grammairiens arabes distinguent trois voyelles brèves « *harakat* » :

- *Fatha* = َ[**a**]
- *Kasra* = ِ[**i**]
- *Damma* = ُ[**u**]

Quant aux voyelles longues, elles sont le résultat de la combinaison entre une voyelle brève et une des semi-voyelles [y], [w] ou bien la voyelle [a] et l'*alif*. Ainsi :

[u:] = u +w

[i:] = i +j

[a:] = a + alif

Les voyelles longues peuvent se prononcer ultra-longues. En effet, la mesure de durée de ces voyelles est remarquablement plus longue qu'habituellement. Ce phénomène appelé « *al-mad* » est surtout utilisé lors des récitaions coraniques (*tajwid*). Il existe également des voyelles ultra-brèves provoquant ainsi le phénomène d'« *ishmam* ». Il s'agira là d'une

réalisation prosodique plus que phonologique. En ce qui concerne les voyelles longues, Fleisch (1961 : 232) expliquait que l'expression « *hourouf al-mad* » ne veut pas dire *lettre de prolongation*, qui comprend un sens d'allongement de quantité, mais plutôt un sens de *flux continu* qui s'écoule sans frottement contre les organes articulatoires. Ainsi, il appelle les voyelles longues les continues. Nous sommes du même avis que Fleisch sur la description qu'il donne à ces lettres, quant à la continuité dans l'écoulement du flux d'air lors de l'articulation, car celle-ci ressemble à la description des voyelles. Cela explique le classement de ces lettres parmi les voyelles même si elles se notent graphiquement comme des consonnes. Cependant, nous préférons garder également la seconde signification qui serait celle de prolongation où l'allongement quantitatif est impliqué, car elle reflète bien le sens de voyelles longues.

Sock (1998 : 330) mentionne que la durée vocalique ne dépend pas seulement de facteurs intrinsèques mais qu'elle peut également varier selon l'entourage consonantique et notamment la consonne qui suit.

« Les données analysées ici pour l'arabe marocain, ainsi que celles attestées pour l'arabe koweïtien et l'arabe tunisien (Delattre et al., 1989) suggèrent que la consonne postvocalique apporte aussi une contribution significative à l'opposition de quantité vocalique. »

A ce sujet, Djeradi (1991) confirme dans son étude acoustique quantitative des fricatives pharyngales et laryngales de l'arabe, que l'opposition de quantité vocalique ne dépend pas seulement de la différence intrinsèque de la durée de la voyelle mais également de la variation de la durée des consonnes qui l'entourent.

Par ailleurs, Bonnot (1976 : 06) dit à propos de la fonction des voyelles :

« Les voyelles animent la racine et caractérisent par leurs combinaisons variées tant de formes verbales que diverses catégories de noms. »

Pour illustrer cette citation, nous prenons à titre d'exemple la racine trilitère *ktb* = كَتَبَ notée sans voyelles. Celle-ci pourrait avoir plusieurs sens, mais également plusieurs formes syntaxiques ; tout dépend de la phrase dans laquelle ce mot est inséré. Ainsi, nous pouvons lire :

- *kataba* = كَتَبَ (le verbe écrire à l'accompli)

ou

- *Kutiba* = كُتِبَ (le verbe écrire à l'accompli, mais à la forme passive)

ou

- *Kutub* = كُتُب (livres)

Ainsi, ce mot pourrait être un verbe ou un substantif ; et dans le cas du verbe il pourrait être à la forme active ou passive.

Ibn-Jinni (X siècle) s'intéresse dans son livre *Al-Khasa'is*, au système vocalique de l'arabe. Il n'étudie pas seulement la quantité vocalique mais il parle également d'un phénomène nouveau. Selon lui, il existe six voyelles brèves en arabe au lieu de trois, il déclare que dans le triangle vocalique entre chaque paire de deux voyelles, il existe un son intermédiaire. Selon Abou Haidar (1991, 69) qui traite de la variabilité et l'invariance du système vocalique de l'arabe standard, il existerait pour Ibn Jinni, entre les voyelles brèves [a] et [i], un son qui pourrait être l'équivalent de [e] ou [ɛ] ; entre [a] et [u] il existerait un son qui pourrait correspondre à [o] ou [ɔ] et entre [u] et [i], il existerait un autre son.

A notre avis ces voyelles sont attestées à l'oral, et ce selon l'origine du locuteur mais elles n'ont pas un caractère phonologique, puisque la prononciation par exemple d'un [a] ou d'un [e] ou [ɛ] dans un mot de l'arabe standard ne changerait pas le sens du mot ou de la phrase dans laquelle celui-ci est inséré. Notons, toutefois, que la langue arabe est caractérisée par au moins trois degrés d'aperture, quelle que soit l'origine dialectale du locuteur.

1.9 L'Algérie : aperçu ethnolinguistique

L'Algérie est un état du Maghreb qui comprend 35.406.303 d'habitants (*i.e.* Statistiques 2012), sur une surface de 2.381.740 km². Cette population descend de deux groupes ethniques importants : les Berbères et les Arabes. En effet, l'histoire montre que les Berbères forment la plus ancienne des communautés d'Afrique du Nord. Toutefois, il est difficile de délimiter géographiquement, la répartition des Arabes et des Berbères, car ils se sont mêlés au cours des siècles.

En 647, les armées arabo-musulmanes, quittant l'Égypte, avancèrent vers l'ouest et conquièrent tout le Maghreb, y compris l'Algérie en 711. Ainsi, tous les Berbères se sont islamisés mais ceux qui vivaient dans les montagnes ne se sont jamais arabisés. En conséquence, le peuple algérien est arabophone à 72% et musulman à 99%. Aujourd'hui, trois langues principales se partagent le terrain linguistique de l'Algérie : l'arabe, le berbère et le français.

L'arabe algérien sert de langue véhiculaire à l'oral alors qu'à l'écrit c'est l'arabe standard, langue officielle du pays, qui domine. Celle-ci n'est la langue maternelle d'aucune tranche de la population. Elle est, cependant, apprise à l'école dès l'âge de six ans. En ce qui

concerne le berbère, il se décline en : kabyle, chaoui, mzabi, tachelhit, touareg, tarifit, etc. Les Berbères se sont donné le nom d'Amazigh. Ainsi, le mot Tamazight désigne la langue berbère et le territoire auquel ils appartiennent s'appelle le Tamazghra. Quant au français, il est parlé par quasiment la moitié de la population. Il a le statut d'une langue seconde. Il reste la langue privilégiée des intellectuels, surtout dans les domaines scientifiques et technologiques.

1.10 Khenchela : ville natale des locuteurs

Khenchela est la ville natale de tous les locuteurs de notre étude. Elle est située à l'Est de l'Algérie dans la région montagnarde des Aurès, à 539 km de la capitale *Alger* (cf. figure 2). Cette commune est le chef-lieu de la Wilaya (circonscription administrative ou préfecture) ayant le même nom KHENCHELA. La superficie de la Wilaya est estimée à 9811 km². Sa population compte 467 954 habitants (*i.e.* estimation de 2010). Les Berbères qui y habitent sont majoritairement des Chaouis. Conservant ses origines berbères depuis l'antiquité, Khenchela a connu plusieurs civilisations au cours de l'histoire, commençant par les Phéniciens, les Carthaginois, les Romains, les Vandales, les Byzantins et la conquête musulmane au 8^{ème} siècle. Au Moyen Âge, la ville a connu un contrôle intermittent des Turcs. Quant à la conquête française, elle n'a atteint Khenchela qu'en 1850. En effet, plusieurs révoltes ont marqué la région des Aurès, notamment la révolution du 1^{er} novembre 1954. La ville fut appelée Khenchela, qui veut dire « la messagère de la paix ». Ce nom revient à la fille de la célèbre reine berbère *Kahina*. Quant aux Romains, ils lui ont donné le nom de *Mascula*. Etant donné que Khenchela a vu le jour de plusieurs civilisations humaines, son territoire réunit des vestiges historiques considérables. Cela forme un excellent témoignage du passé et de la culture des différents peuples qui se sont imposés dans la région. En effet, l'Atlas des monuments archéologiques de l'Algérie recense environ 175 sites de ruines romaines à travers la wilaya.



Figure 2 : Carte géographique de l'Algérie*

Source : <http://www.lespagesmaghreb.com/maps/carte-de-l-algerie>

1.11 Les fricatives de l'arabe standard

Toutes les fricatives du français et de l'anglais existent, dans leurs variantes, en arabe standard à l'exception de la labiodentale voisée [v]. En effet, dans le système consonantique de l'arabe standard, les constrictives sont plus nombreuses que les occlusives : 18 constrictives et 10 occlusives et parmi les 18 constrictives, il y a 14 fricatives. Si le terme « *constrictive* » rassemble toutes les consonnes non occlusives y compris les latérales et les vibrantes, le terme « *fricative* », lui, ne renvoie qu'aux constrictives produites avec un bruit de friction audible et visible sur leurs spectrogrammes. Ladfoged et Maddieson (2007 : 137) définissent les fricatives comme des sons pour lesquels un courant d'air turbulent est produit dans le conduit vocal. Ils ajoutent que ces sons peuvent être le résultat de la turbulence générée à la constriction même, ou qu'ils peuvent être dus au jet de l'air formé à haute vitesse à travers une constriction étroite qui va percuter certains obstacles, comme les dents.

“Fricative sounds are those in which a turbulent airstream is produced within the vocal tract”

“Fricative sounds may be the result of turbulence generated at the constriction itself, or they may be due to the high velocity jet of air formed at a narrow constriction going on to strike the edge of some obstruction such as the teeth.”

Nous présenterons ci-dessous des descriptions théoriques des réalisations articulatoires des fricatives de l'arabe standard. Il s'agit de caractérisations articulatoires habituellement attestées dans la littérature. Signalons, toutefois, que certaines des caractéristiques articulatoires attribuées à nos consonnes cibles sont parfois théoriques sauf lorsqu'elles reposent sur des données empiriques. Dans ce dernier cas, nous citerons l'auteur de l'investigation.

1.11.1 Les fricatives labiodentales

ف[f]

C'est une fricative labiodentale non voisée. Lors de sa production, la lèvre inférieure s'appuie contre les incisives supérieures. Cohen (1975 : 18) la décrit ainsi :

C'est « une labiodentale spirante non voisée »

Cette fricative n'a pas de correspondante voisée dans la langue arabe.

1.11.2 Les fricatives interdentes

ث[θ]

C'est une fricative interdente non voisée. Pour sa production, la pointe de la langue est insérée entre les incisives supérieures et inférieures.

ذ[ð]

Il s'agit d'une fricative interdente voisée, la correspondante voisée de [θ]. Elle a avec le son précédent le même lieu d'articulation, mais avec vibration des cordes vocales.

1.11.3 Les fricatives alvéolaires

س[s]

C'est une fricative alvéolaire non voisée. Cette consonne est produite par le rapprochement de la lame de la langue vers la région alvéolaire. Maddieson (1984, 44) dit qu'à peu près 83% des langues étudiées ont un son proche du [s], et que 262 langues ont le son clairement identifié comme [s].

ز[z]

C'est une fricative alvéolaire voisée, la correspondante voisée de [s]. Elle est réalisée grâce à une constriction entre la lame de la langue et la région alvéolaire de la voûte palatine.

1.11.4 Les fricatives postalvéolaires

ش[ʃ]

C'est une constrictive postalvéolaire non voisée. La constriction est réalisée entre l'apex de la langue et la partie postérieure des alvéoles. En outre, les lèvres sont protruses.

ج[ʒ]

C'est une constrictive postalvéolaire voisée, la correspondante de [ʃ]. Sa réalisation ressemble à la précédente mais avec vibration des cordes vocales.

Pour certaines variantes de l'arabe, Cantineau (1960) et d'autres auteurs parlent d'occlusive affriquée [dʒ] au lieu de [ʒ]. En Algérie, la prononciation la plus répandue est le [ʒ] semblable à la prononciation de la variante du français.

Les consonnes postérieures

Les consonnes postérieures de l'arabe sont appelées par certains auteurs, comme Barbot (1981) et Cantineau (1960), les consonnes de l'arrière-bouche. Cette appellation est, bien entendu, inadéquate du point de vue de la phonétique articulatoire. Elle désigne les lieux d'articulation de ces consonnes, à savoir les régions uvulaire, pharyngale et laryngale du conduit vocal. En effet, les consonnes postérieures de l'arabe sont au nombre de six : [χ, ʁ, ħ, ʕ, h, ʔ] et sont uvulaires, pharyngales ou laryngales. Celles qui sont ciblées par notre étude sont les fricatives, c'est-à-dire toutes, à l'exception de l'occlusive [ʔ].

Boff (1981) a rappelé les diverses études expérimentales portant sur ces consonnes et a, en outre, présenté sa propre étude qui repose sur une analyse articulatoire et acoustique. Ses résultats de phonétique articulatoire seront pris en considération, lors de nos comparaisons avec les données des différents auteurs mentionnés dans notre étude.

1.11.5 Les fricatives uvulaires**ح[χ]**

Il s'agit d'une fricative uvulaire non voisée. Pour sa production, la partie postérieure du dos de la langue se rétracte très fortement vers le voile du palais, à proximité de la luette.

Roman (1983 : 237, 238) décrit le phénomène de production de la consonne [χ] ainsi :

« Quant au [χ], il est le produit d'une pression de l'air vers l'obstruction constituée en commun par la luette et [le voile] du palais, pression forte, conjuguée avec un relâchement [de l'obstruction] sur ces entrefaites, les muqueuses sont impulsées, un mouvement brusque vers l'avant leur étant imprimé : [Ainsi] chaque fois qu'elles sont sur le point de retenir l'air, elles sont en ce lieu d'articulation repoussées et forcées [et s'ouvrent vers l'extérieur]. »

Notons que nous émettons certaines réserves par rapport aux termes utilisés ci-dessus. Nous citons celui de « *relâchement* », à titre d'exemple, qui pose des problèmes de cohérence puisque les constrictives ne présentent pas de relâchement.

En se fondant sur ses propres résultats expérimentaux, Boff (1981 : 123) dit, parallèlement, que le lieu d'articulation de cette consonne est conditionné par son entourage vocalique. Pour elle, cette consonne est réalisée comme dorso-uvulaire au voisinage de la voyelle /a/ et certainement à celui de sa correspondante longue /a:/ pour lesquelles est toujours plus relâché que pour d'autres voyelles. Dans les autres contextes, Boff signale que /χ/ est une dorso-vélaire.

« A partir des différentes données de l'analyse articulatoire et acoustique, nous pouvons définir la consonne /χ/ comme une consonne constrictive non voisée dorso-vélaire ou dorso-uvulaire, et de plus fricative. »

Ĥ[ɣ]

C'est une fricative uvulaire voisée. Il s'agit de la correspondante voisée de [χ]. Pour sa réalisation, la partie postérieure du dos de la langue se rétracte fortement vers le palais mou, et les cordes vocales vibrent.

Boff (1981 : 144) note que le lieu d'articulation de cette consonne est dorso-uvulaire en présence de la voyelle postérieure [a] et qu'il est dorso-vélaire dans les autres cas. Elle signale également que la constriction uvulaire de [ɣ] se situe légèrement plus haut que la constriction de [χ]. Ainsi, [χ] est caractérisé par un étalement de la constriction. De plus les mouvements organiques qui contribuent à la réalisation de [ɣ] ressemblent à ceux réalisés pour [χ], sauf qu'ils sont moins amples. Elle signale également que l'angle des maxillaires est légèrement plus fermé pour [χ] que pour [ɣ]. Enfin elle affirme que l'analyse articulatoire et acoustique montre que la consonne [ɣ] est la correspondante voisée de [χ].

Par ailleurs, Yeou (1996 : 7) décrit ces deux consonnes ainsi :

« Les données radio-films permettent de définir le lieu d'articulation de /χ/ et /ɣ/ comme dorso-uvulaire. Le mouvement articulatoire est similaire pour ces deux consonnes. Il comporte une constriction initiale dans le pharynx qui monte et s'élargit jusqu'au moment du contact dorso-uvulaire. Ce contact consiste à un mouvement du dos de la langue en direction du voile du palais qui prend une forme incurvée vers l'avant pour contribuer à la réalisation d'un battement de la luette qui entre en contact avec le dos de la langue. »

Yeou (1996) ajoute que Delattre (1976) trouve que la constriction uvulaire est plus étroite pour la non voisée /χ/ que pour la voisée /κ/ et que pour Ghazeli, le dos de la langue est légèrement plus postérieur pour la voisée /κ/, mais Al-Ani (1970) postule que le lieu d'articulation de /κ/ est plus postérieur que celui de /χ/.

1.11.6 Les fricatives pharyngales

ح[h]

Il s'agit d'une fricative pharyngale non voisée. Lors de l'articulation de cette consonne, la racine de la langue est fortement repoussée vers l'arrière et se rapproche de la paroi postérieure du pharynx. Le passage de l'air est alors considérablement rétréci et nous pouvons apercevoir une forte friction. La tension articuloire serait très forte.

Boff (1981 : 153) affirme le lieu pharyngal de cette constrictive :

« Le lieu d'articulation de la consonne [h] est toujours pharyngal; il se situe plus précisément dans le bas du pharynx, ou laryngo-pharynx. »

Quant à Barbot (1981 : 422), il dit que ce son est parmi les plus fréquents en arabe et qu'il est également, le premier appris par les enfants dès leur plus jeune âge :

« Elles sont fréquentes dans le langage infantin, et l'on suivra Fergusson suggérant que [h] et [ʕ], souvent considérés comme les sons les plus exotiques, ne sont pas seulement des phonèmes très fréquents en arabe, mais peut-être de ceux appris le plus tôt par l'enfant. »

Il convient, toutefois, de vérifier expérimentalement cette prise de position sur l'acquisition précoce de ce son, dans une approche longitudinale. Par ailleurs, Maddieson (1984 : 4) dit que pour les pharyngales, la présence de [ʕ] implique toujours la présence de [h], dans une langue.

ع.[ʕ]

Il s'agit d'une fricative pharyngale voisée. Le lieu d'articulation de cette consonne ressemble à celui de la consonne [h] dont il a été question *supra*. La racine de la langue est fortement repoussée vers l'arrière et se rapproche de la paroi postérieure du pharynx. Le passage de l'air est alors considérablement rétréci et nous pouvons percevoir une forte friction. La tension articuloire serait très forte. Cependant pour ce phonème les cordes vocales vibrent. Boff (1981 : 174) confirme que le lieu d'articulation de la consonne [ʕ] est toujours pharyngal et qu'il se situe dans le laryngo-pharynx. Toutefois certains grammairiens

arabes classent la consonne [ħ] parmi les sons dits « médiums », à savoir des consonnes qui auraient des caractéristiques à la fois constrictives et occlusives. En ce qui concerne Al-Ani (1970 : 62), il constate une contradiction entre ce qui a été dit précédemment sur la production du son [ħ] et ses propres recherches acoustiques reposant sur des sonagrammes. Il affirme que ses analyses sur l'arabe irakien prouvent que la plupart des allophones les plus fréquents de [ħ] fait partie du groupe des consonnes occlusives plutôt que de celui des constrictives. Pour lui, il s'agit d'une occlusive non voisée, la correspondante de la glottale voisée [ʔ].

« Le ħ a été décrit comme un son pharyngal constrictif dans toutes les études antérieures qui ont été faites sur l'arabe littéraire et dialectal. Cependant après des analyses acoustiques systématiques, nous avons trouvé que la plupart des allophones communs de ħ sont actuellement des sons occlusifs et non des sons constrictifs. »

Dans *Enquête acoustique et phonologique du [ħ] de l'arabe*, Abramson (1978 : 94) critique Al-Ani en signalant que ses spectrogrammes suggèrent que le [ħ] irakien est une occlusive mais que ses films X-rays ne montrent pas une fermeture de l'arrière ou de la racine de la langue contre les parois du pharynx, voulant ainsi parler de l'occlusion. Par ailleurs, les travaux de Ladföged et Maddieson (2007) montrent que cette consonne n'est ni pharyngale, ni fricative, mais spirante épiglottale voisée. Cantineau (1960 : 73) essaie d'éclaircir l'ambiguïté relative au fait que le phonème [ħ] soit spirant ou occlusif. Pour lui, il est réalisé comme une spirante pharyngale voisée. Il explique que les grammairiens arabes l'ont classé entre les spirantes et les occlusives car il est plus ouvert que les spirantes. Cependant, le fait que le [ħ] soit plus ouvert ou moins ouvert ne change en rien son identité phonologique. En effet, les oppositions de degré d'aperture ne sont pas nombreuses dans le système consonantique arabe.

1.11.7 Les fricatives laryngales

ʕ[h]

Il s'agit d'une fricative glottale (ou laryngale) non voisée. Lors de sa production, la glotte est quasi-close, à l'exception d'une étroite ouverture dans sa partie supérieure au niveau des cartilages aryénoïdes. On perçoit une forte friction quand l'air s'écoule par ce canal.

Boff (1981 : 214) confirme qu'il s'agit bien d'une constrictive mais que son lieu d'articulation ne se situe ni dans la cavité buccale, ni dans la cavité pharyngale. Elle en déduit ainsi que cette consonne est bien une laryngale. Quant à Maddieson (1984 : 57), il atteste que :

« Un grand nombre de langues ont le phonème /h/ »

Notons que cette fricative n'a pas une correspondante voisée en arabe standard.

1.1.11.8 Les fricatives pharyngalisées

Il existe dans la langue arabe une série de consonnes complexes appelées traditionnellement « emphatiques ». De nos jours, le terme le plus utilisé dans la littérature pour désigner ces consonnes est « pharyngalisées ». Les anciens grammairiens arabes ont appelé le phénomène de pharyngalisation « *itbaq* ». Ils ont noté qu'une consonne pharyngalisée possède deux lieux d'articulation, car elle nécessite un déplacement secondaire de l'articulation principale vers le palais mou ou le pharynx. Les consonnes pharyngalisées de l'arabe ont de l'influence sur leur entourage vocalique et consonantique. Par ailleurs, nous avons constaté qu'il y a des divergences de positions entre les chercheurs par rapport au nombre des consonnes pharyngalisées et à la terminologie désignant la pharyngalisation. En effet, pour ce qui est du nombre, Sibawayhi (8^{ème} Siècle) notait quatre consonnes pharyngalisées [s^ʕ, t^ʕ, d^ʕ, z^ʕ]. Pour Cantineau (1960 : 21), il y aurait cinq consonnes : [t^ʕ, s^ʕ, d^ʕ, ð^ʕ, q]. Pour Jakobson (1962 : 510) et Troubetzkoy (1970 : 144), il existerait au minimum onze consonnes pharyngalisées : [t^ʕ, d, d^ʕ, ð^ʕ, q, ɣ, x, s^ʕ, h, ʕ, z^ʕ]. Quant à Bonnot (1976), il ajoute à la liste donnée par Cantineau (1960) le [ð^ʕ], et la possibilité de pharyngalisation de : [l, r]. Bonnot (1976) évite le terme pharyngalisation car, selon lui, il prête à confusion. En effet, il constate qu'au point de vue articulatoire, il y a une différence entre les consonnes emphatiques et les consonnes pharyngalisées, expliquant ainsi, que pour les pharyngalisées le bloc laryngien est plus haut que pour les emphatiques. Par ailleurs, Fleisch (1961) utilise le terme vélarisation qui traduit « *itbaq* ». Cantineau (1960) parle également de vélarisation en disant que les consonnes emphatiques en arabe sont des consonnes vélarisées qui reportent en arrière les voyelles voisines et notamment le [a].

En définitive, les consonnes pharyngalisées que nous aborderons dans cette étude sont celles reconnues par la majorité des chercheurs que nous avons cités. Il s'agit de l'alvéolaire [s^ʕ] et l'interdentale [ð^ʕ]. Au sujet de ces fricatives, Sibawayhi (8^{ème} siècle) dit, s'il n'y avait pas d'emphase le [s^ʕ] serait un [s], le [ð^ʕ] serait un [ð] et [z^ʕ] n'aurait pas de correspondant car il est unique dans son articulation.

Signalons, toutefois, que dans l'alphabet phonétique des arabisants, les grammairiens notent un point en dessous de la consonne pharyngalisée pour la différencier de la consonne

non pharyngalisée. En revanche, remarquons-nous que dans cet alphabet phonétique, la consonne pharyngale non voisée [ħ] porte bien un point en dessous, bien qu'elle ne soit pas pharyngalisée ? En conséquence, nous éviterons d'utiliser le point et nous opterons pour le choix du signe diacritique ^ʕ pour spécifier les consonnes pharyngalisées (*i.e.* API).

Nous tenons à préciser que lors des descriptions articulatoires qui suivent, nous nous référerons aux résultats de Bonnot (1976) traitant des consonnes pharyngalisées de l'arabe classique, avec de la ciné-radiographie, la sonographie et l'oscillographie à 4 lignes.

ص[s^ʕ]

Bonnot (1976 : 118) décrit cette consonne comme une constrictive médiane alvéolaire non voisée pharyngalisée. Il pense que l'origine de cette consonne pharyngalisée revient, en protosémitique, à une semi occlusive glottalisée [t^ʕs^ʕ]. Il explique qu'à une certaine époque toutes les consonnes glottalisées ont été touchées par une laryngalisation. Pour [t^ʕs^ʕ], la laryngalisation a été accompagnée par un affaiblissement en [s^ʕ]. Ainsi, cette prononciation est demeurée non voisée. Pour Brockelmann (1910), [s] et [z] sont des constrictives dentales alors que [s^ʕ] est une constrictive alvéolaire.

ظ[ð^ʕ]

Cette consonne est décrite par Bonnot (1976 : 53) comme une constrictive médiane interdentale voisée et pharyngalisée.

Notons que dans certains pays arabes, comme l'Algérie, l'occlusive dentale pharyngalisée [d^ʕ] est souvent confondue avec la consonne [ð^ʕ], au niveau de la production. En effet, leur prononciation est identique, mais les lettres graphiques leur correspondant sont différentes. Ramadan Abdel-Tawab (1982) rapporte que la différence entre ces deux consonnes est que le [ð^ʕ] est prononcé avec l'extrémité de la langue placée entre les incisives et de ce fait, visible. Quant au [d^ʕ], les dents supérieures et inférieures sont rapprochées et la langue inclinée vers les prémolaires et les molaires droites.

Pour ce qui est de la transcription phonétique du [ð^ʕ] en [z^ʕ], nous rejoignons l'avis de Cantineau qui la considère comme faussée. Il explique qu'elle tire sûrement ses racines d'une prononciation déformée probablement d'origine turque. En conséquence, nous utiliserons dans toute notre étude la transcription [ð^ʕ] et non [z^ʕ].

1.12 Les voyelles [a] bref et [a:] long

Dans notre corpus les voyelles environnantes des fricatives sont, soit la voyelle brève [a], soit sa correspondante longue [a:]. Le choix de ces voyelles vient d'abord du fait que la position linguale basse requise pour leurs productions n'impose pas de contraintes particulières sur la réalisation des fricatives. Inversement, l'apparition des fricatives dans un entourage vocalique à aperture très réduite ([i], [u]) aurait pu fortement influencer leurs réalisations. Ensuite, le choix des mots, ayant un sens, à proximité de la voyelle [a] brève ou [a:] longue, est plus large, pour ce qui est de l'élaboration de notre corpus. En effet, dans la langue arabe le nombre d'occurrences de la voyelle [a] est plus élevé que celui des autres voyelles. A ce sujet, Métoui (1989 : 37) a signalé, dans son travail qui traite les voyelles du parler de Tunis au niveau articulatoire et acoustique, qu'en arabe standard le taux d'occurrence de la voyelle [a] est plus élevé que celui des voyelles [i] et [u]. Ainsi il dénombre 59,4% pour [a], 19,8% pour [u] et 20,8% pour [i]. En outre, si nous prenons l'exemple du corpus d'Abou Haidar (1991, 115) qui traite de la variabilité et de l'invariance du système vocalique de l'arabe standard, nous remarquons que le nombre des occurrences des voyelles [a] et [a:] est majoritaire comparativement aux autres voyelles.

Pour résumer :

Dans le tableau 3, nous présentons les fricatives de l'arabe standard, selon leurs lieux d'articulation. Dans chaque cellule, la fricative non voisée est placée à gauche, la fricative voisée à droite, quant à la pharyngalisée, elle se situe en troisième position. La troisième ligne est réservée aux lettres arabes correspondantes.

Tableau 3 : Les fricatives de l'arabe standard

	Labiodentale	Interdentale	Alvéolaire	Postalvéolaire	Uvulaire	Pharyngale	Glottale
Fricatives	[f]	[θ] ~ [ð] ð ^f	[s] ~ [z] s ^f	[ʃ] ~ ʒ	[χ] ~ [ʁ]	[ħ] ~ [ʕ]	[h]
Lettre arabe	ف	ذ ث ظ	ز س ص	ج ش	غ خ	ع ح	ه

CHAPITRE 2 : QUELQUES THÉORIES EN PRODUCTION DE LA PAROLE

Dans ce chapitre nous survolerons quelques principaux courants théoriques en production de la parole, notamment ceux dont nous nous sommes servie pour l'interprétation de nos résultats. En effet, nous résumerons :

la Théorie Quantique de Stevens ;

la Théorie de la Variabilité Adaptative de Lindblom ; et

la Théorie de Guenther et Perkell.

1.2.1 Théorie Quantique de Stevens

La Théorie Quantique de Stevens (1991) s'oppose à la Théorie Motrice de la Perception de la Parole (Liberman et Mattingly, 1985) pour ce qui concerne l'espace de contrôle qui serait acoustico-auditif au lieu d'être articulo-gestuel. Pour Stevens (1991), le locuteur coordonnerait ses mouvements au mieux pour doter le signal acoustique d'indices spectraux et temporels invariants directement associés au code phonologique.

Les travaux de Stevens et de Blumstein reposaient depuis les années 70 sur la perception du lieu d'articulation des consonnes occlusives /b/, /d/, /g/ dans des stimuli de synthèse de type C-V. En effet ces deux chercheurs (Stevens et Blumstein, 1978) voulaient montrer qu'il existe des propriétés acoustiques invariantes pouvant caractériser le lieu d'articulation de la consonne, quel que soit le contexte vocalique. Ainsi, ils ont trouvé que le spectre de la consonne change selon le lieu d'articulation :

- il est caractérisé par un pic proéminent dans les fréquences moyennes (1 à 3 kHz) pour les vélaires ;
- il est diffus et montant pour les dentales ; mais
- il est diffus et descendant pour les labiales.

Pour ce qui est des distinctions phonologiques plus fines, comme celle entre /b/ et /w/, Blumstein (1986) est passée d'un invariant statique à un invariant dynamique, sans pour autant changer l'hypothèse de base, mais en la réaménageant. Pour cette chercheuse, il existerait une invariance acoustique dans le signal de parole correspondant aux traits phonétiques d'une langue. Elle pose que le signal de parole est structuré de façon à contenir des patterns acoustiques invariants, correspondant à la dimension phonétique de la langue. Ces patterns seraient associés notamment aux segments linguistiques et aux traits phonétiques d'une langue spécifique. En outre, ces patterns resteraient invariants quels que soient les locuteurs, les contextes phonétiques et les langues.

“There is acoustic invariance in the speech signal corresponding to the phonetic features of natural language. That is, it is hypothesized that the speech signal is highly structured in that it contains invariant acoustic patterns for the phonetic dimension of language relating in particular to linguistic segments and to phonetic features and that these patterns remain invariant across speakers, phonetic contexts and languages.” (Blumstein, 1986: 178).

Le raisonnement de base de la Théorie Quantique de Stevens (1972, 1989) est illustré dans le schéma qui suit (*cf.* figure 3). En effet, la figure représente la non linéarité du passage de l'articulatoire à l'acoustique, responsable de l'existence de zones de l'espace articulatoire pour lesquelles le résultat acoustique est « stable » (Zones I et III) et la zone II, où une petite variation du paramètre articulatoire peut avoir une conséquence acoustique remarquable.

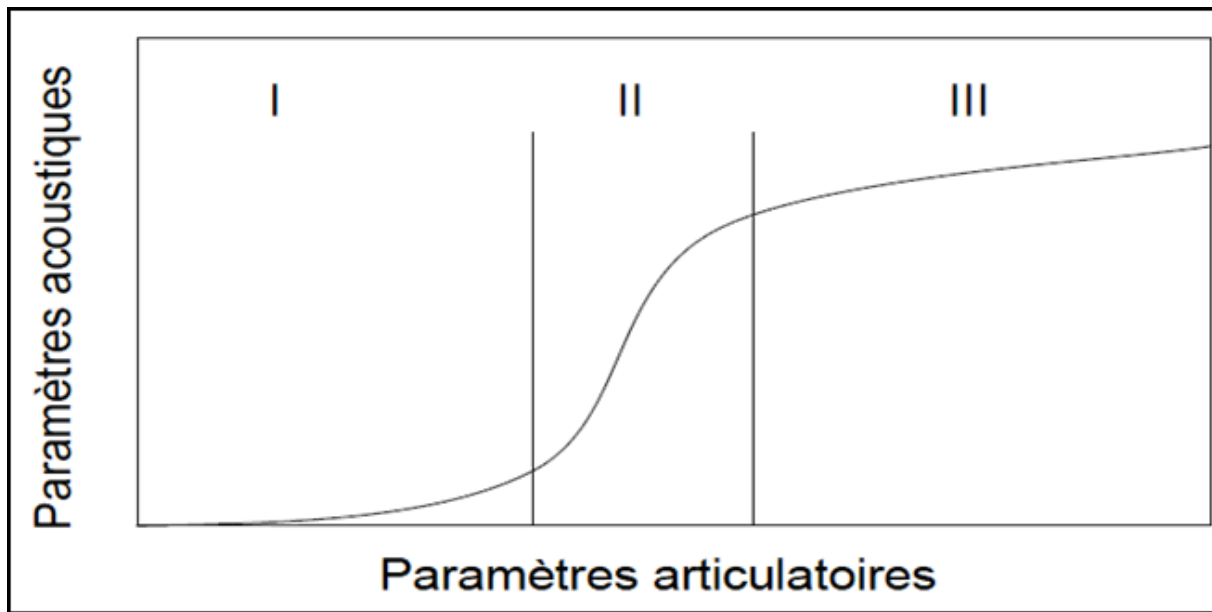


Figure 3 : Non-linéarité du passage d'un paramètre de commande articulatoire à un paramètre de sortie acoustique dans le paradigme de base de la Théorie Quantique. (Adapté de Stevens, 1989).

D'après la tradition lancée par les études de Jakobson et ses collaborateurs (*i.e.* Jakobson, Fant & Halle 1952), les traits sont définis surtout dans le domaine acoustique et auditif, (Clements et al. 2004).. Toutefois, Lindblom et Engstrand (1989) remarquent que la Théorie Quantique est une théorie des traits distinctifs, qui au contraire de la théorie de Jakobson et al. (1969) tente de rationaliser l'origine des traits à partir de l'observation des phénomènes articulatoires et des résultats acoustiques associés. Blumstein (1989), note qu'il n'y avait rien d'intrinsèque à la Théorie Quantique à propos des propriétés invariantes des paramètres acoustiques et que seule la stabilité de l'acoustique par rapport à l'articulatoire pouvait être inférée. Blumstein (1989) admet, toutefois, qu'une théorie de l'invariance ne pouvait être viable sans une Théorie Quantique sous-jacente, puisqu'elle requiert l'émergence d'un nombre fini de propriétés acoustiques invariantes à partir d'un nombre potentiellement infini de configurations articulatoires

D'après Stevens (1985, 1991), il existerait une organisation hiérarchique des traits (features) des segments phonologiques qui structurent le lexique ainsi qu'une représentation

directe de ces indices sous forme des caractéristiques acoustiques invariantes du signal de parole. En effet, les locuteurs doivent apprendre les patterns de coordination des différents articulateurs pour satisfaire les exigences acoustique-auditives du code phonologique.

"given this view of the feature-based structure of the lexicon and the way in which the various features are represented in the sound, we can speculate on the implications for strategies for speech production... in producing speech sounds speakers must learn patterns of coordination of the various articulators that satisfy [the] acoustic requirements." (Stevens, 1991: 86).

1.2.2 Théorie de la Variabilité Adaptative de Lindblom

Lindblom (1987) pense que l'origine de la variabilité dans le signal de parole et, par extension, dans le discours est explicitement biologique. En effet, il utilise des termes et des concepts relatifs à la biologie tels que « l'adaptation » et « l'évolution ». Pour lui, la parole est une activité biologique qui doit être gouverné par des principes biologiques, c'est-à-dire par des références aux contraintes physiques et physiologiques qui empiètent la parole (Zipf, 1935).

La Théorie de la variabilité adaptative renonce à l'hypothèse des théories Quantique et Motrice qui postulent l'existence d'un invariant associé à un invariant phonologique. Autrement dit, elle renonce à l'existence d'un « Invariant Physique Absolu ». Selon Lindblom (1987), il existerait deux forces antagonistes caractérisant le fonctionnement du système moteur de production de la parole :

- une exigence de l'auditeur de distinctivité perceptive ; et
- une demande du locuteur d'économie articulatoire

C'est le concours de ces deux forces qui serait le responsable principal des phénomènes de variabilité dans les données obtenues en production de la parole. Ces phénomènes de variabilité peuvent être représentés dans la dichotomie d'hyper- et d'hypo-articulation (Sock, 1998). En effet, la théorie hyper-hypo speech prône que le langage et l'audition seraient façonnés par des processus biologiques généraux, où la production de parole serait adaptative. En effet, les interlocuteurs peuvent ajuster leurs productions selon le contexte communicationnel, en exploitant des facteurs liés à leur propre système de production et s'ajustant aux diverses contraintes liées à l'environnement et à l'interlocuteur.

La théorie suggère que le manque d'invariance du discours est ainsi une conséquence directe de la nature adaptative du système de production de la parole (cf. MacNeilage, 1970).

Les possibilités de compensation durant l'interaction entre le locuteur et l'auditeur sont schématisées dans la figure 4 :

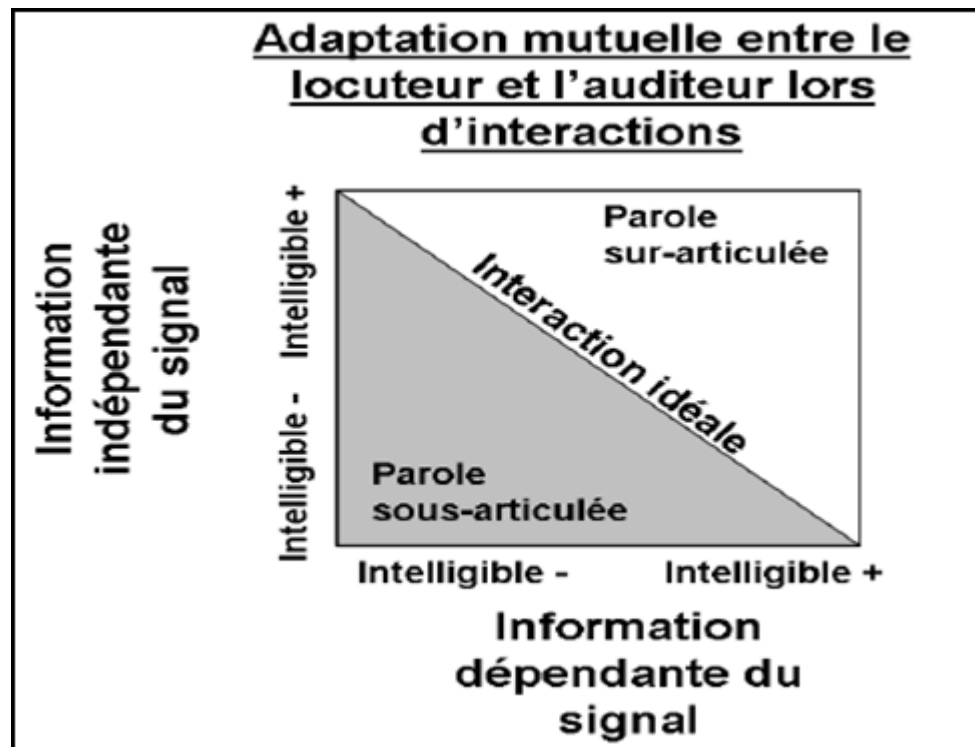


Figure 4 : Domaines d'hyper- et d'hypo-articulation en parole, en fonctions des informations du contexte et des informations dans le signal, selon la Théorie de la Variabilité Adaptative (Adaptée de Lindblom, 1987)

L'axe y représente la quantité d'information préalable à toute élocution et l'axe x correspond à la quantité d'information mise explicitement dans le signal, sous le contrôle direct du locuteur. Pour Lindblom (1987), le locuteur adopterait une stratégie de Variabilité Adaptative en s'efforçant de se placer le plus proche possible de la diagonale idéale. Ainsi, le locuteur trouverait un compromis entre les exigences implicites de compréhension de l'auditeur et ses propres efforts d'articulation. En se fondant sur cette notion d'adaptabilité du locuteur, la Théorie de la Variabilité Adaptative rejette toute notion de présence d'invariants physiques dans le signal de parole. Ce serait pour cette raison que les paramètres physiques décrivant la parole seraient variables à tous les niveaux pour un message linguistique invariant (Sock, 1998).

La notion de variabilité adaptative en parole défendue par Lindblom souligne en effet le comportement variable ou « plastique » de la parole. Néanmoins, il est toujours difficile, en se

fondant sur une théorie qui ne propose pas de références sous forme d'un objet physique invariant quelconque, de procéder à toute modélisation quantitative de données expérimentale sur la seule variabilité des signaux, (Sock, 1998).

2.3 Théories de Guenther et Perkell

Selon Guenther, les cibles seraient spécifiées dans un espace acoustique, et non dans un espace articuloire. Elles prendraient la forme d'un ensemble de valeurs acceptables de modèles et de trajectoires formantiques. Son modèle, DIVA (Directions Into Velocities of Articulators), prône l'existence d'un contrôleur de haut niveau qui permettrait d'atteindre la cible désirée. Pour ce faire, ce contrôleur comparerait la constriction dans le conduit vocal à la position cible désirée, et ferait évoluer les variables de contrôle de façon à réduire la distance séparant les deux positions (Sock, 1998).

En effet, les mouvements de la parole sont conçus comme des trajectoires dans l'espace perceptif-auditif. Ces trajectoires sont mises en combinaison avec les mouvements articuloires, à travers une cartographie neuronale qui permet une certaine variabilité dans le système moteur, à des endroits déterminés dans le conduit vocal, avec des degrés de la constriction convenables, selon la tâche phonétique demandée (Guenther *et al.* 1998).

Selon Perkell *et al.* (1993), les cibles sont des combinaisons de paramètres acoustiques et articuloires. Les séquences de segments, constituant les mots, sont représentées dans le système nerveux central comme des régions auditives spatio-temporelles. Les mécanismes de contrôle moteur visant la production des sons de la parole seraient fondés sur des cibles auditives, pouvant être identiques à des cibles acoustiques. Les cibles seraient alors des régions dans un espace dimensionnel acoustico-perceptif. A chaque son de la parole correspondent plusieurs cibles acoustiques, et les différents styles de parole peuvent faire varier l'espace de cibles.

Les objectifs du contrôle segmental seraient ainsi orientés vers l'acoustique ou l'audio-perceptif. Ces objectifs sont déterminés en partie par des relations quantiques (« effets de saturation »), d'une part entre les commandes motrices et les mouvements articuloires, et d'autre part entre l'articulation et le son. Si le temps de traitement nécessaire à l'exploitation en boucle fermée du feedback auditif est trop long, la réalisation des objectifs acoustiques sera assurée par un contrôleur mettant en jeu un « modèle interne » robuste, qui serait appris par le

locuteur au cours de la phase d'apprentissage de la parole, et qui rendrait compte des relations entre l'articulation et le son (Perkell *et al.* 1997).

Nous avons voulu exposer brièvement ici ces trois courants théoriques, avant de procéder à la présentation de nos paradigmes linguistiques et expérimentaux, et d'analyser nos données. Nous pourrions ainsi voir, lors de la discussion de nos résultats expérimentaux, comment ces théories pourraient nous aider à mieux rationaliser nos résultats.

Pour résumer :

➤ **La Théorie Quantique de Stevens :**

Elle est fondée sur le fait qu'un changement mineur dans la dimension articulatoire pourrait entraîner une modification acoustique-auditive importante. En conséquence, Stevens (1981) précise que la perception catégorielle résulterait des sensibilités naturelles du système auditif et se référerait moins aux contraintes articulatoires.

➤ **La Théorie H & H :**

L'hypothèse de Lindblom est que l'évolution de l'appareil articulatoire serait influencée par la perception auditive (Carré *et al.* 1995). Selon cette théorie, les deux critères qui sous-tendent la variabilité adaptative en production de la parole seraient une demande d'économie articulatoire de la part du locuteur (Lindblom, 1983) et une exigence de distinctivité perceptive de la part de l'auditeur (Lindblom, 1998).

➤ **La Théorie de Guenther et Perkell**

Selon Guenther *et al.* (1998), les cibles sont spécifiées dans un espace acoustique, et non articulatoire et les mouvements de la parole sont prévues comme des trajectoires dans l'espace perceptif-auditif. Selon Perkell *et al.* (1993), les cibles sont des combinaisons de paramètres acoustiques et articulatoires. Ainsi, pour chaque son de la parole correspondent plusieurs cibles acoustiques, et les différents styles de parole peuvent faire varier l'espace de contrôle acoustico-auditif.

PARTIE EXPÉRIMENTALE

Cette deuxième partie comporte 4 chapitres.

Le premier chapitre présente la méthode établie pour l'élaboration de ce travail, sur le plan expérimental.

Chapitre 1 :

- Le corpus ;
- La traduction du corpus ;
- Les locuteurs ;
- L'enregistrement des données.

Les trois autres chapitres exposeront notre étude acoustique des fricatives de l'arabe standard.

Chapitre 2 : Caractéristiques du bruit de friction des fricatives de l'arabe standard : centre de gravité (CoG) fréquentiel ;

Chapitre 3 : Caractéristiques des formants vocaliques à proximité des fricatives de l'arabe standard ;

Chapitre 4 : Caractéristiques acoustiques relatives aux lieux d'articulation, à la pharyngalisation et au trait de voisement des fricatives de l'arabe standard : durée, intensité relative, harmonicité et fréquences de F1 et F2.

CHAPITRE 1 : MÉTHODE

1.1 Constitution du corpus

Pour constituer le corpus, nous avons inséré les quatorze fricatives de l'arabe standard dans les mêmes séquences, selon trois positions (initiale, intervocalique et finale). En effet, chaque fricative était précédée et ou suivie de la voyelle brève [a] ou longue [a:]. Ces séquences sont incluses dans des verbes. En effet, une fois que les verbes ont été attestés à l'aide du dictionnaire (*i.e. Al-Mounjid*), ils ont été insérés dans une phrase porteuse ayant le modèle suivant : **Dis [Verbe] tout de suite,**

CORPUS

1.1.1 Position initiale

Les fricatives de l'arabe standard sont situées en position initiale non absolue, suivies de la voyelle longue [a:].

	Phrase en arabe	Transcription API
1	قُلْ قَال فِي الْحِين	[qulfa:la filhi:n]
2	قُلْ ثَال فِي الْحِين	[qulθa:la filhi:n]
3	قُلْ ذَال فِي الْحِين	[qulða:la filhi:n]
4	قُلْ ظَال فِي الْحِين	[qulðʕa:la filhi:n]
5	قُلْ سَال فِي الْحِين	[qulsa:la filhi:n]
6	قُلْ صَال فِي الْحِين	[qulsʕa:la filhi:n]
7	قُلْ زَال فِي الْحِين	[qulza:la filhi:n]
8	قُلْ شَال فِي الْحِين	[qulʃa:la filhi:n]
9	قُلْ جَال فِي الْحِين	[qulʒa:la filhi:n]
10	قُلْ خَال فِي الْحِين	[qulχa:la filhi:n]
11	قُلْ غَال فِي الْحِين	[qulɣa:la filhi:n]
12	قُلْ حَال فِي الْحِين	[qulħa:la filhi:n]
13	قُلْ عَال فِي الْحِين	[qulʕa:la filhi:n]
14	قُلْ هَال فِي الْحِين	[qulħa:la filhi:n]

1.1.2 Position intervocalique

En position intervocalique, les fricatives de l'arabe standard sont précédées de la voyelle longue [a:] et suivie de la voyelle brève [a].

	Phrase en arabe	Transcription API
1	قُلْ بَأْفَ فِي الْحَيْنِ	[qulba:fa:filhi:n]
2	قُلْ بَأَثَ فِي الْحَيْنِ	[qulba:θa:filhi:n]
3	قُلْ بَأْذَ فِي الْحَيْنِ	[qulba:ða:filhi:n]
4	قُلْ بَأْظَ فِي الْحَيْنِ	[qulba:ðʕa:filhi:n]
5	قُلْ بَأَسَ فِي الْحَيْنِ	[qulba:sa:filhi:n]
6	قُلْ بَأَصَ فِي الْحَيْنِ	[qulba:sʕa:filhi:n]
7	قُلْ بَأَزَ فِي الْحَيْنِ	[qulba:za:filhi:n]
8	قُلْ بَأَشَ فِي الْحَيْنِ	[qulba:ʃa:filhi:n]
9	قُلْ بَأَجَ فِي الْحَيْنِ	[qulba:ʒa:filhi:n]
10	قُلْ بَأَخَ فِي الْحَيْنِ	[qulba:χa:filhi:n]
11	قُلْ بَأَعَ فِي الْحَيْنِ	[qulba:ʕa:filhi:n]
12	قُلْ بَأَحَ فِي الْحَيْنِ	[qulba:ħa:filhi:n]
13	قُلْ بَأَغَ فِي الْحَيْنِ	[qulba:ʕa:filhi:n]
14	قُلْ بَأَهَ فِي الْحَيْنِ	[qulba:ha:filhi:n]

1.1.3 Position finale

Les fricatives de l'arabe standard en position finale non absolue sont précédées de la voyelle brève [a].

	Phrase en arabe	Transcription API
1	قُلْ لَمْ يُبْفِ فِي الْحَيْنِ	[qulla myuba ^f filhi:n]
2	قُلْ لَمْ يُبْغِثْ فِي الْحَيْنِ	[qulla myuba ^θ filhi:n]
3	قُلْ لَمْ يُبْثِ فِي الْحَيْنِ	[qulla myuba ^ð filhi:n]
4	قُلْ لَمْ يُبْظَ فِي الْحَيْنِ	[qulla myuba ^{ðʕ} filhi:n]
5	قُلْ لَمْ يُبْسَ فِي الْحَيْنِ	[qulla myuba ^s filhi:n]
6	قُلْ لَمْ يُبْصَ فِي الْحَيْنِ	[qulla myuba ^{sʕ} filhi:n]
7	قُلْ لَمْ يُبْزَ فِي الْحَيْنِ	[qulla myuba ^z filhi:n]
8	قُلْ لَمْ يُبْثَنَ فِي الْحَيْنِ	[qulla myuba ^ʃ filhi:n]
9	قُلْ لَمْ يُبْجَ فِي الْحَيْنِ	[qulla myuba ^ʒ filhi:n]
10	قُلْ لَمْ يُبْجُ فِي الْحَيْنِ	[qulla myuba ^ɣ filhi:n]
11	قُلْ لَمْ يُبْغَ فِي الْحَيْنِ	[qulla myuba ^ʁ filhi:n]
12	قُلْ لَمْ يُبْخَ فِي الْحَيْنِ	[qulla myuba ^ħ filhi:n]
13	قُلْ لَمْ يُبْغَ فِي الْحَيْنِ	[qulla myuba ^ʕ filhi:n]
14	قُلْ لَمْ يُبْهَ فِي الْحَيْنِ	[qulla myuba ^h filhi:n]

1.2 Traduction du corpus de l'arabe standard au français

Nous proposons ci-dessous une des traductions possibles des verbes porteurs des fricatives proposés dans le corpus. Nous avons été amenée à ajouter des compléments, pour que le sens soit explicite. Les verbes étant polysémiques, le choix du sens se justifie par l'emploi le plus actuel ou le plus fréquent.

1. Position initiale

	verbe et ou phrase en arabe	Transcription API	Traduction
1	فَال	[fa:la]	Il a été peu convaincant
2	ثَال	[θa:la]	Il est devenu stupide
3	ذَال ثَوْبُهُ	[ða:laθawbuhu]	Son habit a traîné
4	ظَال	[ðʕalama]	Non sens
5	سَال دَمْعُهُ	[sa:ladamʕuhu]	Il a versé des larmes
6	صَال عَلَيْهِ	[sʕa:laʕalayhi]	Il s'est jeté avec fureur sur lui
7	زَال تَأْتِيرُهُ	[za:lataʔθiruhu]	Son effet a disparu
8	شَال حَقِيْبَتُهُ	[ʃa:lahaqi:batahu]	Il a soulevé sa valise
9	جَال	[ʒa:la]	Il s'est promené
10	حَال لَوْنُهُ	[ħa:lalawnuhu]	Sa couleur a déteint
11	عَال أَهْلُهُ	[ʕa:laʔahlahu]	Il a entretenu sa famille
12	خَال الْأَمْرَ هَيْئًا	[ħa:lalamrahajinan]	Il a cru que c'était facile
13	عَالَ زَيْبُونَهُ	[ʕa:lazabu:nahu]	Il a volé son client
14	هَال التُّرَابَ	[ha:laattura:ba]	Il a versé la terre

2. Position intervocalique

	Verbe/ phrase en arabe	Transcription API	Traduction
1	باف	[ba:fa]	<i>Non sens</i>
2	باث عن المال	[ba:θaʕanilma:li]	Il a cherché l'argent
3	باذ	[ba:ða]	Il s'est tenu modeste
4	باط الأمر	[ba:ðʕalʔamru]	Il a été gâché
5	باس	[ba:sa]	Il a embrassé
6	باصن أستاذه	[ba:sʕaʕustaðahu]	Il a devancé son maître
7	باز	[ba:za]	<i>Non sens</i>
8	باشن القوم	[ba:ʃalqawmu]	Le peuple s'est mélangé tout en chahutant
9	باح البرق	[ba:ʒalbarqu]	L'éclair a brillé
10	باخ لونه	[ba:χalawnuhu]	Sa couleur a terni
11	باع دمه	[ba:βadamuhu]	Il a perdu son sang froid
12	باح بالسر	[ba:habissiri]	Il a divulgué le secret
13	باع	[ba:fa]	Il a vendu
14	باه له	[ba:halahu]	Il l'a compris

3. Position finale

	Séquence en arabe	Transcription en API	Traduction
1	لم يُبَفْ	[lamjubaf]	<i>Non sens</i>
2	لم يُبَاثْ	[lamjubaθ]	Il n'a pas été cherché
3	لم يُبَاذْ	[lamjubað]	Il n'a pas été vaincu
4	لم يُبَاظْ	[lamjubaðʕ]	Il n'a pas été gâché
5	لم يُبَاسْ	[lamjubas]	Il n'a pas été embrassé
6	لم يُبَاصَنْ	[lamjubasʕ]	Il n'a pas été devancé
7	لم يُبَازْ	[lamjubaz]	<i>Non sens</i>
8	لم يُبَاشَنْ	[lamjubaʃ]	Elle n'a pas été mélangée (la foule)
9	لم يُبَاحْ	[lamjubaχ]	Il n'a pas été brillé
10	لم يُبَاخْ	[lamjubaχ]	Il n'a pas été déteint
11	لم يُبَاعْ	[lamjubasʕ]	Il n'a pas été bouilli
12	لم يُبَاحْ	[lamjubah]	Il n'a pas été divulgué (le secret)
13	لم يُبَاعْ	[lamjubaʕ]	Il n'a pas été vendu
14	لم يُبَاهْ لَهُ	[lamjubahlahu]	Il n'a pas été compris

1.3 Les locuteurs

Fiches des locuteurs :

Nos locuteurs sont trois femmes et trois hommes. Ils ne souffrent d'aucune pathologie du conduit vocal. Leur langue maternelle est l'arabe dialectal algérien, qui est également leur langue de communication quotidienne. Quant à l'arabe standard, ils l'ont appris à l'école dès l'âge de six ans. Ils ont fait des études universitaires assurant ainsi une bonne pratique de l'arabe standard. Ils sont tous nés et ont vécu à Khenchela.

Les renseignements qui les concernent ont été relevés lors de l'enregistrement du corpus.

Locutrice 1 (Nawel)

Nawel est une femme de 26 ans. Elle a suivi des études universitaires en Chimie.

Locutrice2 (Habiba)

Âgée de 26 ans, Habiba a suivi des études universitaires de Comptabilité.

Locutrice 3 (Seloua)

Seloua est âgée de 24 ans. Elle a suivi des études universitaires en Information et Communication.

Locuteur 4 (Abdarraouf)

Abdarraouf est un étudiant en licence 2 d'Anglais, âgé de 23 ans.

Locuteur 5 (Moadh)

Âgé de 23 ans, Moadh est un étudiant en L3 de Droit.

Locuteur 6 (Sofiane)

Sofiane est âgé de 26 ans. Il a suivi des études universitaires en Informatique.

1.4 Enregistrement des données

Une fois le corpus validé², nous nous sommes déplacée à Khenchela, une ville qui se situe à l'est de l'Algérie pour réaliser les enregistrements. L'opération s'est déroulée à la radio où les six locuteurs ont répété onze à douze fois les quarante-deux phrases qui composent le corpus.

Les six sujets ont effectué les enregistrements le 26 et 27 avril 2009, dans les locaux de la radio de Khenchela. Chaque locuteur a répété les phrases du corpus, plus de dix fois, à une vitesse d'élocution conversationnelle normale, celle qui lui paraissait la plus naturelle. En effet, le corpus a été répété plusieurs fois, afin de satisfaire les exigences d'analyses statistiques qui nous permettraient de vérifier la robustesse de nos résultats expérimentaux.

Les locuteurs ont été installés confortablement (assis), à tour de rôle, dans une salle insonorisée, à 20cm d'un microphone directif Sennheiser e 825s. Celui-ci était relié à une carte d'acquisition audio Carte son CREATIVE SOUND BLASTER X-FI 1100.

Les onze répétitions de chaque locuteur ont été enregistrées grâce à un logiciel de montage installé sur un ordinateur. La carte d'acquisition permettant de transformer le signal analogique du microphone en signal numérique pouvant, par la suite, être traité par le logiciel d'analyse de la parole PRAAT.

Les enregistrements de Sofiane, Nawel et Seloua ont été réalisés à l'aide de :

- Console STUDER ON-AIR 1000
- MICROPHONE Sennheiser e 825s
- Utilitaire d'enregistrement WaveLab
- Carte son CREATIVE SOUND BLASTER X-FI 1100

Les enregistrements de Moadh, Abdarraouf et Habiba ont été réalisés à l'aide de :

- Console AUDIO DEVELEPEMENT
- MICROPHONE Sennheiser e 865 s (48 V)
- Utilitaire d'enregistrement WaveLab
- Carte son CREATIVE SOUND BLASTER X-FI 1100

² M. Nehmetallah ABI-RACHED (Professeur et directeur du département d'études arabes à l'Université de Strasbourg.).

CHAPITRE 2 : CARACTÉRISTIQUES DU BRUIT DE FRICTION : CENTRE DE GRAVITE (CoG) FRÉQUENTIEL

Le bruit de friction est l'une des propriétés acoustiques fondamentales dans la description des fricatives. Ainsi, dans ce chapitre nous ferons une étude du centre de gravité du bruit de friction de toutes les fricatives de l'arabe standard, à savoir [f], [θ], [ð], [ð^s], [s], [s^s], [z], [ʃ], [ʒ], [χ], [ʁ], [ħ], [ʕ], [h]. En premier lieu, nous exposerons les résultats et les interprétations obtenus par les analyses statistiques (ANOVA). Nous nous référerons, lors de nos analyses, à ces résultats d'analyse de variance à mesures répétées pour vérifier les effets significatifs, mais également tendanciels des variables. En effet, nous examinerons en détail la significativité des variables locuteurs et lieux d'articulation pour toutes les fricatives et dans trois positions, le voisement pour les fricatives qui sont concernées par cette variable, mais également l'interaction de certaines variables. Nous aborderons, en outre, quelques indices qui n'étaient pas assez robustes dans cette étude mais qui restent, tout de même, tendanciels, comme celui du sexe du locuteur.

2.0 Introduction

La définition d'un centre de gravité, du point de vue de la physique est « *un point de concentration des différentes forces qui permet à un corps de se tenir en équilibre.* »³

En phonétique acoustique, il s'agit d'un indicateur concis de la distribution fréquentielle de l'énergie du spectre, qui consiste en la moyenne des fréquences (en Hz) pondérées par l'intensité (Forrest *et al.* 1988). Les variations des fréquences liées à la distribution du bruit de friction sur la structure de la fricative, nous ont menée à une étude du centre de gravité du bruit de friction. De plus, le centre de gravité serait un bon indicateur du lieu d'articulation. En effet, pour Forrest *et al.* (1988) et Abdelatty *et al.* (2001), il a permis d'atteindre 70 à 100 % de classification correcte de /s/ et /ʃ/ de l'anglais.

Nous avons choisi de mener la présente étude car pour l'arabe nous avons sept lieux d'articulation et que le bruit de friction des fricatives varie selon les lieux d'articulation des consonnes. Notons, toutefois, que le spectre moyen est certainement très riche en informations, notamment au niveau qualitatif, mais que notre étude du CoG fréquentiel est de l'ordre quantitatif, ayant comme avantage d'être facilement répliquable. En effet, afin d'aboutir à des fins comparatives, nous pourrions appliquer facilement ce genre d'étude sur des contextes vocaliques ou consonantiques variés. Signalons également qu'une étude complémentaire au centre de gravité fréquentiel des fricatives de l'arabe standard est réalisée pour les quatre formants de la voyelle suivant les fricatives au chapitre 3 de notre thèse.

Pour leur réalisation, les fricatives demandent une pression à travers la constriction afin de générer une turbulence (Stevens, 1971). Par ailleurs, la fréquence et l'intensité du bruit de friction dépendent du lieu d'articulation de la fricative, autrement dit du lieu du conduit vocal où le passage de l'air est le plus rétréci (Wallet, 2008), mais également des propriétés acoustiques du conduit vocal (les résonances). Shadle (1985) montre qu'il y a deux importantes catégories de fricatives, les sibilantes et les non sibilantes, pour lesquelles le mécanisme acoustique de la source est différent. En effet, entre les sibilantes [s] et [ʃ], le mécanisme de la source est similaire, mais ce sont les résonances qui présentent une différence importante. Par conséquent, l'étude du centre de gravité du bruit de friction permet de contribuer à la connaissance des propriétés acoustiques des fricatives. Ce genre d'étude est malheureusement limité en arabe standard. Cependant, plusieurs recherches sur la durée du

³ Dictionnaire encyclopédique Hachette, 1998

bruit, l'emplacement des pics spectraux, l'amplitude, etc. ont permis de préciser les caractéristiques acoustiques des fricatives de l'anglais, du français, du suédois, du polonais, etc. Dans l'étude qui suit, nous commencerons par exposer tous nos résultats obtenus par les analyses statistiques (ANOVA). Ces derniers seront accompagnés de nos interprétations. Par la suite, dans la partie *Résultats*, nous observerons le comportement des fricatives par rapport à la position de la fricative et au locuteur pour arriver à une description appuyée par des chiffres et illustrée par des graphiques. Ainsi, nous nous fonderons dans cette partie sur les résultats significatifs que les analyses de variance ont révélés. Dans la partie *Discussion*, nous comparerons nos résultats avec ce qui a été trouvé par d'autres recherches dans d'autres langues. Enfin, nous finirons par une conclusion pour cette étude.

Cette étude ne s'intéresse pas seulement à la réalisation particulière de tel ou tel locuteur, mais elle a une perspective générale. L'objectif est de savoir comment les fricatives sont réalisées dans la langue arabe. Ce à quoi l'on aspire, est de savoir ce qui est général et ce qui ne l'est pas. La variation inter-individuelle nous indique les indices qui sont d'ordre universel et ceux qui ne semblent pas très pertinents du point de vue phonétique, parce qu'ils varient en fonction des locuteurs. Nous souhaitons montrer sur quels indices s'appuient les oppositions entre les fricatives étudiées, c'est pourquoi, lors des analyses nous avons élaboré plusieurs graphiques avec toutes les fricatives, afin de les comparer plus facilement entre elles. Ainsi, le but principal que nous voudrions atteindre par l'intermédiaire de l'analyse détaillée qui concerne chaque locuteur est la conclusion générale qui s'en dégage et qui s'imposerait après observation et synthèse. La conclusion suivra le raisonnement et nous permettra de vérifier nos hypothèses pas à pas en se basant sur les résultats obtenus. En effet, à partir des analyses, nous pouvons déduire des conclusions qui pourraient intéresser les chercheurs qui étudient la langue arabe et éventuellement contribuer à la marche générale de la connaissance sur les mécanismes de la parole : le rapport entre signal et signe.

2.1 Méthode

Pour cette étude, nous avons mesuré le centre de gravité du bruit de friction de toutes les fricatives de l'arabe standard, situées en contexte vocalique. En effet, la fricative est suivie de la voyelle longue [a:] en position initiale. Elle est précédée de la voyelle longue [a:] et suivie de la voyelle brève [a] en position intervocalique et elle est précédée de la voyelle brève [a] en position finale. Les phrases porteuses de ces séquences ont été répétées au moins dix fois par trois femmes et trois hommes âgés de 23 à 26 ans.

La segmentation des séquences, c'est-à-dire la fricative ainsi que son entourage vocalique s'est faite, d'abord, manuellement, et ce, en prenant comme repères l'apparition et la disparition d'une structure formantique clairement définie. Nous avons utilisé, ensuite, un script proposé par Gendrot qui nous a permis de relever les mesures de façon automatique. En effet, la mesure est la même quel que soit le type de phonème. Pour les spectres, toutes les mesures sont prises entre $1/3-0.0075$ et $2/3+0.0075$ du phonème. Ainsi, toutes les mesures ont été obtenues à l'aide du logiciel PRAAT (Boersma, 2001), dans le tiers central du phonème.

Une fois les résultats obtenus, nous avons restreint les répétitions à dix au lieu de onze ou douze, et ce dans le but de les soumettre à une analyse statistique. Ainsi, nous avons supprimé les valeurs qui se situaient le plus loin de la moyenne en conservant ainsi les dix répétitions les plus représentatives. Nous avons, par la suite, répertorié les résultats obtenus dans des tableaux où les moyennes et les écarts-types ont été calculés.

Nous tenons à aviser que pour le calcul du centre de gravité acoustique, la limite supérieure des mesures du bruit de friction a été fixée à 15000 Hz, par mesure de sécurité et afin de prendre en considération l'éventuelle présence de pics intenses pour certaines fricatives sibilantes, notamment le [s] ou le [s^h], mais également des limites dues à la sensibilité du micro ou du champ de l'audition. Pour les autres fricatives, l'énergie du spectre est assez faible dans les fréquences supérieures à 10000 Hz. Ainsi, la valeur du centre de gravité ne changera pas beaucoup, si l'on augmente l'intervalle jusqu'à 15000 Hz. Notons, par ailleurs, que nous sommes consciente que la source de voisement relative aux fricatives voisées tire le CoG vers le bas. Toutefois, nous ne souhaitons pas filtrer le signal (high-pass), afin de faciliter la tâche pour une éventuelle future étude comparative. Ainsi, nous avons gardé les mêmes paramètres de mesures pour toutes les fricatives et tous les lieux d'articulation.

Enfin, nous avons effectué des analyses pour quatorze fricatives situées dans trois positions différentes (initiale, intervocalique, finale) et répétées dix fois par six locuteurs :

14 fricatives **X** 3 positions **X** 10 répétitions **X** 6 locuteurs = 2520 occurrences.

2.2 Résultats

2.2.1 Analyses de variance (ANOVA)

Dans la présente étude, nous considérerons les résultats obtenus à partir des analyses de variance à mesure répétées comme une étude préliminaire menant à des hypothèses qui vont être vérifiées lors des analyses détaillées.

Les résultats de cette étude sont obtenus à partir de mesures du centre de gravité du bruit de friction des fricatives suivantes :

- 1 labiodentale [f] ;
- 3 interdentes (une non voisée [θ], une voisée [ð] et une pharyngalisée voisée [ð^ʕ]) ;
- 3 alvéolaires (une non voisée [s], une pharyngalisée non voisée [s^ʕ], une voisée [z]) ;
- 2 postalvéolaires (une non voisée [ʃ] et une voisée [ʒ]) ;
- 2 uvulaires (une non voisée [χ] et une voisée [ʁ]) ;
- 2 pharyngales (une non voisée [ħ] et une voisée [ʕ]) ;
- 1 laryngale [h].

Ces quatorze fricatives sont situées dans le même contexte vocalique pour chacune des trois positions suivantes (initiale, intervocalique et finale). Par ailleurs, chaque phrase porteuse a été répétée au moins dix fois par six locuteurs (trois femmes et trois hommes).

Les analyses de variance (ANOVA) à mesures répétées ont été effectuées pour la variable centre de gravité du bruit de friction, avec $\alpha < 0.05$. L'objectif était de vérifier s'il existait des effets principaux des facteurs suivants :

- (1) *Locuteurs*
- (2) *Sexe*
- (3) *Lieu d'articulation*
- (4) *Voisement*

Nous présenterons dans ce travail les tableaux obtenus à partir du logiciel de statistiques SPSS, pour chaque position des fricatives, afin de montrer tous les résultats obtenus, y compris, ceux qui n'ont pas été significatifs.

* ce signe exprime l'effet significatif.

Remarque

Dans le but d'obtenir des résultats logiques, nous avons procédé à l'étude de l'effet du trait du voisement des fricatives et son interaction avec les autres facteurs séparément, car pour notre étude, nous avons deux fricatives n'ayant pas d'homologues voisées, à savoir la labiodentale [f] et la laryngale [h]. Ainsi, nous avons soumis les valeurs des paires de fricatives qui suivent la règle (non voisée/ voisée), c'est-à-dire les interdentes ([θ], [ð]), les alvéolaires ([s], [z]), les postalvéolaires ([ʃ], [ʒ]), les uvulaires ([χ], [ʁ]) et les pharyngales ([ħ], [ʕ]) aux mesures de variance et en suivant les mêmes règles et conditions utilisées pour la totalité des fricatives. Les résultats obtenus à partir de ces analyses en ce qui concerne le centre de gravité du bruit de friction, avec $\alpha < 0.05$, ont montré les mêmes effets principaux que ceux obtenus pour la totalité des fricatives, à l'exception de l'effet *voisement* qui s'est révélé significatif pour les trois positions. De ce fait, nous présenterons les données qui en résultent. En effet, les résultats relatifs au voisement et son interaction avec d'autres facteurs apparaîtront dans un tableau séparé à la suite immédiate de celui qui concerne toutes les fricatives.

2.3.1.1 Position initiale

Dans cette partie, la fricative est située en position initiale suivie de la voyelle longue [a:], à savoir [C_{fricative} – a:].

**Tableau 4. Résultats des analyses de variance du COG du bruit de friction de toutes les fricatives
Position initiale**

Analysis of Variance Table (toutes les fricatives)						
Source		Sum of	Mean		Prob,	Power
Term	DF	Squares	Square	F-Ratio	Level	(Alpha=0,05)
Sexe	1	2,965354E+07	2,965354E+07	0,62	0,474517	0,094699
Locuteurs	4	1,907884E+08	4,76971E+07	160,99	0,000000*	
Voisement	1	6,437356E+07	6,437356E+07	2,91	0,163125	0,260705
Sexe/ Voisement	1	103899,7	103899,7	0,00	0,948634	0,050334
Lieu d'articulation	8	3,068018E+09	3,835023E+08	27,45	0,000000*	1,000000
Sexe/ Lieu d'articulation	8	1,311455E+08	1,639319E+07	1,17	0,344902	0,446891
Locuteurs/ Lieu d'articulation (A)	32	4,470119E+08	1,396912E+07	47,15	0,000000*	
Voisement/ Lieu d'articulation	8	3,197446E+08	3,996808E+07	2,36	0,122771	0,513755
Sexe/ Voisement/ Lieu	8	2,783474E+07	3479343	0,21	0,980875	0,079231
S	756	2,239896E+08	296282,6			
Total (Adjusted)	839	6,879882E+09				
Total	840					

* Term significant at alpha = 0,05

**Tableau 5. Résultats des analyses de variance du COG du bruit de friction des fricatives concernées par le
voisement/ Position initiale**

Analysis of Variance Table (les fricatives concernées par le voisement)						
Source		Sum of	Mean		Prob	Power
Term	DF	Squares	Square	F-Ratio	Level	(Alpha=0,05)
Voisement	1	8,87539E+08	8,87539E+08	42,82	0,002819*	0,996764
Locuteurs/ Voisement (A)	4	8,291475E+07	2,072869E+07	67,89	0,000000*	
Lieu d'articulation/ Voisement	4	3,197446E+08	7,993616E+07	9,08	0,000502*	0,993139
S	540	1,648851E+08	305342,8			
Total (Adjusted)	599	4,065062E+09				
Total	600					

* Term significant at alpha = 0,05

Interprétation des résultats de la position initiale

L'effet (1) *locuteurs* s'est montré significatif pour la variable centre de gravité du bruit de friction (1) *locuteurs* [$F(5,4)=160.99$, $p<0.0000$] ;

Les locuteurs ont un effet significatif sur le centre de gravité du bruit de friction des fricatives de notre étude, car il y a une variabilité entre les productions de ces derniers. Ainsi, la moyenne des fréquences du bruit de friction diffère d'un locuteur à l'autre. Étant donné que, l'anatomie du conduit vocal change selon le sexe et l'âge Ménard (2002), et que la résistance de la pression intra-orale est sensiblement différente d'une personne à l'autre, c'est ce qui pourrait engendrer la variation dans la production de la parole.

Parallèlement, l'effet (3) *lieu d'articulation* des fricatives s'est avéré significatif pour la variable centre de gravité du bruit de friction (3) *lieu d'articulation* [$F(6,8)=27.45$, $p<0.0000$].

Le lieu d'articulation a un effet significatif sur le centre de gravité du bruit de friction (CoG) des fricatives, car nous pouvons remarquer, à titre d'exemple, que pour les alvéolaires, respectivement non voisée, pharyngalisée et voisée [s], [s^h], [z] les valeurs sont les plus élevées, par opposition aux autres lieux d'articulation et notamment pour la laryngale non voisée [h] qui a l'une des valeurs du centre de gravité la moins élevée de tous. Cela n'est pas surprenant, car nos résultats montrent que le bruit de fréquence des sibilantes se situe plus haut que celui des laryngales.

De même, l'interaction entre l'effet (1) *locuteurs* et l'effet (3) *lieu d'articulation* s'est montrée significative [$F(5,32)=47.15$, $p<0.0000$].

L'interaction entre les deux effets *locuteurs* et *lieu d'articulation* s'est montrée significative en ce qui concerne le centre de gravité du bruit de friction, car pour chaque locuteur, le CoG du bruit de friction diffère d'un lieu à un autre. Cela tend à montrer que la différence du CoG semble constituer un indice robuste pour la distinction du lieu d'articulation.

L'effet (4) *Voisement* s'est montré significatif pour la variable centre de gravité du bruit de friction (4) *Voisement* [$F(5,1)=42.82$, $p<0.0028$]

Le voisement s'est révélé significatif pour les cinq paires de fricatives, en ce qui concerne le CoG acoustique, car les valeurs que nous avons obtenues correspondant aux fricatives non voisées sont plus élevées que celles correspondant à leurs homologues voisées, en raison des vibrations des cordes vocales qui participeraient à la diminution de la pression intra-orale de l'air et donc de la fréquence du bruit de friction. Signalons également la présence de la barre de voisement dans les basses fréquences.

L'interaction entre l'effet (1) *locuteurs* et l'effet (4) *voisement* s'est, bien entendu, montrée significative pour la variable centre de gravité du bruit de friction [F(5,4)=67.89, $p < 0.0000$], car pour chaque locuteur, il existe une différence entre la fricative non voisée et son homologue voisée. En effet, les résultats révèlent que les fricatives voisées ont un centre de gravité plus faible que les non voisées.

Enfin, l'interaction entre les deux effets (3) *lieu d'articulation* et (4) *voisement* s'est révélée significative [F(5,4)=9.08, $p < 0.0005$] En effet, l'interaction entre les deux effets *voisement* et *lieu d'articulation* s'est, comme attendu, révélée significative en ce qui concerne le centre de gravité du bruit de friction des fricatives de l'arabe, car pour chaque lieu d'articulation la moyenne du CoG acoustique est plus élevée pour les fricatives non voisées que pour les voisées.

Résumé de la position initiale :

Les résultats (ANOVA) obtenus pour la position initiale ont montré les effets suivants :

(1) *Locuteurs* : Cet effet s'est révélé significatif puisqu'il y a une différence entre les résultats du CoG du bruit de friction des locuteurs entre eux, mais également pour le même locuteur. Cela montre qu'il existe une variabilité intra- et inter individuelle dans les productions des fricatives.

(2) *Sexe* : Aucun effet significatif n'a été observé. Cela pourrait s'expliquer par le fait que le CoG fréquentiel varie selon le locuteur, mais n'est pas attaché au sexe des locuteurs, pour cette position.

(3) *Lieu d'articulation* : Cet effet s'est révélé significatif, ce qui montre que le CoG du bruit de friction varie selon le lieu d'articulation de la fricative

(4) *Voisement*: Pour les paires de fricatives interdentes ([θ], [ð]), alvéolaires ([s], [z]), postalvéolaires ([ʃ], [ʒ]), uvulaires ([χ], [ʁ]) et pharyngales ([ħ], [ʕ]), cet effet s'est révélé significatif seul, mais également en interaction avec les effets *locuteurs* et *lieu d'articulation*.

2.2.1.2. Position intervocalique:

Dans cette partie, les fricatives sont situées en position intervocalique Elles sont précédées de la voyelle longue [a:] et suivies de la voyelle brève [a], à savoir [a: - C_{fricative} - a]

Figure 5 : Résultats des analyses de variance du COG du bruit de friction des fricatives Position intervocalique

Analysis of Variance Table (toutes les fricatives)						
Source		Sum of	Mean		Prob	Power
Term	DF	Squares	Square	F-Ratio	Level	(Alpha=0,05)
Sexe	1	2,699568E+07	2,699568E+07	1,60	0,274793	0,165972
Locuteurs	4	6,756056E+07	1,689014E+07	79,34	0,000000*	
Voisement	1	2,156973E+07	2,156973E+07	1,23	0,329170	0,139234
Sexe/ Voisement	1	5000450	5000450	0,29	0,621308	0,070421
Lieu d'articulation	8	3,150052E+09	3,937565E+08	61,52	0,000000*	1,000000
Sexe/ Lieu d'articulation	8	1,392438E+08	1,740547E+07	2,72	0,020843*	0,862341
Locuteurs/ Lieu d'articulation (A)	32	2,047995E+08	6399985	30,06	0,000000*	
Voisement/ Lieu d'articulation	8	1,837502E+08	2,296878E+07	1,62	0,254968	0,360361
Sexe/ Voisement/ Lieu	8	1,127874E+07	1409843	0,10	0,998126	0,063532
S	756	1,609425E+08	212887			
Total (Adjusted)	839	5,608394E+09				
Total	840					

* Term significant at alpha = 0,05

Figure 6 : Résultats des analyses de variance du COG du bruit de friction des fricatives concernées par le voisement/Position intervocalique

Analysis of Variance Table (les fricatives concernées par le voisement)						
Source		Sum of	Mean		Prob	Power
Term	DF	Squares	Square	F-Ratio	Level	(Alpha=0,05)
Voisement	1	5,798324E+08	5,798324E+08	38,56	0,003422*	0,993842
Locuteurs/ Voisement (A)	4	6,014338E+07	1,503585E+07	66,14	0,000000*	
Lieux d'articulation/ Voisement	4		1,837135E+084,592837E+07			5,97
		0,003899*	0,939092			
S	540	1,227676E+08	227347,3			
Total (Adjusted)	599	3,497318E+09				
Total	600					

* Term significant at alpha = 0,05

Interprétation des résultats de la position intervocalique

L'effet (1) *locuteurs* s'est révélé significatif pour la variable centre de gravité du bruit de friction (1) *locuteurs* [F(5,4) = 79.34, p<0.0000] ;

Pareillement à la position initiale, les *locuteurs* ont un effet significatif sur le centre de gravité du bruit de friction des fricatives situées en position intervocalique. Effectivement, il existe une variabilité entre les productions de ces derniers car la moyenne des fréquences du bruit de friction diffère d'un locuteur à l'autre.

L'effet (4) *lieu d'articulation* s'est révélé significatif pour la variable centre de gravité du bruit de friction [$F(6,8) = 61.52, p < 0.0000$] ;

En effet, le lieu d'articulation a un effet significatif sur le centre de gravité du bruit de friction. Nos résultats montrent que les valeurs du CoG diffèrent d'un lieu à l'autre, car si nous les classons dans l'ordre croissant, elles correspondront, respectivement, au résultat suivant : la laryngale, les interdentes voisées, les pharyngales, les uvulaires, l'interdentale non voisée, la labiodentale, les postalvéolaires et enfin les alvéolaires (*cf. Annexes, figures 98*). Cette variabilité peut être expliquée, d'une part, par l'intensité comme pour la différence entre les sibilantes et les non sibilantes. D'autre part, les formants (zones de fréquences où le bruit est renforcé) dans les consonnes, dépendent des résonances du conduit vocal en avant de la constriction (Fant, 1960). Dans notre étude, nous pensons que plus le lieu d'articulation des fricatives situées dans un environnement vocalique [a] bref ou [a:] long est postérieur, plus on peut prédire un CoG faible.

De plus, l'interaction entre les deux effets (2) *sexe* et (4) *lieu d'articulation* s'est révélée significative en ce qui concerne le centre de gravité du bruit de friction [$F(1,8) = 2.72, p < 0.0208$] ;

L'interaction entre le *sexe* et le *lieu d'articulation* a un effet significatif sur le CoG du bruit de friction, pour cette position. Par conséquent, les valeurs du CoG du bruit de friction des trois locutrices sont différentes de celles des trois locuteurs masculins, pour les différents lieux d'articulation, de notre étude. Effectivement, les résultats montrent que pour cette position les valeurs du CoG du bruit de friction sont plus élevées pour les locutrices que pour les locuteurs masculins. Cela est révélateur pour la position intervocalique, parce que les fricatives qui sont situées entre deux voyelles sont doublement influencées : d'une part, par le timbre des voyelles adjacentes, qui, diffère en fonction du genre du locuteur puisque que les formants des voyelles varient en fonction du sexe, (Peterson et Barney, 1952). D'autre part, le CoG du bruit de friction est déterminé par le lieu. Parallèlement, l'interaction entre les deux effets (1) *locuteurs* et (4) *lieu d'articulation* s'est montrée significative pour ce qui est du centre de gravité du bruit de friction [$F(5,32) = 30.06, p < 0.0000$] ;

Effectivement, l'interaction entre les *locuteurs* et le lieu d'articulation a un effet significatif sur le centre de gravité du bruit de friction, car pour chacun des locuteurs, le CoG du bruit de friction varie d'un lieu d'articulation à l'autre puisque le bruit de friction est le résultat du resserrement dans le conduit vocal et que le lieu de resserrement donne à la cavité buccale une configuration particulière qui détermine la fréquence et l'intensité du bruit.

L'effet (4) *voisement* s'est révélé significatif pour le centre de gravité du bruit de friction (4) *voisement* [F(5,1)=38.56, p<0.0034].

Comme pour la position initiale, le *voisement* s'est montré significatif pour cette position, toujours pour le CoG acoustique en ce qui concerne les paires de fricatives ([θ], [ð]), ([s], [z]), ([ʃ], [ʒ]), ([χ], [ʁ]) et ([h], [ɦ]), puisque nos résultats montrent un CoG du bruit de friction plus élevé pour les non voisées comparativement à leurs homologues voisées.

En outre, l'interaction entre les deux effets (1) *locuteurs* et (3) *voisement* s'est montrée significative pour le CoG du bruit de friction des fricatives [F(5,4) = 66.14, p<0.0000].

L'interaction entre les *locuteurs* et le *voisement* a un effet significatif sur le centre de gravité du bruit de friction car, pour chacun des six locuteurs, une différence entre le CoG du bruit de friction des fricatives non voisées et des fricatives voisées est présente. En effet, les valeurs qui correspondent aux voisées sont les moins élevées car elles subissent une double excitation : des vibrations des cordes vocales et une friction du bruit au niveau du lieu de constriction. La vibration des cordes vocales a pour effet sur l'air expiré d'atteindre le lieu de la constriction avec moins de force que si la glotte était ouverte, Jacques (1990).

Enfin, l'interaction entre les deux effets (3) *lieu d'articulation* et (4) *voisement* s'est révélée significative pour le centre de gravité du bruit de friction [F(5,4) = 5.97, p<0.0039].

En effet, cette interaction a un effet significatif sur le centre de gravité du bruit de friction, car les valeurs du CoG du bruit de friction sont plus élevées pour les non voisées que leurs homologues voisées pour chacun des cinq lieux d'articulation précédemment cités.

Résumé de la position intervocalique :

En résumé des résultats obtenus pour la position intervocalique en fonction des mêmes critères cités ci-dessus :

(1) *Locuteurs* : cet effet s'est révélé significatif pour la position intervocalique car il y a une variabilité intra- et inter locuteur dans les productions des fricatives.

(2) *Sexe* : cet effet s'est montré significatif pour cette position, contrairement à la position initiale, mais en interaction avec d'autres effets comme le lieu d'articulation et les 2

effets, locuteurs et lieu d'articulation. Cela pourrait être expliqué par la position de la fricative entre deux voyelles et l'influence du contexte sur celle-ci.

(3) *Lieu d'articulation* : cet effet s'est révélé significatif, car le CoG du bruit de friction varie selon le lieu d'articulation de la fricative.

(4) *Voisement* : cet effet s'est révélé significatif pour cette position seul et en interaction avec les effets *locuteurs* et *lieu d'articulation*, en raison de la vibration des cordes vocales.

2.2.1.3. Position finale

Les mesures du centre de gravité du bruit de friction obtenues dans cette partie d'étude concernent les fricatives situées en position finale. Ces fricatives sont situées dans le même contexte vocalique, précédées de la voyelle brève [a], à savoir [a - C_{fricative}].

**Tableau 6 : Résultats des analyses de variance du COG du bruit de friction des fricatives
Position finale**

Analysis of Variance Table(toutes les fricatives)						
Source		Sum of	Mean		Prob	Power
Term	DF	Squares	Square	F-Ratio	Level	(Alpha=0,05)
Sexe	1	1,318099E+07	1,318099E+07	0,33	0,599008	0,073261
Locuteurs (A)	4	1,621319E+08	4,053298E+07	262,56	0,000000*	
Voisement	1	2443595	2443595	0,32	0,601421	0,072941
Sexe/ Voisement	1	2299655	2299655	0,30	0,611951	0,071582
Lieu d'articulation	8	3,587955E+09	4,484943E+08	86,99	0,000000*	1,000000
Sexe/ Lieu d'articulation	8	2,960596E+08	3,700744E+07	7,18	0,000020*	0,999727
Locuteurs/ Lieu d'articulation (A)	32	1,649791E+08	5155596	33,40	0,000000*	
Voisement/ Lieu d'articulation	8	2,260488E+08	2,82561E+07	3,09	0,065828	0,643198
Sexe/ Voisement/Lieu	8	2,171252E+07	2714065	0,30	0,947509	0,093618
S	756	1,167072E+08	154374,5			
Total (Adjusted)	839	6,092509E+09				
Total	840					

* Term significant at alpha = 0,05

Tableau 7 : Résultats des analyses de variance du COG du bruit de friction des fricatives concernées par le voisement/ position finale

Analysis of Variance Table (les fricatives concernées par le voisement)						
Source		Sum of	Mean		Prob	Power
Term	DF	Squares	Square	F-Ratio	Level	(Alpha=0,05)
Voisement	1	2,817008E+08	2,817008E+08	61,82	0,001414*	0,999829
Locuteurs/ Voisement (A)	4	1,822717E+07	4556793	27,97	0,000000*	
Lieu d'articulation/ Voisement	4	2,260488E+08	5,65122E+07	10,57	0,000219*	0,997815
S	540	8,796274E+07	162894			
Total (Adjusted)	599	3,853684E+09				
Total	600					

* Term significant at alpha = 0,05

Interprétation des résultats de la position finale

L'effet (1) *locuteurs* s'est montré significatif pour la variable centre de gravité du bruit de friction (1) *locuteurs* [$F(5,4) = 262.56, p < 0.0000$] ;

Pour cette position encore, la variable *locuteurs* a un effet significatif sur le CoG du bruit de friction des fricatives. Cela est dû à la variabilité dans les productions, qui peut être liée à la physiologie du conduit vocal de chacun des locuteurs.

L'effet (3) *lieu d'articulation* s'est révélé significatif pour la variable centre de gravité du bruit de friction [$F(6,8) = 86.99, p < 0.0000$]

Le lieu d'articulation a un effet significatif sur le CoG du bruit de friction, car le bruit de friction dépend du lieu de resserrement du chenal.

L'interaction entre l'effet (2) *sexe* et l'effet (3) *lieu d'articulation* s'est montrée significative pour le CoG du bruit de friction [$F(1,8) = 7.18, p < 0.0000$]

L'interaction entre le *sexe* et le *lieu d'articulation* a un effet significatif sur le CoG du bruit de friction, car les résultats obtenus diffèrent pour les femmes et les hommes, pour les différents lieux d'articulation. Nous pourrions expliquer cela par le fait que le conduit vocal des femmes est plus court que celui des hommes, en raison, principalement, de la position plus élevée du larynx. En effet, selon une étude de Ménard (2002 : 31), à l'instar de Kent (1997 : 144)

« *La longueur du pharynx (mesuré du velum à la glotte) et celle de la cavité buccale (mesurée des incisives à la paroi pharyngale) seraient respectivement de 8,5 cm et 8 cm pour l'homme adulte, alors qu'elles seraient de 6,2 cm et 6,7 cm pour la femme adulte.* »

L'interaction entre les deux effets (1) *locuteurs* et (3) *lieu d'articulation* s'est révélée significative pour le CoG du bruit de friction [$F(5,32) = 33.40, p < 0.0000$].

Encore une fois, l'interaction entre les deux effets *locuteurs* et *lieu d'articulation* a un effet statistiquement significatif sur le CoG du bruit de friction, pour cette position, car les moyennes des fréquences divergent d'un lieu à l'autre. Invariablement, elles restent les plus élevées pour l'alvéolaire [s] et la pharyngalisée [s^ɸ], car il s'agit de sons turbulents avec une forte intensité.

L'effet (4) *voisement* s'est révélé significatif pour le centre de gravité fréquentiel (4) *voisement* [$F(5,1)=61.82, p < 0.0014$].

Le *voisement* s'est montré significatif pour le CoG fréquentiel en ce qui concerne la position finale, comme il l'a été pour la position initiale et intervocalique, car les résultats correspondant aux fricatives non voisées des paires ([θ], [ð]), ([s], [z]), ([ʃ], [ʒ]), ([χ], [ʁ]) et ([h], [ɦ]) sont plus élevés que celui de leur homologues voisées.

De même, l'interaction entre l'effet (1) *locuteurs* et l'effet (4) *voisement* s'est révélée significative [$F(5,4) = 27.97, p < 0.0000$].

En effet, l'interaction entre les effets *locuteurs* et *voisement* s'est montrée significative. Cela est expliqué par le fait que les valeurs des moyennes de CoG des fricatives non voisées et leurs correspondantes voisées sont bien distinctes. Cette variation diffère d'un locuteur à l'autre.

De même, l'interaction entre les deux effets (3) *lieu d'articulation* et (4) *voisement* s'est montrée significative pour le CoG du bruit de friction [$F(5,4) = 10.57, p < 0.0002$].

L'interaction entre les deux effets *voisement* et *lieu d'articulation* a un effet significatif sur le CoG du bruit de friction, car les moyennes de CoG sont plus élevées pour les fricatives non voisées pour les cinq lieux d'articulation. En outre, la différence de valeurs entre les fricatives non voisées et voisées diffère d'un lieu à un autre.

Résumé de la position finale :

Voici un résumé des résultats obtenus pour la position finale selon les mêmes critères, déjà cités :

(1) *Locuteurs* : Pour cette position, cet effet s'est révélé significatif, car il existe une variabilité intra- et inter-individuelle dans les productions des locuteurs.

(2) *Sexe* : Pour cette position, l'effet *sexe* s'est révélé significatif en interaction avec l'effet *lieu d'articulation*, car les résultats liés aux lieux d'articulation, qui regroupent parfois

deux à trois fricatives, sont distincts entre les deux sexes féminins et masculins. Ils sont pour la plupart des lieux plus élevés chez les femmes ;

(3) *Lieu d'articulation* : Cet effet s'est révélé significatif, car le CoG du bruit de friction varie selon le lieu de constriction de la fricative ;

(4) *Voisement* : Cet effet s'est révélé significatif pour cette position, seul et en interaction, deux fois. La première fois, avec l'effet *locuteurs* et la seconde fois avec l'effet *lieu d'articulation*, car le CoG des non voisées est plus élevé que celui des voisées pour chaque locuteur et chaque lieu d'articulation.

Résumé des trois positions :

Tableau : Résultats des analyses (ANOVA) du CoG fréquentiel des fricatives de l'arabe standard pour les trois positions

CoG	Position initiale	Position intervocalique	Position finale
<i>Locuteur</i>	*	*	*
<i>Sexe</i>	/	/	/
<i>Lieu d'articulation</i>	*	*	*
<i>Voisement</i>	*	*	*
<hr/>			
<i>Locuteur/ voisement</i>	*	*	*
<i>Locuteur/lieu d'articulation</i>	/	/	*
<i>Lieu/ voisement</i>	*	*	*
<i>Sexe/ lieu d'articulation</i>	/	*	*

Légende :

*	significatif
/	non significatif

2.2.2 Analyse des données

Nous aborderons, à présent, l'analyse des résultats obtenus des mesures du centre de gravité du bruit de friction des fricatives de l'arabe standard, en nous référant aux données acquises grâce aux analyses statistiques ANOVA, afin de voir leur pertinence, mais également pour observer certaines tendances de façon plus fine.

Nous tenons à rappeler que tout au long de cette étude, les fricatives de l'arabe sont suivies de la voyelle longue [a:] en position initiale. Toutefois, elles sont précédées de la voyelle longue [a:] et suivies de la voyelle brève [a] en position intervocalique, et précédées par la voyelle brève [a] en position finale. Lors de notre analyse, nous aborderons les fricatives non voisées [f] et [h] seules, car elles n'ont ni de correspondantes voisées ni pharyngalisées en arabe standard. Néanmoins, nous étudierons les trios ([θ], [ð], [ð^h]), ([s], [z], [s^h]), et les paires ([ʃ], [ʒ]), ([ħ], [ʕ]), ([χ], [ʁ]) ensemble. Par ailleurs, nous classerons les locuteurs de 1 à 6 selon leur apparition sur les graphiques. Ainsi, ils suivront cet ordre-là : La locutrice 1= Nawel, la locutrice 2= Habiba, la locutrice 3= Seloua, le locuteur 4= Moadh, le locuteur 5= Abdarraouf, le locuteur 6= Sofiane.

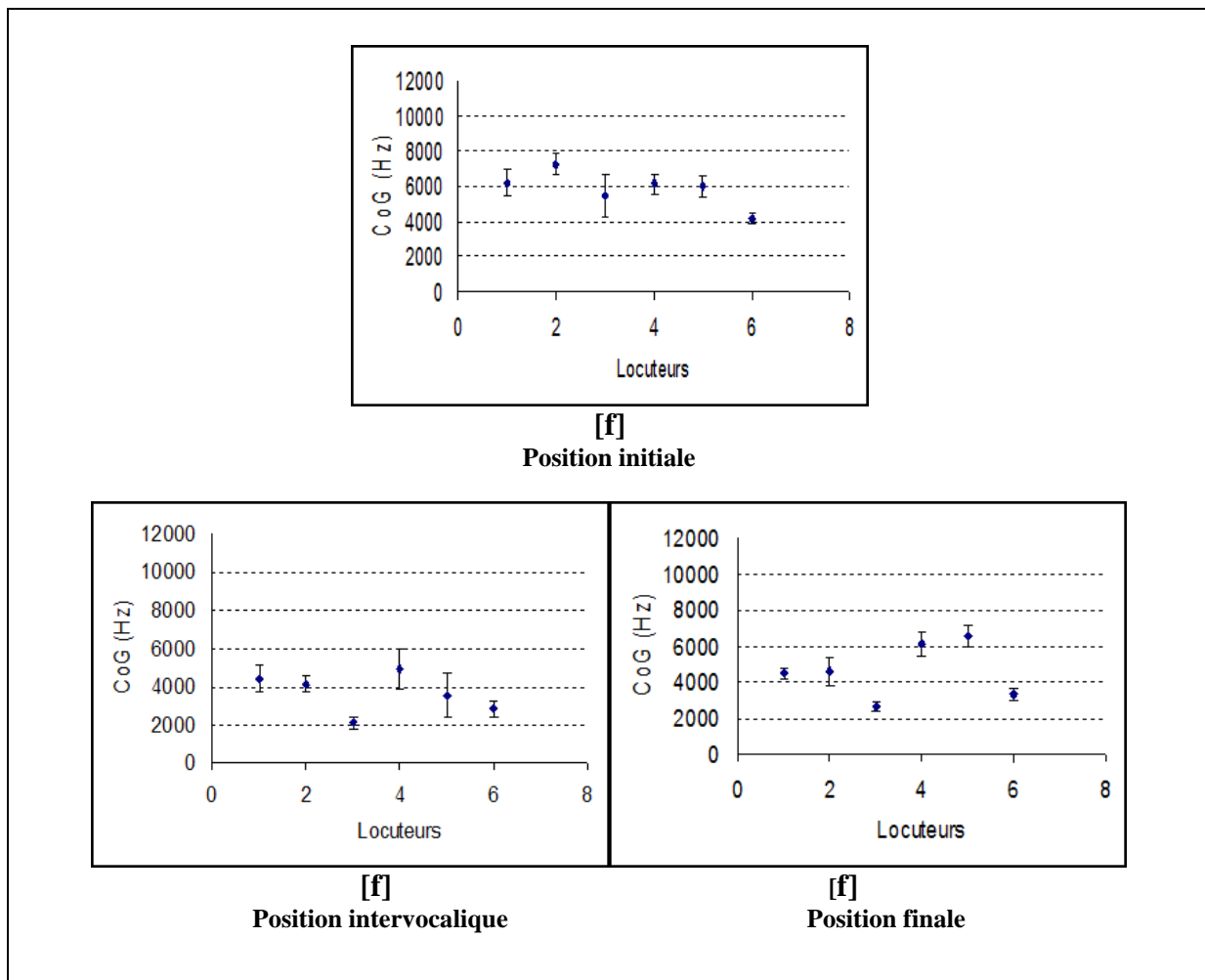
Nous avons mis les écarts-types, ayant des valeurs ne demandant pas de commentaires, entre parenthèses. Autrement dit, nous noterons parfois la moyenne suivie immédiatement de l'écart-type qui lui correspond, lorsque celui-ci n'est ni élevé ni faible.

2.2.2.1 Étude du rapport CoG du bruit de friction/ locuteurs

○ La fricative [f]

L'ensemble des graphiques représenté dans les *figures 7* montre clairement que les moyennes fréquentielles du CoG du bruit de friction de la fricative labiodentale non voisée [f] varient d'un locuteur à l'autre, et ce, quelle que soit la position (initiale, intervocalique ou finale), ce qui témoigne de la variabilité inter-locuteur. Par ailleurs, nous pouvons voir dans le graphique relatif à la position initiale que la valeur correspondant à la moyenne du CoG du bruit de friction de la fricative [f] produite par le locuteur 6 (Sofiane) est la moins élevée, elle est de 3340 Hz avec un écart-type peu élevé de 330 Hz. Toutefois, l'écart-type qui correspond aux résultats de la locutrice 3 (Seloua) est le plus prononcé, il est de 1240 Hz pour une moyenne de 5499 Hz. En effet, pour cette locutrice, la variabilité intra-individuelle est plus

prononcée que pour les autres locuteurs, pour la position initiale. Quant à la position intervocalique, la valeur la moins élevée de la moyenne du CoG du bruit de friction est celle correspondante à la locutrice 3 (Seloua) ; elle est de 2118 Hz avec un écart-type de 317 Hz. Les écart-types des locuteurs 4 et 5, respectivement Moadh et Abdarraouf, sont élevés par opposition aux écarts-types des autres locuteurs. Ils sont de 1054 Hz et 1117 Hz pour une moyenne d'écart-type de 454 Hz pour les autres locuteurs, ce qui montre, encore une fois, que la variabilité intra-individuelle est plus marquée chez ces deux locuteurs, pour cette position. Pour la position finale, la moyenne du centre de gravité la moins élevée revient toujours à la locutrice 3 (Seloua), elle est d'une valeur de 2630 Hz avec un écart-type faible de 285 Hz. Cependant, la moyenne du CoG la plus élevée revient au locuteur 5 (Abdarraouf), elle est de 6540 Hz avec un écart-type relativement important de 605 Hz. Quant à la variabilité intra-locuteur, elle est plus prononcée dans la position finale pour la locutrice 2 (Habiba) avec un écart-type de 788 Hz, mais également pour les locuteurs 4 et 5, avec des écarts-types, respectivement, de 676 Hz et 605 Hz.



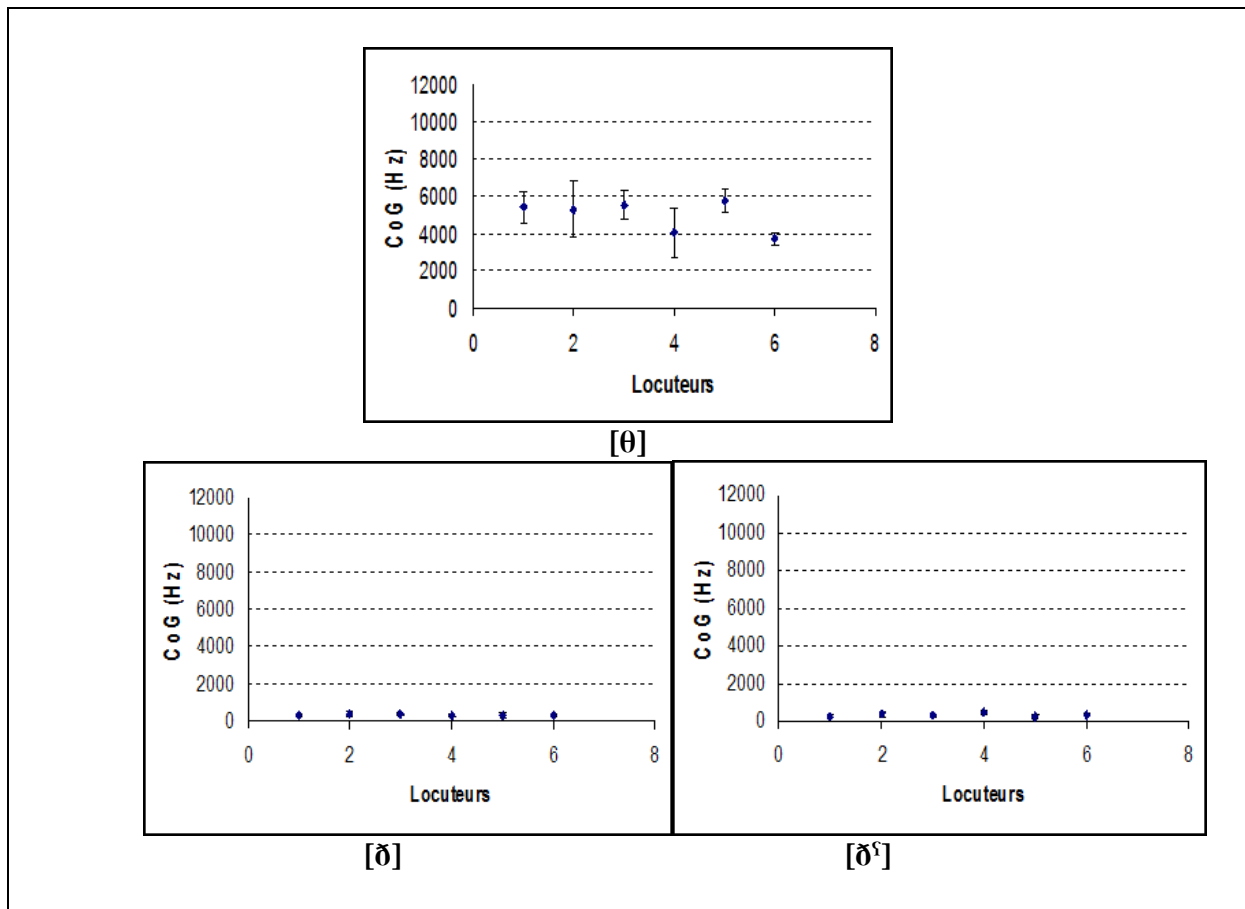
Figures 7 : Valeurs moyennes et écarts-types du CoG du bruit de friction du [f] pour les 6 locuteurs

○ **Les fricatives [θ]/ [ð]/ [ð^ɣ]**

Position initiale

Dans les *figures 8*, nous pouvons remarquer que pour la position initiale, la moyenne du CoG du bruit de friction diffère d'un locuteur à l'autre pour les trois fricatives. Ainsi, la variabilité inter-locuteur est présente. En effet, pour la fricative interdentale non voisée [θ], la moyenne du CoG du bruit de friction la moins élevée revient au locuteur 3 (Sofiane) ; elle est de 3005 Hz avec un écart-type très peu élevé de 301 Hz. Néanmoins, les écarts-types des autres locuteurs sont plus élevés, notamment pour la locutrice 2 (Habiba) et les locuteurs Moadh et Abdarraouf. Aussi, pouvons-nous constater que les valeurs qui correspondent aux moyennes du CoG du bruit de friction de l'interdentale voisée [ð] varient d'un locuteur à l'autre. Les écarts-types sont importants, notamment pour la locutrice Habiba et le locuteur Abdarraouf. Par conséquent, il existe une variabilité intra et inter-locuteur dans les productions de ces deux fricatives. Par ailleurs, nous constatons que les valeurs qui correspondent aux fréquences changent dès que nous passons de la fricative non voisée à la voisée. En effet, la valeur la plus élevée ne dépasse pas 500 Hz pour [ð], alors qu'elle atteint les plus hautes fréquences pour l'interdentale non voisée [θ] 6174 Hz (*cf.* locuteur Moadh, position finale). Quant à la valeur la moins élevée, elle est de 306 Hz pour la fricative interdentale voisée [ð] (*cf.* locutrice Nawel, position initiale) et de 1306 Hz pour l'interdentale non voisée [θ], (*cf.* locutrice Seloua, position intervocalique). En conséquence, l'interaction entre le voisement et les locuteurs a un effet sur le CoG de cette paire de fricatives ([θ], [ð]).

D'autre part, si nous observons les *figures 8* correspondant à l'interdentale voisée pharyngalisée [ð^ɣ] et sa correspondante non pharyngalisée [ð], nous remarquons que certaines ressemblances jaillissent : les valeurs sont proches dans la plupart des cas. Cependant, les moyennes du CoG diffèrent d'un locuteur à l'autre et les écarts-types restent peu élevés pour la pharyngalisée [ð^ɣ], ce qui suggère une certaine variabilité intra- et inter-locuteur.

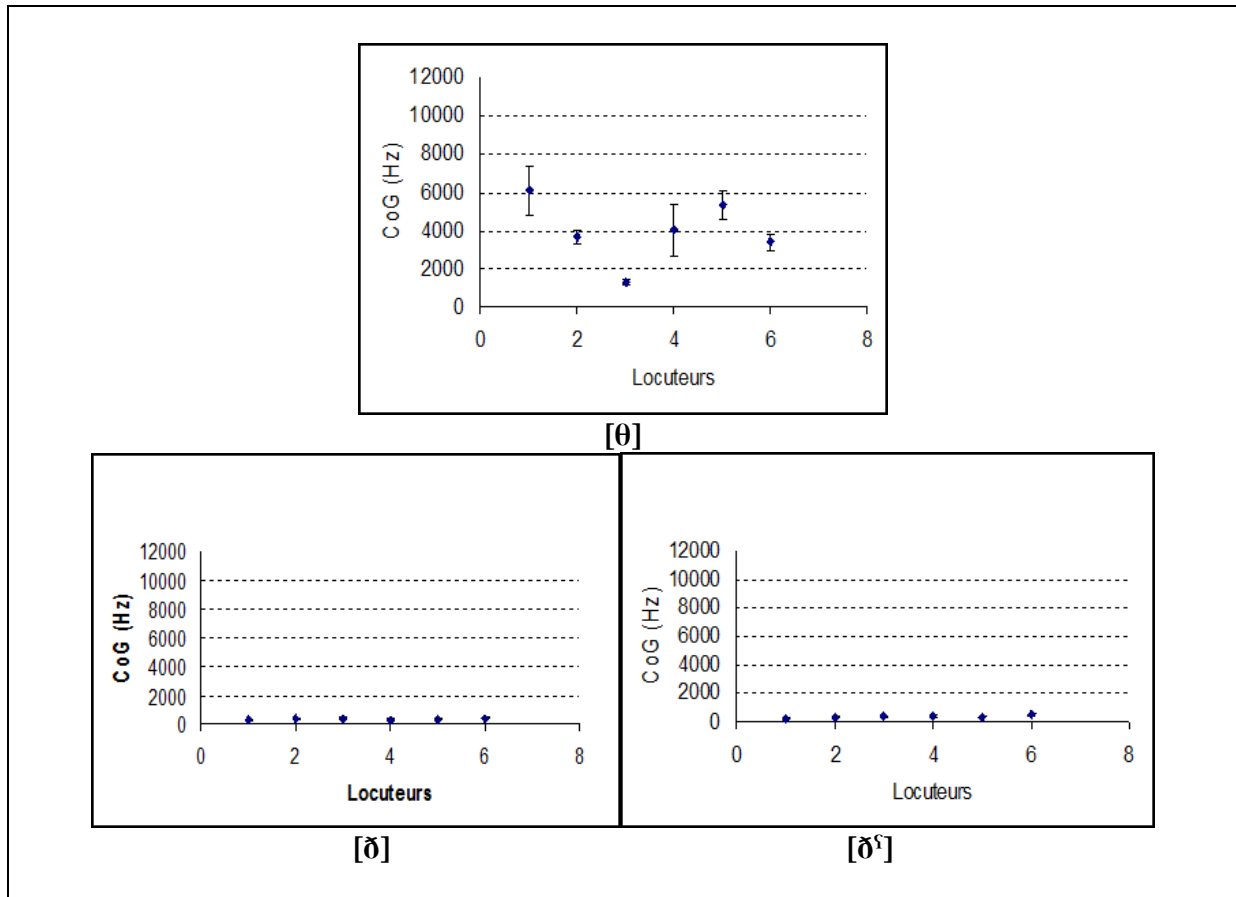


Figures 8 : Valeurs moyennes et écarts-types du CoG du bruit de friction des fricatives [θ], [ð] et [ðʰ] pour les 6 locuteurs/ Position initiale

Position intervocalique

Contrairement à la position initiale, nous pouvons remarquer que pour la position intervocalique, il existe de grands écarts entre les locuteurs en ce qui concerne les moyennes de CoG de l'interdentale non voisée [θ]. Prenons à titre d'exemple la valeur la plus basse, celle de la locutrice 3 (Seloua) : elle est de 1306 Hz (182 Hz) par opposition à la valeur la plus élevée correspondant à la locutrice 1 (Nawel) qui est de 6088 Hz (1264 Hz). Ainsi, la variabilité inter-individuelle est très prononcée pour [θ] en position intervocalique. En revanche, entre les fricatives voisées non pharyngalisée [ð] et pharyngalisée [ðʰ] les valeurs de CoG sont proches pour les six locuteurs. Elles varient, dans cette position, entre 260 Hz (20 Hz) et 436 Hz (83 Hz), pour [ð] et entre 254 Hz (7 Hz) et 501 Hz (91 Hz), pour [ðʰ]. Nous tenons à signaler que ces valeurs peuvent correspondre au F0, dû à la barre de voisement qui tire le CoG vers le bas. Par ailleurs, nous trouvons que le CoG n'est pas un indice discriminatif pour la pharyngalisation, même s'il existe, tout de même, une variation entre les

productions des locuteurs, notamment pour les interdentes voisées [ð] et [ð^s]. Par ailleurs, les données montrent également que le voisement est bien marqué entre les fricatives de la paire interdente [θ] et [ð], puisque la différence entre les moyennes de CoG pour tous les locuteurs confondus est de 3624 Hz.

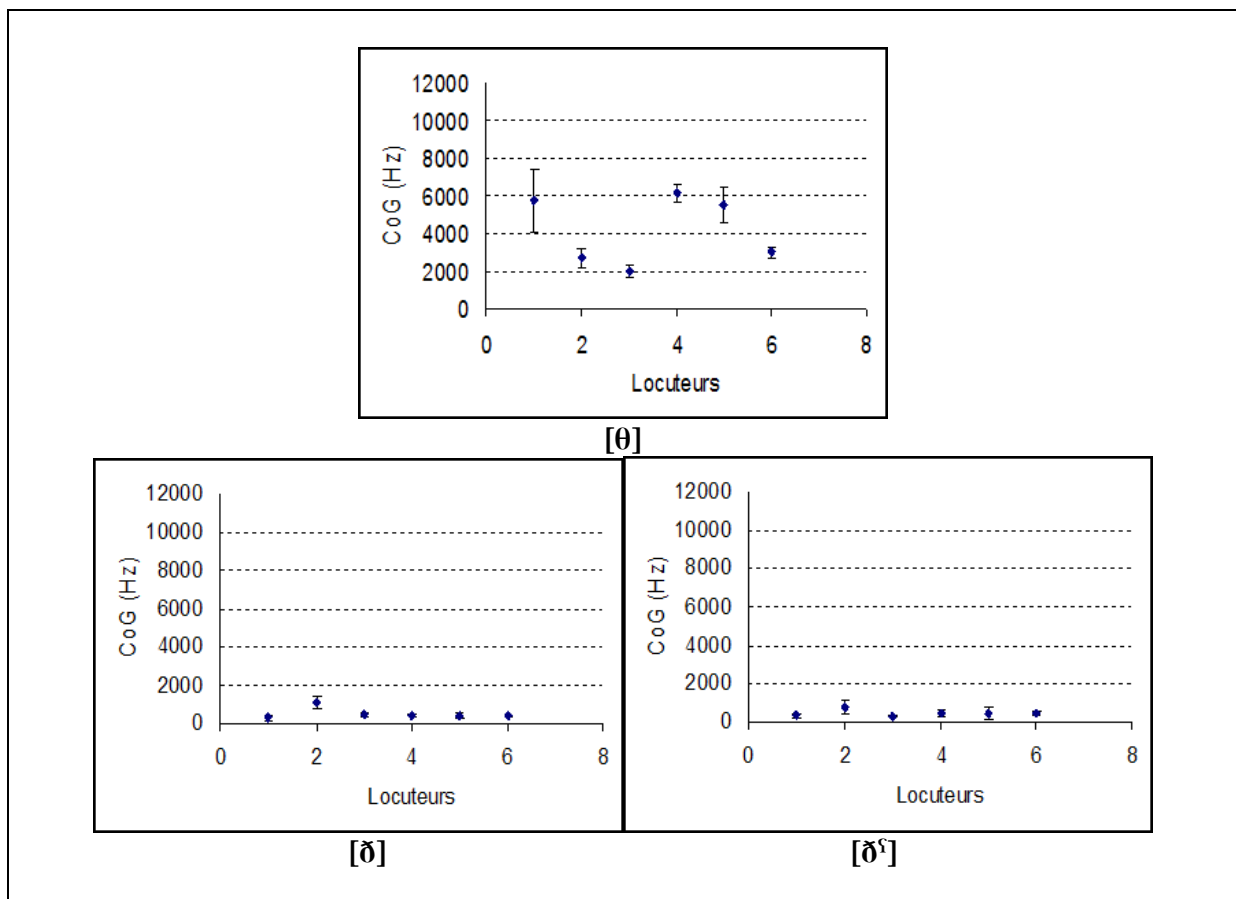


Figures 9 : Valeurs moyennes et écarts-types du CoG du bruit de friction des fricatives [θ], [ð] et [ð^s] pour les 6 locuteurs/ Position intervocalique

Position finale

Les valeurs correspondant à la fricative interdente non voisée [θ] varient d'un locuteur à l'autre, elles vont de 1988 Hz (314 Hz) pour la locutrice 3 (Seloua) à 6174 Hz (485 Hz) pour le locuteur 4 (Moadh), en position finale. Cependant, la moyenne du CoG de l'interdente [ð] atteint, contre toute attente, 1099 Hz avec un écart-type assez important de 349 Hz, en position finale. Il s'agit de la plus importante valeur relevée dans cette étude, pour cette fricative, et ce, pour la locutrice 2 (Habiba). De la même manière, l'interdente pharyngalisée [ð^s] atteint sa plus importante valeur de 810 Hz avec un écart-type important de 375 Hz pour la même locutrice et la même position. Nous remarquons que les écart-types les

plus élevés, qui manifestent une importante variabilité intra-individuelle, reviennent à la locutrice 1 pour la production du [θ] et pour la locutrice 2 pour la production des fricatives [ð] et [ð^s], mais également pour le locuteur 5 en ce qui concerne la fricative pharyngalisée [ð^s]. Cependant, il existe tout de même des différences dans toutes les valeurs, ce qui explique une variabilité intra et interindividuelle.



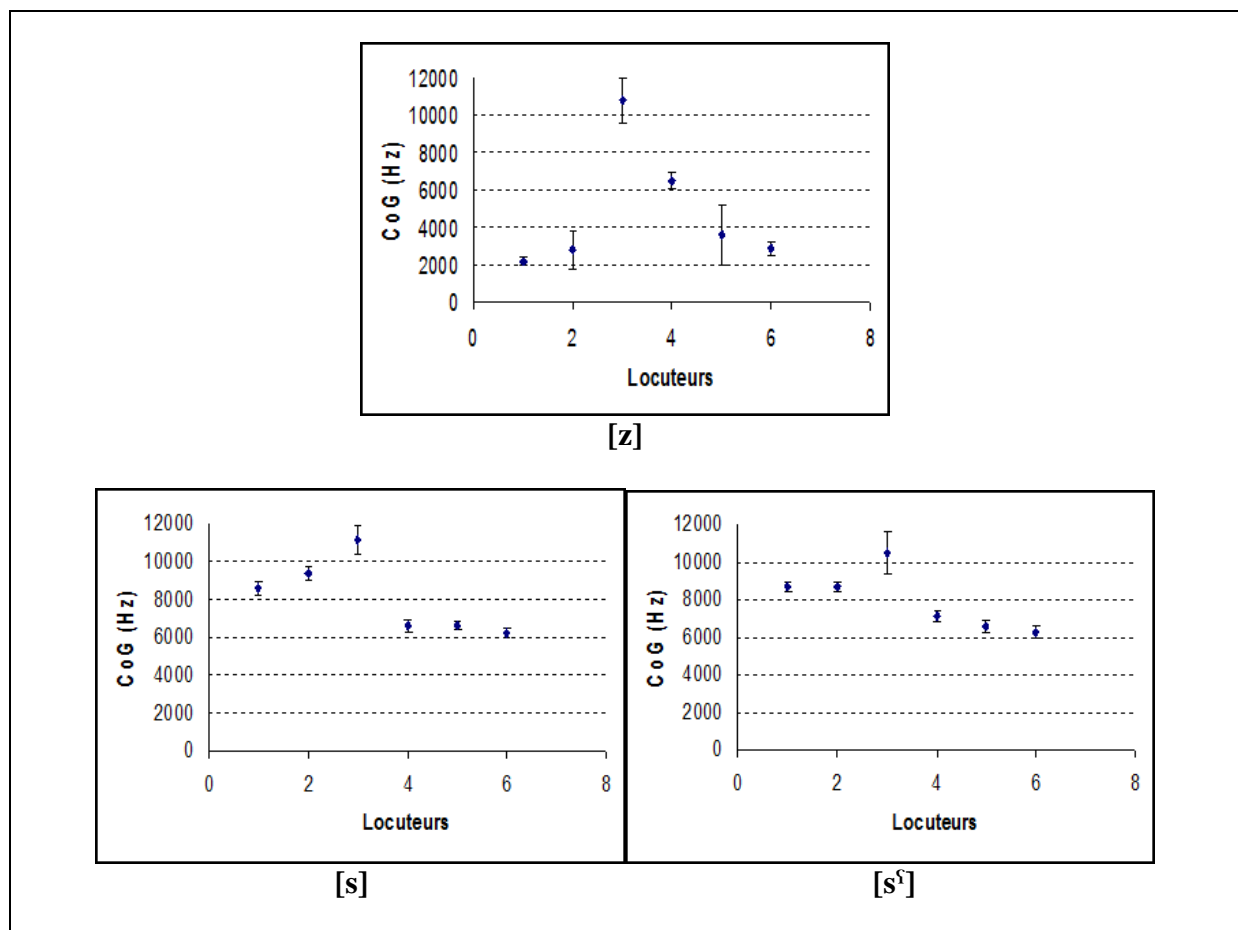
Figures 10 : Valeurs moyennes et écarts-types du CoG du bruit de friction des fricatives [θ], [ð] et [ð^s] pour les 6 locuteurs/ Position finale

○ Les fricatives [s]/ [z]/ [s^s]

Position initiale

Nous remarquons que les écarts-types correspondant à l'alvéolaire [s] située en position initiale sont très faibles pour tous les locuteurs. La locutrice 3 (Seloua) a les valeurs les plus élevées - 11152 Hz (768 Hz) - pour l'alvéolaire non voisée [s]. Toutefois, les trois locuteurs masculins ont des moyennes de CoG proches. Ces dernières sont plus basses que celles des femmes. Elles varient entre 6214 Hz (238 Hz) pour le locuteur 3 et 6607 Hz (318 Hz) pour le locuteur 1. Cependant, il existe beaucoup de variabilité entre les productions des

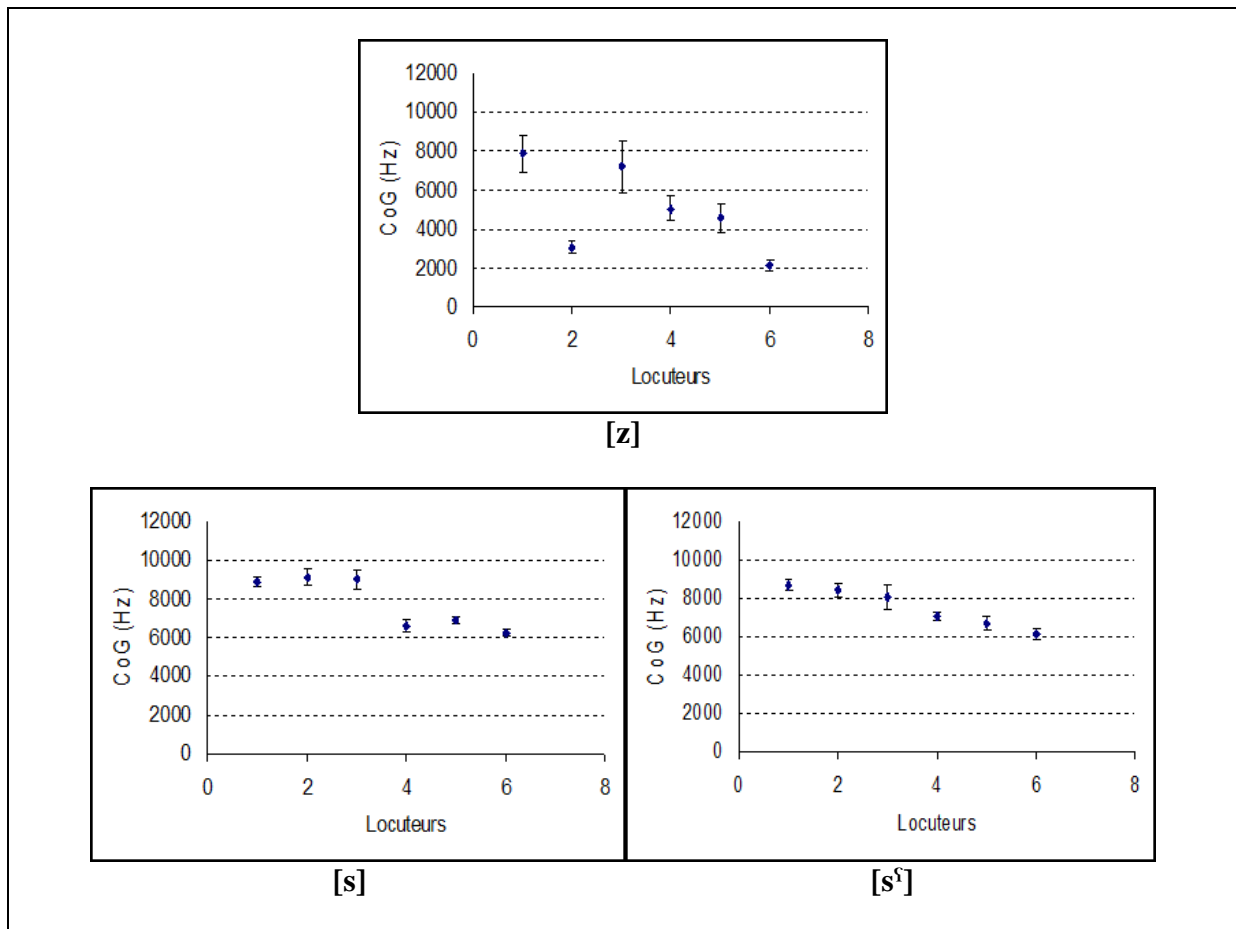
différents locuteurs pour l'alvéolaire voisée [z]. En effet, pour cette fricative, les valeurs vont pour la plupart des locuteurs, de 2000 à 3600 Hz, mais elles arrivent à 6506 Hz (434 Hz) pour le locuteur 4 (Moadh) et 10817 Hz (1217 Hz) pour la locutrice 3 (Seloua). Les écarts-types des locuteurs sont également importants pour cette fricative [z], sauf pour la locutrice 1. Par ailleurs, les moyennes du CoG de l'interdentale pharyngalisée [s^ʕ] vont de 6249 Hz (306 Hz) pour le locuteur 6 (Sofiane) à 8704 Hz (263 Hz) pour la locutrice 1. En revanche, la locutrice 3 atteint encore les plus hautes fréquences 10494 Hz (1085 Hz). Par conséquent, la locutrice 3 (Seloua) a les moyennes de CoG les plus élevées pour l'alvéolaire non voisée [s], la voisée [z] et la pharyngalisée [s^ʕ], en position initiale. Enfin, pour la position initiale la moyenne des moyennes de CoG relevée pour tous les locuteurs de l'alvéolaire non voisée [s] est de 8087 Hz, elle est proche de celle de la pharyngalisée [s^ʕ] qui est de 7976 Hz et différente de celle de la voisée [z] qui est de 4797 Hz.



Figures 11 : Valeurs moyennes et écarts-types du CoG du bruit de friction des fricatives [s], [s^ʕ] et [z] pour les 6 locuteurs/ Position initiale

XX. Position intervocalique

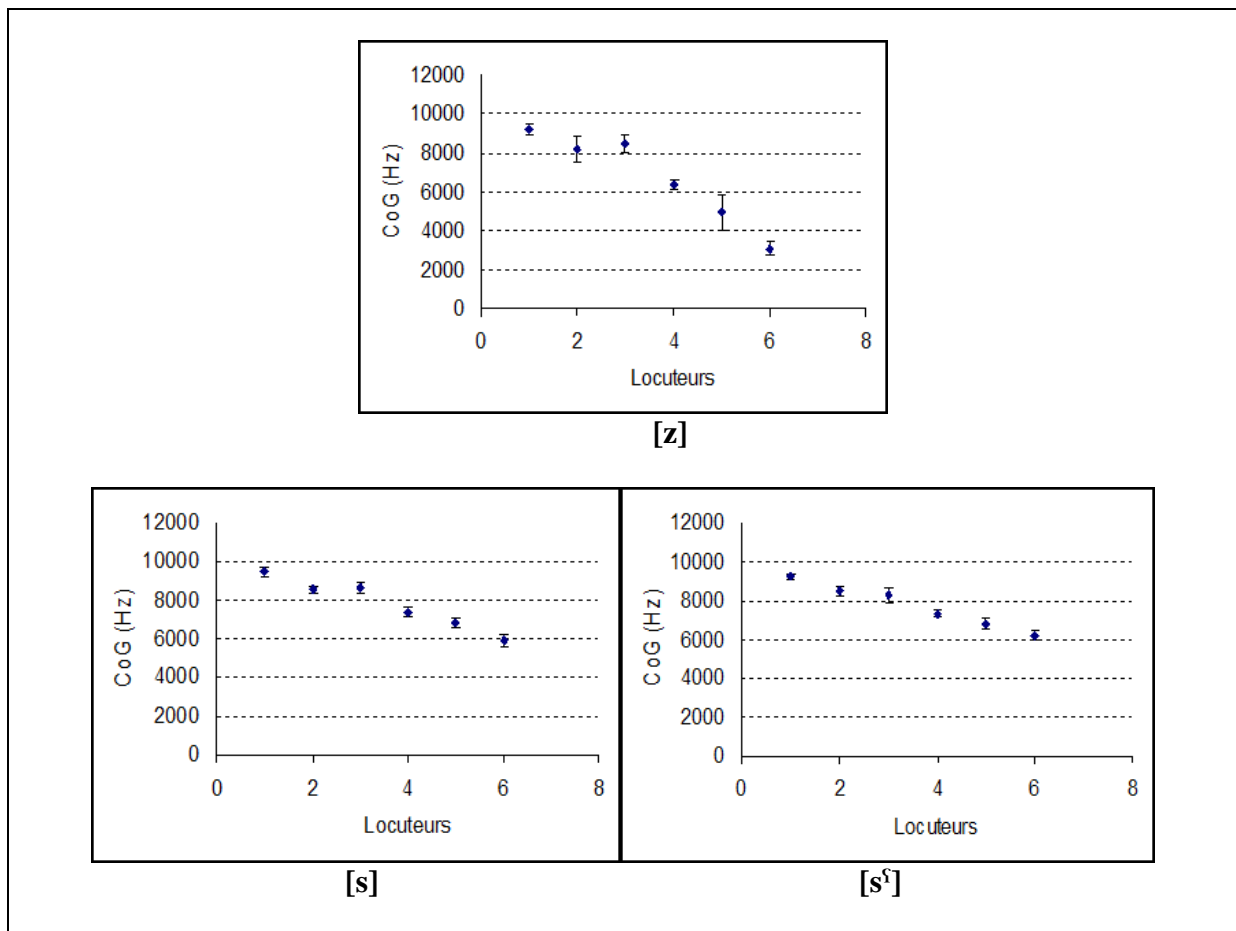
Pour la position intervocalique, comme ce fut le cas pour la position initiale, il y a davantage d'homogénéité dans les productions des différents locuteurs pour les alvéolaires non voisées, non pharyngalisée [s] et pharyngalisée [s^ɥ], que pour la voisée [z]. D'une part, les valeurs des locuteurs masculins se situent vers les 6000 Hz pour l'alvéolaire non voisée [s] alors qu'elles se situent vers les 9000 Hz pour les trois locutrices. D'autre part, les valeurs correspondant à l'alvéolaire pharyngalisée [s^ɥ] varient entre 8056 Hz (625 Hz) et 8707 Hz (277Hz) pour les femmes ; et entre 6145 Hz (335 Hz) et 7097 Hz (241Hz) pour les hommes. Toutefois, pour l'alvéolaire voisée [z], les valeurs sont les plus élevées pour les deux locutrices 1 et 3 avec 7848 Hz (945 Hz) et 7189 Hz (1341Hz) respectivement, mais elles sont les plus basses pour le locuteur 6 avec une moyenne de 2151 Hz et un faible écart-type de 286 Hz. Ainsi, les moyennes de l'alvéolaire voisée [z] restent plus faibles que celles de ses correspondantes non voisées, pour cette position. Ce voisement est plus prononcé pour la locutrice 2 et le locuteur 6 que pour les autres locuteurs.



Figures 12 : Valeurs moyennes et écarts-types du CoG du bruit de friction des fricatives [s], [s^ɥ], [z] pour les 6 locuteurs/ Position intervocalique

XX. Position finale

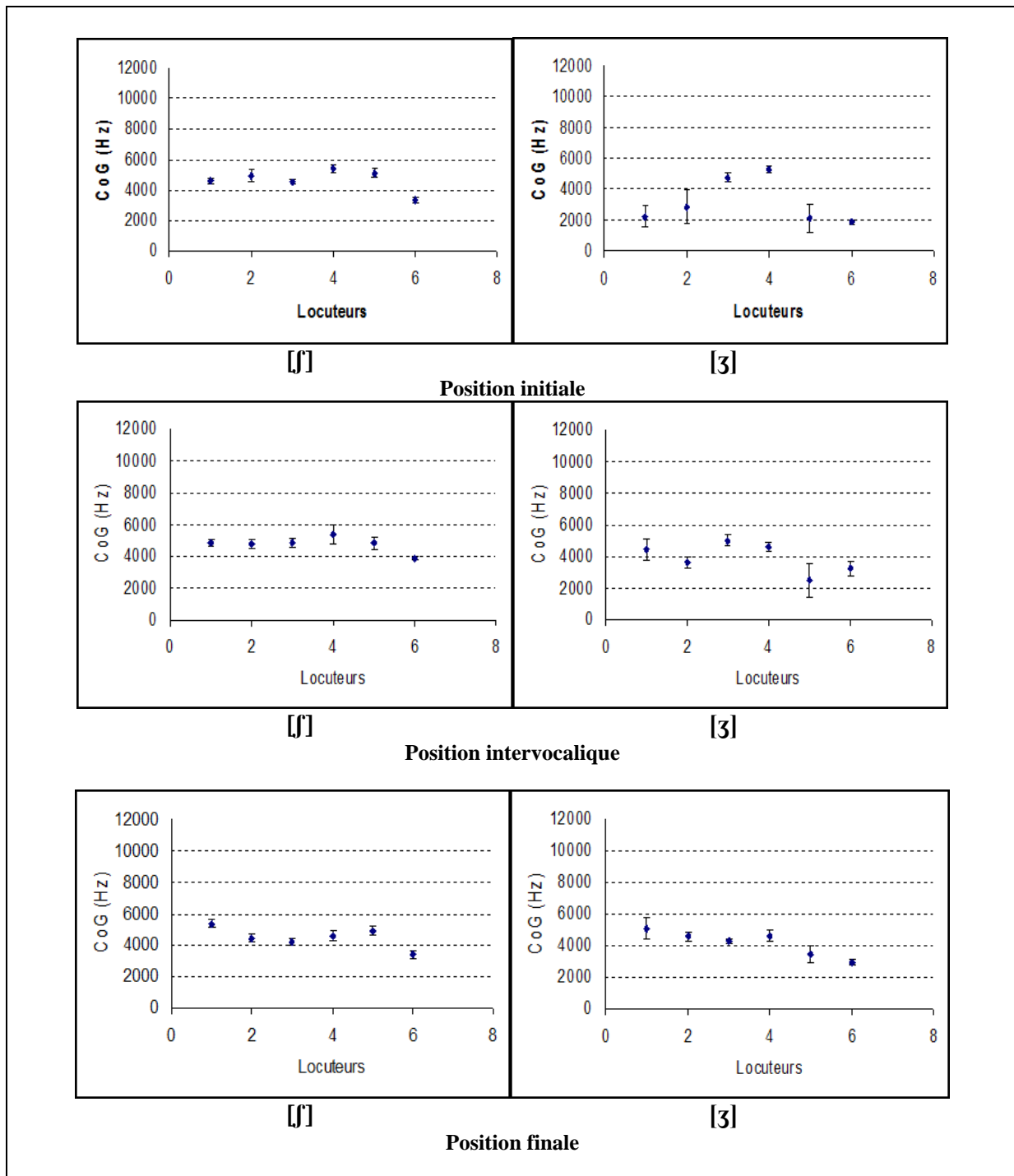
Le même scénario se produit pour la position finale que celui étudié pour la position initiale et intervocalique. En effet, les différences entre les moyennes du CoG des six locuteurs divergent davantage pour l'alvéolaire voisée [z] que pour les non voisées non pharyngalisée [s] et pharyngalisée [s^ɸ]. De plus, pour les trois fricatives, les valeurs relevées pour les femmes sont plus élevées que celles des hommes, avec à leur tête la locutrice 1 (Nawel). Pour [s], la moyenne la plus faible, de 5922 Hz (269Hz), revient au locuteur 6 (Sofiane) et la valeur la plus élevée, de 9470 Hz (248Hz), a été relevée chez la locutrice 1 (Nawel). En ce qui concerne la pharyngalisée [s^ɸ], les moyennes varient entre 6198 Hz (265 Hz) pour le locuteur 6 (Sofiane) et 9249 Hz (166 Hz) pour la locutrice 1 (Nawel). Cependant, pour l'alvéolaire voisée [z], les valeurs sont entre 3104 Hz (166 Hz) et 9193 Hz (292 Hz) pour les mêmes locuteurs précédents. Ainsi, la différence entre l'alvéolaire voisée [z] est presque de 2000 Hz de plus que pour les non voisées [s] et [s^ɸ].



Figures 13 : Valeurs moyennes et écarts-types du CoG du bruit de friction des fricatives [s], [s^ɸ], [z] pour les 6 locuteurs/ Position finale

XX. Les fricatives [ʃ]/ [ʒ]

Pour la production des deux postalvéolaires [ʃ]/ [ʒ], nous remarquons que la plupart des écarts-types sont faibles, notamment pour la postalvéolaire non voisée [ʃ]. Nous remarquons également une certaine régularité dans les valeurs des six locuteurs, dans toutes les positions, notamment chez les femmes. En effet, pour cette fricative, les valeurs des trois positions sont proches, elles varient entre 3331 Hz (189 Hz) pour le locuteur 6 et 5390 Hz (243 Hz), pour le locuteur 4 en position initiale ; et entre 3899 Hz (131 Hz) et 5381 Hz (582 Hz) respectivement pour ces mêmes locuteurs, en position intervocalique. Quant à la position finale, la valeur la plus basse de 3399 Hz (270 Hz) est toujours pour le locuteur 6, mais la plus élevée pour la locutrice 1, elle est de 5375 Hz (272 Hz). Néanmoins, pour la production de la postalvéolaire voisée [ʒ], nous remarquons une baisse de fréquence de quasiment 2000 Hz de moyenne de CoG, comparativement à la non voisée [ʃ], pour quasiment tous les locuteurs en position initiale, sauf pour la locutrice 3 et le locuteur 4. En ce qui concerne les autres positions, la différence entre la consonne voisée et la non voisée ne dépasse pas les 700 Hz sauf pour le locuteur 5 où elle atteint 2316 Hz, pour la position intervocalique et 1435 Hz en position finale et pour la locutrice 2, 1137 Hz en position intervocalique.



Figures 14 : Valeurs moyennes et écarts-types du CoG du bruit de friction des fricatives [ʃ], [ʒ] pour les 6 locuteurs

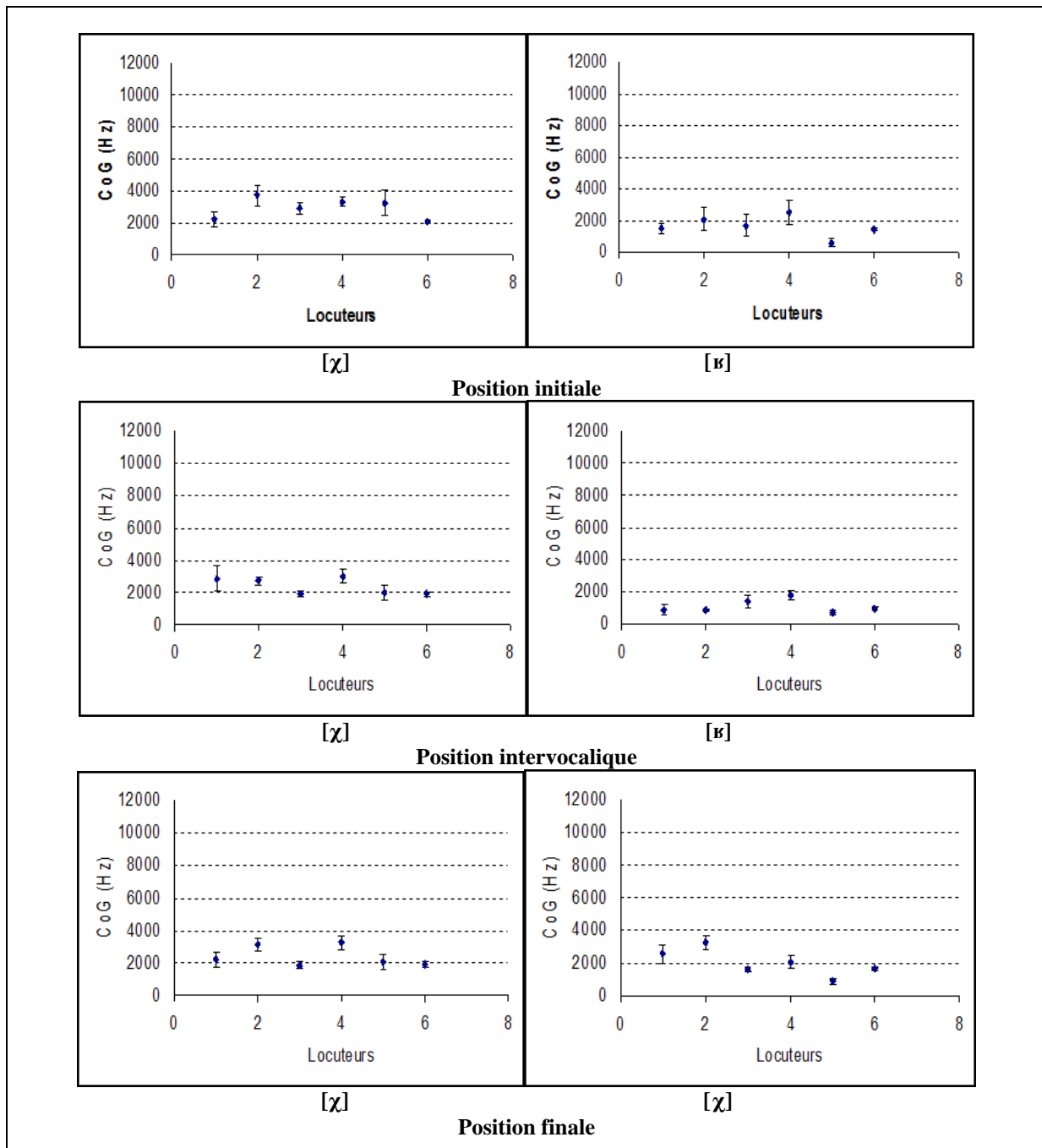
XX. Les fricatives [χ]/ [ʁ]

Pour tous les locuteurs, nous remarquons que les valeurs de l'uvulaire non voisée [χ] sont plus basses que celles de sa correspondante voisée [ʁ], en positions initiale et intervocalique. Cependant, pour la position finale et contrairement à ce que l'on trouve

habituellement, la moyenne de CoG pour l'uvulaire voisée [ʁ] est légèrement plus importante que pour la non voisée [χ], pour les deux locutrices 1 (Nawel) et 2 (Habiba). Effectivement, elle est de 2193 Hz (459 Hz) pour [χ], mais elle est de 2577 Hz (572 Hz) pour [ʁ], pour la locutrice 1 (Nawel) et elle est de 3137 Hz (388 Hz) pour [χ] et de 3247 Hz (405 Hz) pour [ʁ], en ce qui concerne la locutrice 2 (Habiba).

Les graphiques n'illustrent pas suffisamment la différence de voisement qui existe entre les valeurs de l'uvulaire non voisée et voisée. En revanche, si nous considérons chaque locuteur séparément, nous remarquons que cette différence est présente. En effet, pour le locuteur 5 (Abdarraouf) cette différence entre la non voisée et la voisée est très importante, en position initiale, la moyenne de CoG étant de 3235 Hz (817 Hz) pour [χ], alors qu'elle n'est que de 587 Hz (251 Hz) pour [ʁ]. C'est, en effet, la valeur la plus basse notée pour cette consonne.

Nous remarquons également que les valeurs des moyennes de CoG ne dépassent pas 1769 Hz (329 Hz) pour l'uvulaire voisée [ʁ] située en position intervocalique, arrivant ainsi à la moyenne de tous les locuteurs la moins élevée de 1070 Hz (227 Hz).

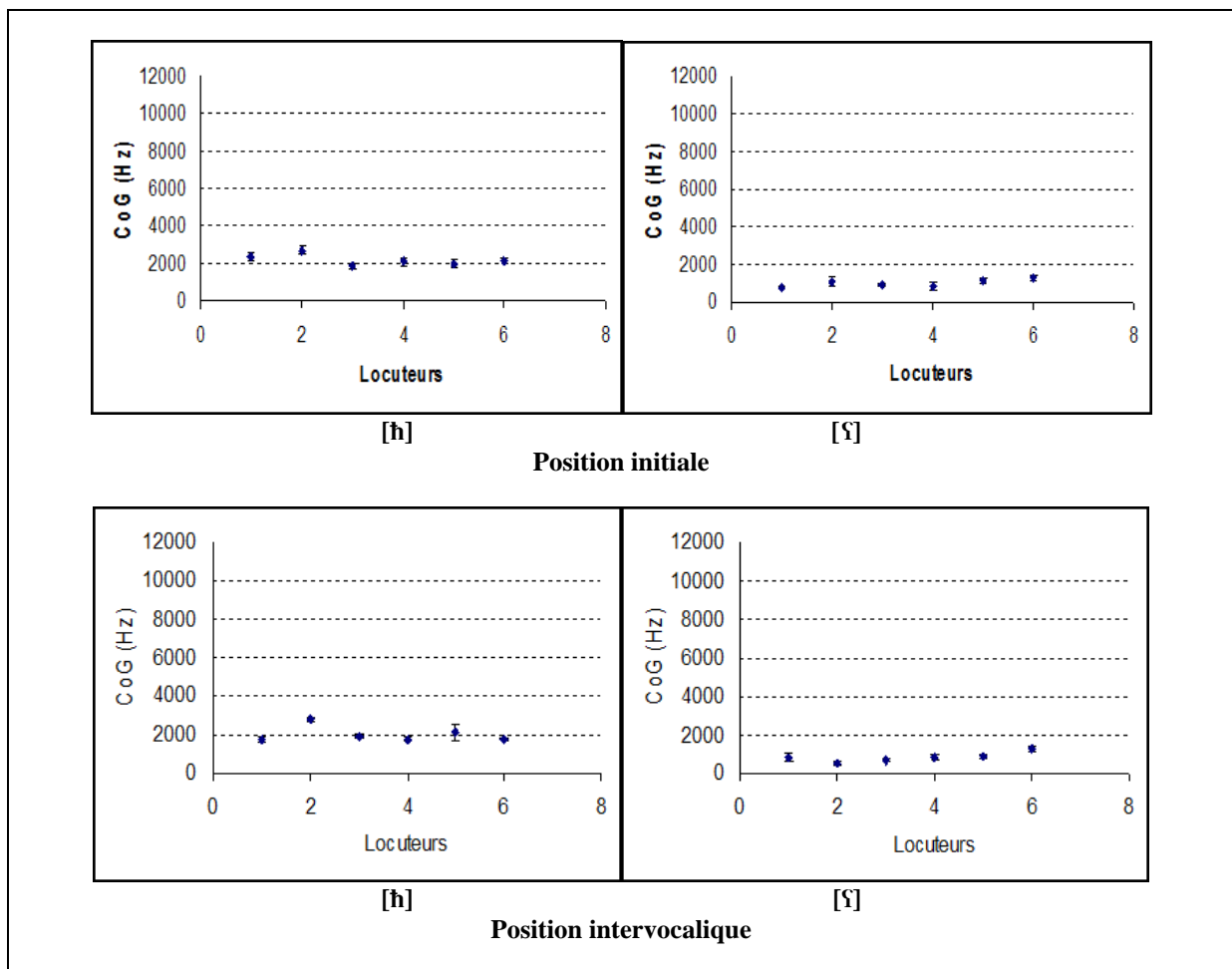


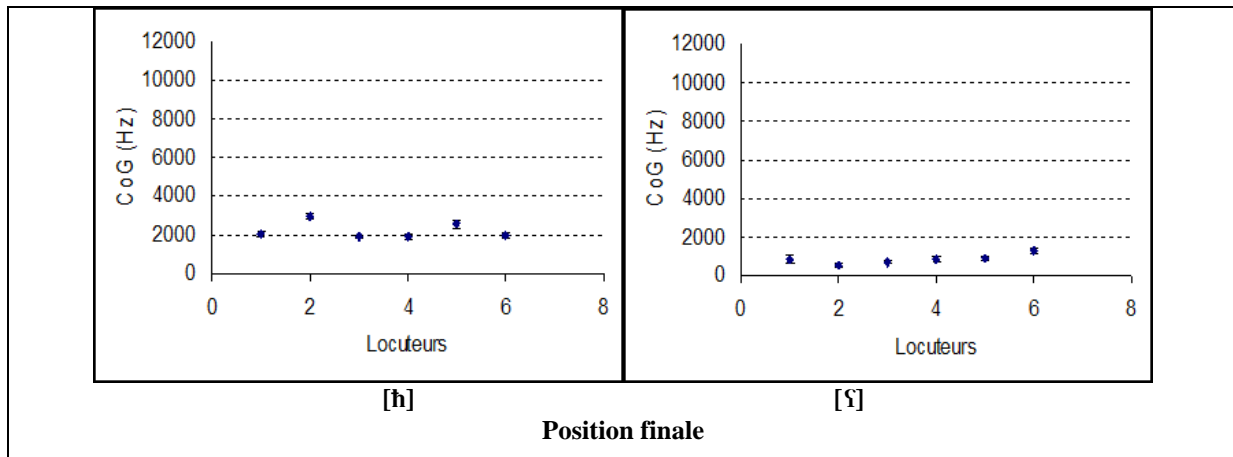
Figures 15 : Valeurs moyennes et écarts-types du CoG du bruit de friction des fricatives [χ], [ʁ] pour les 6 locuteurs

XX. Les fricatives [h]/ [ʕ]

Nous remarquons une régularité dans la production de la pharyngale [ʕ] par les locuteurs, excepté le locuteur 6 qui a des valeurs plus élevées que les autres locuteurs. Effectivement, pour les trois positions, les valeurs de [ʕ] ne dépassent jamais 2000 Hz et la

valeur la plus élevée est de 1345 Hz (88 Hz) du locuteur 6. Quant à la pharyngale non voisée [h], la plupart de ses moyennes de CoG se situent vers 2000 Hz. Toutefois, la moyenne de CoG de la locutrice 2 dépasse largement celles des autres locuteurs, elle est de 2721 Hz avec un écart-type de 225 Hz, en position initiale, elle est de 2782 Hz avec un faible écart-type de 130 Hz, en position intervocalique et en position finale elle atteint 2939 Hz avec un faible écart-type, de 158 Hz. Dans toutes les positions, la valeur moyenne du CoG pour de tous les locuteurs est plus élevée pour la pharyngale non voisée [h] que pour la voisée [ʕ]. Cette différence est plus prononcée pour les positions intervocalique et finale. En effet, la moyenne de CoG pour les six locuteurs est de 2197 Hz avec un écart-type moyen de 196 Hz, en position initiale, alors qu'elle est de 1007 Hz (163 Hz) pour la voisée [ʕ]. Toutefois, pour la consonne [h], la moyenne est de 2014 Hz (172 Hz) et 2217 Hz (144 Hz) respectivement pour les positions intervocalique et finale, tandis que pour la fricative voisée [ʕ], la différence de fréquences des moyennes est de 1081 Hz pour la position intervocalique et de 1378 Hz pour la position finale, avec des écarts-types qui ne dépassent pas 150 Hz.



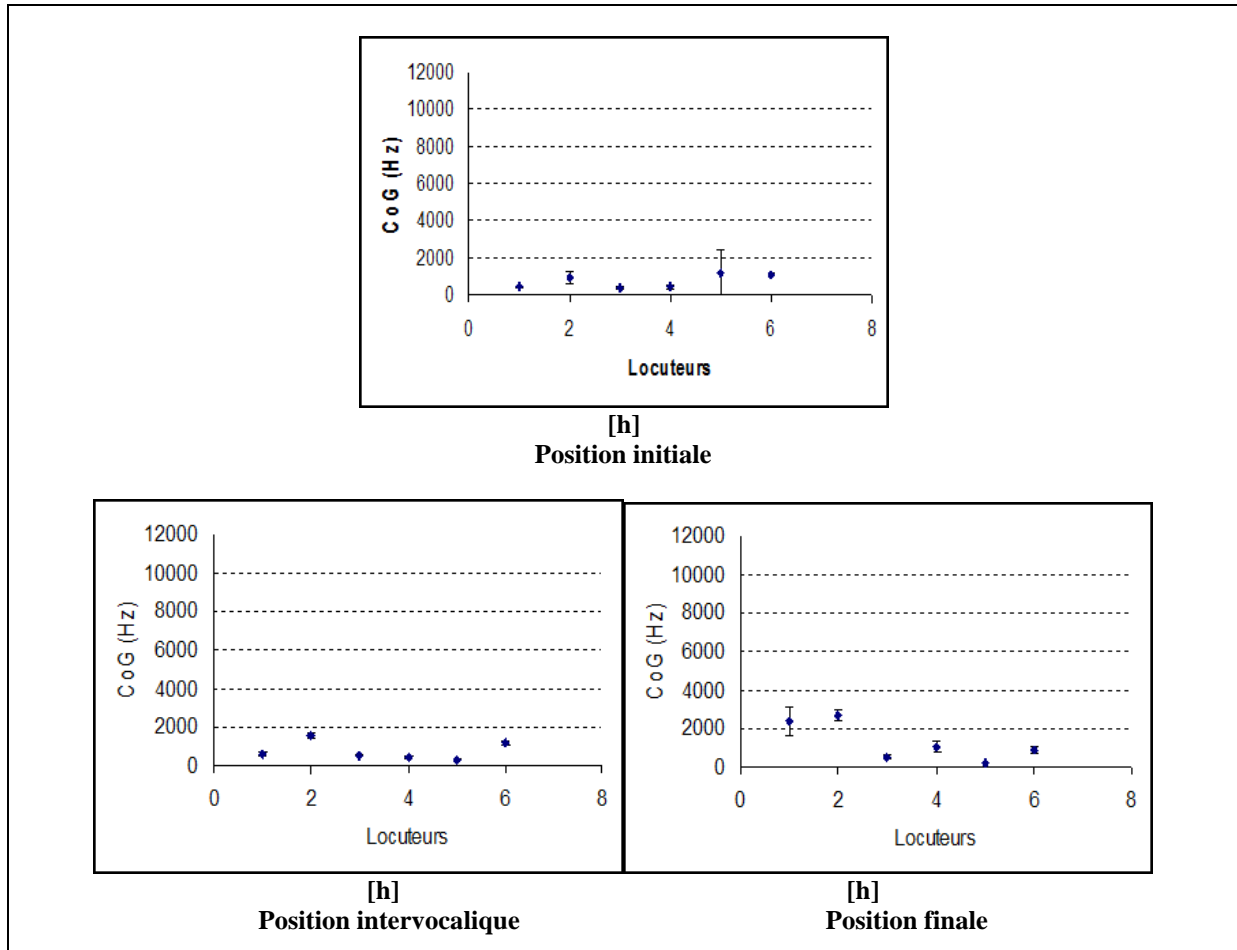


Figures 16 : Valeurs moyennes et écarts-types du CoG du bruit de friction des fricatives [h] et [ʃ] pour les 6 locuteurs

XX. La fricative [h]

Pour la production de la laryngale non voisée [h], en position initiale, nous remarquons une moyenne plus élevée et un écart-type important chez le locuteur 5 (Abdarraouf), alors que pour les autres positions, ils sont très faibles. Cela suggère une importante intra-variabilité, mais également une importante différence entre cette position et les autres positions.

La moyenne relevée par tous les locuteurs pour la production du [h] est de 768 Hz avec un écart-type important de 315 Hz, en position initiale et de 783 Hz (92 Hz) pour la position intervocalique. Toutefois, contrairement à ce que l'on observe habituellement, les moyennes de CoG atteignent d'importantes valeurs en position finale pour les locutrices 1 (une moyenne de 2374 Hz et un écart-type de 755 Hz) et 2 (une moyenne de 2696 Hz et un écart-type de 290 Hz).



Figures 17 : Valeurs moyennes et écarts-types du CoG du bruit de friction du [h] pour les 6 locuteurs

Nous avons calculé les valeurs moyennes et les écarts-types du CoG fréquentiel de chacune des fricatives pour les six locuteurs confondus et toutes les positions. Ainsi, nous avons élaboré le tableau récapitulatif 8, afin de présenter un aperçu global sur les valeurs du CoG fréquents obtenus dans notre étude.

**Tableau 8 : Valeurs moyennes et écarts-types du CoG acoustique des fricatives de l'arabe standard
Tous les locuteurs confondus**

Fricative sourde	Position	Moyenne CoG (Hz)	Ecart-type (Hz)	Fricative voisée	Position	Moyenne CoG (Hz)	Ecart-type (Hz)
f	position initiale	5884	677				
	position intervocalique	3677	664				
	position finale	4623	502				
θ	position initiale	4952	912	ð	position initiale	330	99
	position intervocalique	3968	717		position intervocalique	344	61
	position finale	4188	707		position finale	502	133
				ð'	position initiale	323	69
					position intervocalique	375	50
					position finale	485	177
s	position initiale	8087	381	z	position initiale	4797	807
	position intervocalique	7808	307		position intervocalique	4975	708
	position finale	7805	252		position finale	6717	471
s'	position initiale	7976	421				
	position intervocalique	7527	363				
	position finale	7718	249				
ʃ	position initiale	4651	237	ʒ	position initiale	3186	544
	position intervocalique	4767	314		position intervocalique	3912	526
	position finale	4490	257		position finale	4176	363
χ	position initiale	2904	435	ʀ	position initiale	1625	481
	position intervocalique	2398	369		position intervocalique	1070	227
	position finale	2401	333		position finale	1996	290
ħ	position initiale	2197	196	ʕ	position initiale	1007	163
	position intervocalique	2014	172		position intervocalique	933	126
	position finale	2217	144		position finale	839	138
h	position initiale	768	315				
	position intervocalique	783	92				
	position finale	1306	264				

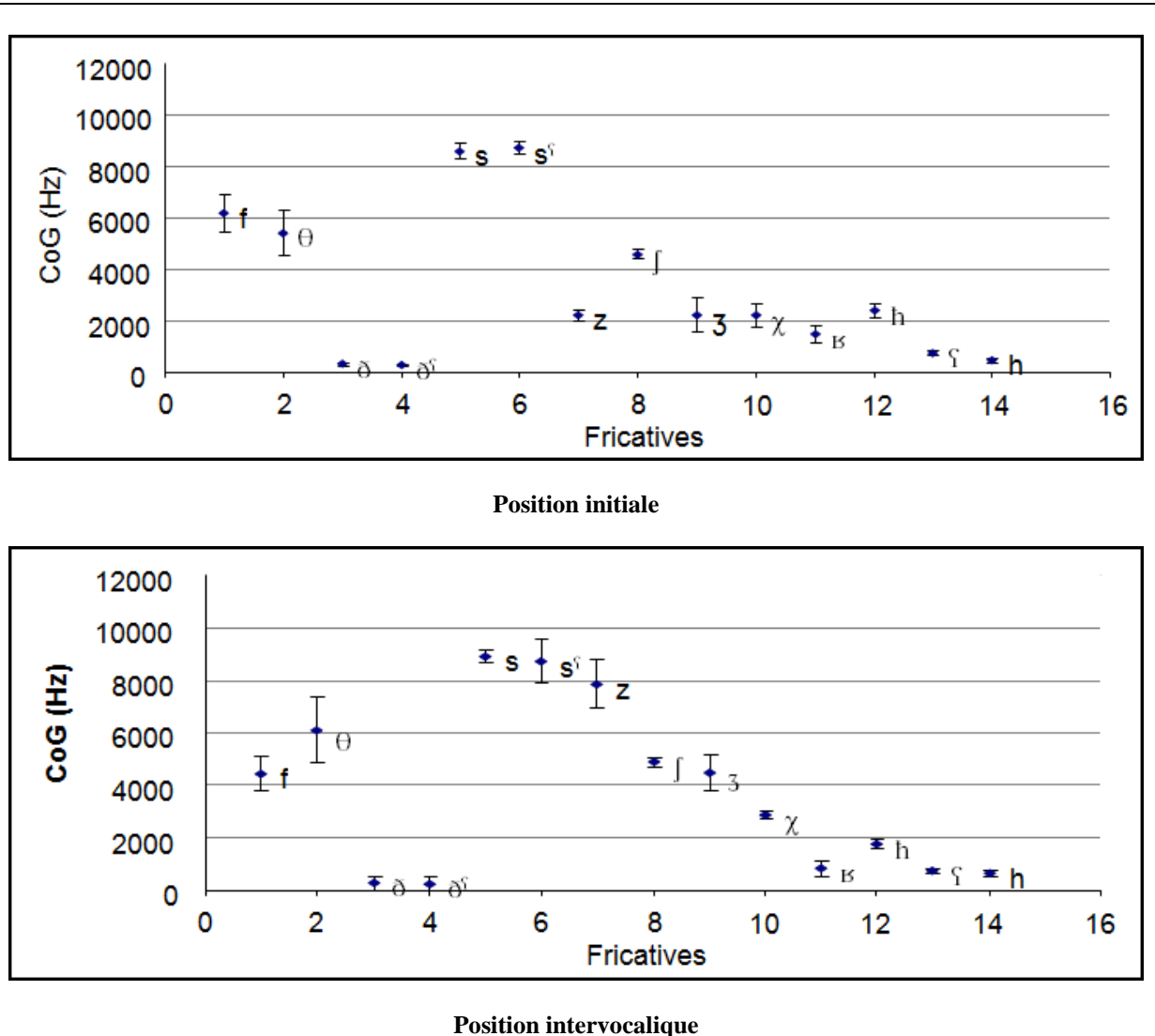
2.2.2.2 Étude du rapport CoG du bruit de friction/ Lieu d'articulation

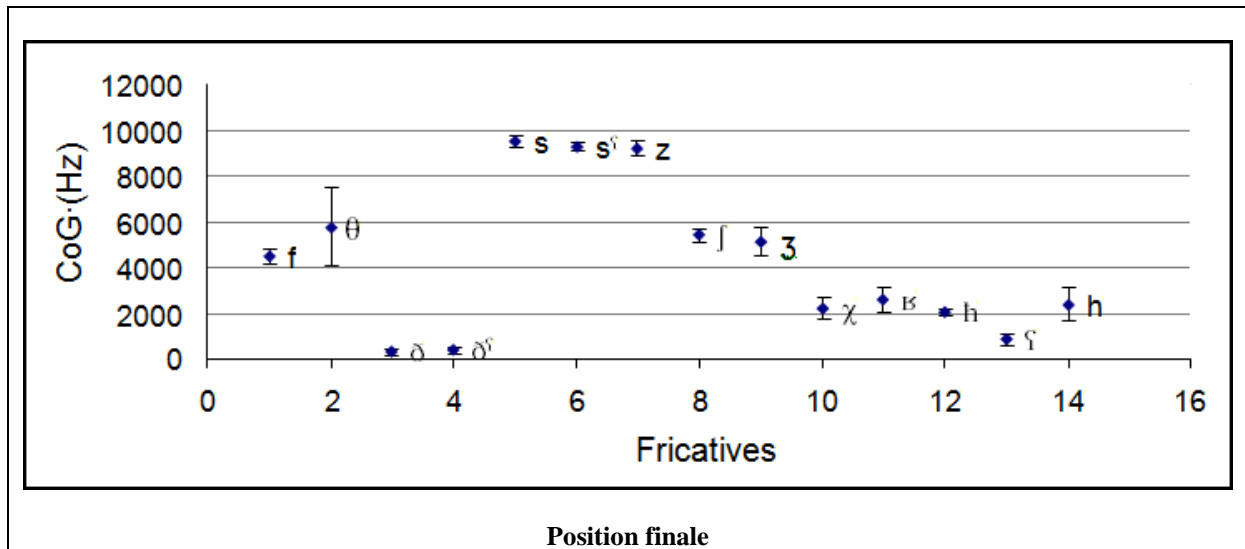
❖ Locutrice 1 (Nawel)

Dans les figures 18, nous pouvons remarquer que pour la locutrice 1 (Nawel), le CoG du bruit de friction diffère d'un lieu d'articulation à l'autre, quelle que soit la position de la consonne. Notons également que les fricatives appartenant aux mêmes paires (non pharyngalisée, pharyngalisée) ([ð], [ð^s]), ([s], [s^s]), sont proches, ce qui explique que les différences entre les moyennes de leur CoG ne sont pas très importantes. Cela suggère que la pharyngalisation n'a pas d'effet significatif sur le CoG. Par ailleurs, sur les trois graphiques, les moyennes du centre de gravité de l'interdentale voisée non pharyngalisée [ð] et de l'interdentale pharyngalisée voisée [ð^s] ont les valeurs les plus faibles par opposition aux autres lieux d'articulation. De prime abord, nous pouvons suggérer que les moyennes de CoG de ces interdentales font partie des plus faibles, en comparaison avec les autres lieux d'articulation. Par ailleurs, les fricatives [f] et [θ] sont caractérisées par un CoG présentant des valeurs plus élevées que celles des interdentales voisées citées *supra*, mais moins importantes que les alvéolaires (non voisée, voisée et pharyngalisée) [s, z, s^s]. En effet, ces dernières ont les valeurs de CoG les plus élevées, ce qui explique que leurs moyennes de fréquences sont supérieures. Quant à la postalvéolaire non voisée [ʃ], elle présente des moyennes de fréquences nettement plus basses que celles des alvéolaires [s] et [s^s]. Il est également illustré sur les graphiques que les alvéolaires non voisées montrent plus d'effets en fonction du contexte vocalique que ne le font les postalvéolaires. Si nous poursuivons notre raisonnement, nous pouvons constater que les valeurs faibles des interdentales voisées sont suivies par celles correspondant à la laryngale non voisée [h] mais également par celles correspondant aux paires pharyngales ([ħ], [ʕ]) et uvulaires ([χ], [ʁ]). Par ailleurs, les moyennes du CoG des consonnes non voisées [f], [θ], [s], [ʃ] se situent dans les hautes fréquences, mais celles des consonnes non voisées [χ], [ħ], [h] et des voisées [ʁ], [ʕ], se situent dans des fréquences plus basses. Il semble que le CoG des consonnes coronales non voisées soit plus élevé que celui des consonnes postérieures voisées et non voisées.

Nous remarquons que pour la position initiale, la différence entre les moyennes du CoG, pour les deux paires (non voisée, voisée) ([θ], [ð]) et ([s], [z]), est très élevée. Elle est de l'ordre de 5092 Hz, pour une moyenne de 5398 Hz et un écart-type de 864 Hz pour la fricative [θ], mais elle est de 306 Hz avec un écart-type de 53 Hz pour l'interdentale voisée [ð]. D'autre part, la moyenne est de 8593 Hz avec un écart-type de 324 Hz pour l'alvéolaire

[s] et elle est de 2197 Hz avec un écart-type de 208 Hz pour l'alvéolaire voisée [z], donc la différence est de 6396 Hz. Toutefois, la différence de fréquence pour les autres paires (non voisée, voisée), comme ([f], [ɣ]), ([χ], [ʁ]) et ([h], [ʁ]) n'est pas aussi élevée pour cette position. Elle est de 2357 Hz, 762 Hz et 1637 Hz respectivement. Cela suggère que le voisement est plus marqué pour les interdentes et les alvéolaires que pour les autres lieux d'articulation. Tous ces résultats peuvent être interprétés par le fait que le CoG joue un rôle dans la distinction des lieux d'articulation.





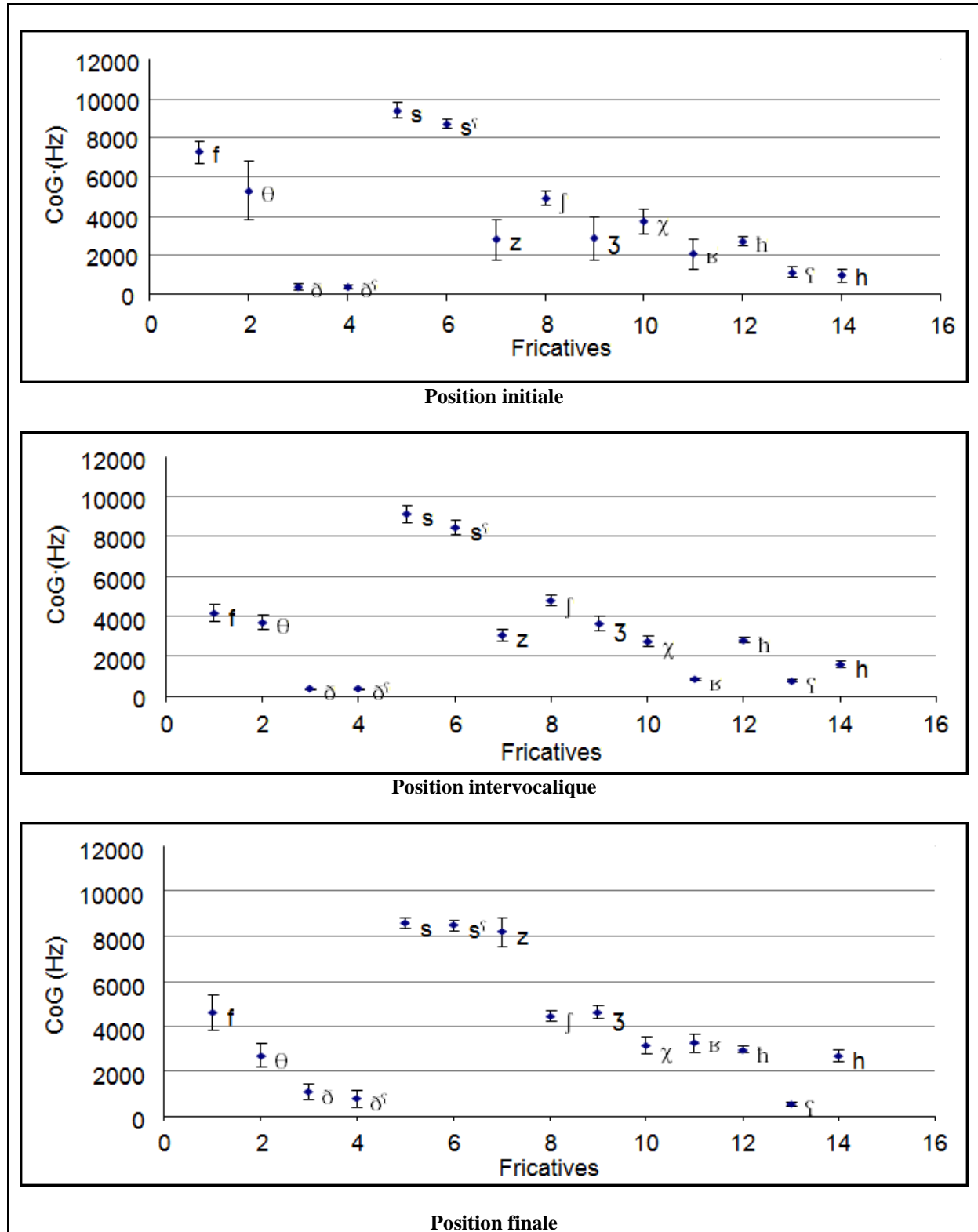
Figures 18 : Valeurs moyennes et écarts-types du CoG acoustique des fricatives selon leur lieu d'articulation/ Locutrice1 (Nawel)

❖ Locutrice 2 (Habiba)

Nous remarquons que la labiodentale non voisée [f] et l'interdentale non voisée [θ] ont un CoG élevé en position initiale, par opposition aux autres positions, pour la locutrice 2 (Habiba). En effet, d'une part, pour la fricative [f], la moyenne est de 7259 Hz avec un écart-type de 585 Hz en position initiale, alors qu'elle n'atteint que 4610 Hz (788Hz), en position finale. D'autre part, la moyenne du CoG est de 5295 Hz avec un important écart-type de 1523Hz pour la fricative [θ] en position initiale, alors qu'elle ne dépasse pas 3661 Hz (355 Hz) en Position intervocalique. Invariablement, les valeurs des moyennes du CoG qui correspondent aux fricatives interdentes voisées (non pharyngalisée [ð] et pharyngalisée [ð^s]) et la pharyngale voisée [ʕ] restent les moins élevées pour toutes les positions. Elles dépassent parfois légèrement 1000 Hz. Quant à la glottale non voisée [h], la moyenne de son CoG reste dans les basses fréquences sauf pour la position finale où celui-ci atteint 2696Hz (290 Hz). Le même scénario se produit avec les alvéolaires (non pharyngalisée[s], pharyngalisée [s^s]) : elles occupent les valeurs les plus élevées dans les hautes fréquences également pour cette locutrice, et ce, quelle que soit la position. En revanche, l'alvéolaire voisée [z] se comporte presque de la même façon en position initiale et intervocalique avec des moyennes qui ne dépassent pas 3053Hz (307Hz) en position intervocalique, alors qu'elle se place avec les fricatives qui ont les valeurs les plus élevées, en position finale avec une moyenne de 8190Hz (652Hz). Les postalvéolaires voisée [ʃ] et non voisée [ʒ] occupent le même espace de fréquences entre - 2854 Hz (position initiale) et 4766 Hz (Position intervocalique)-, tout en gardant une différence de valeur qui reflète leur opposition de

voisement. Par ailleurs, les paires pharyngale, uvulaire et la laryngale [h] ont des moyennes de CoG qui ne dépassent jamais 4000Hz.

Nous tenons à signaler que pour cette locutrice les valeurs des moyennes de CoG diffèrent d'un lieu d'articulation à l'autre, ce qui confirme la significativité de cet effet.



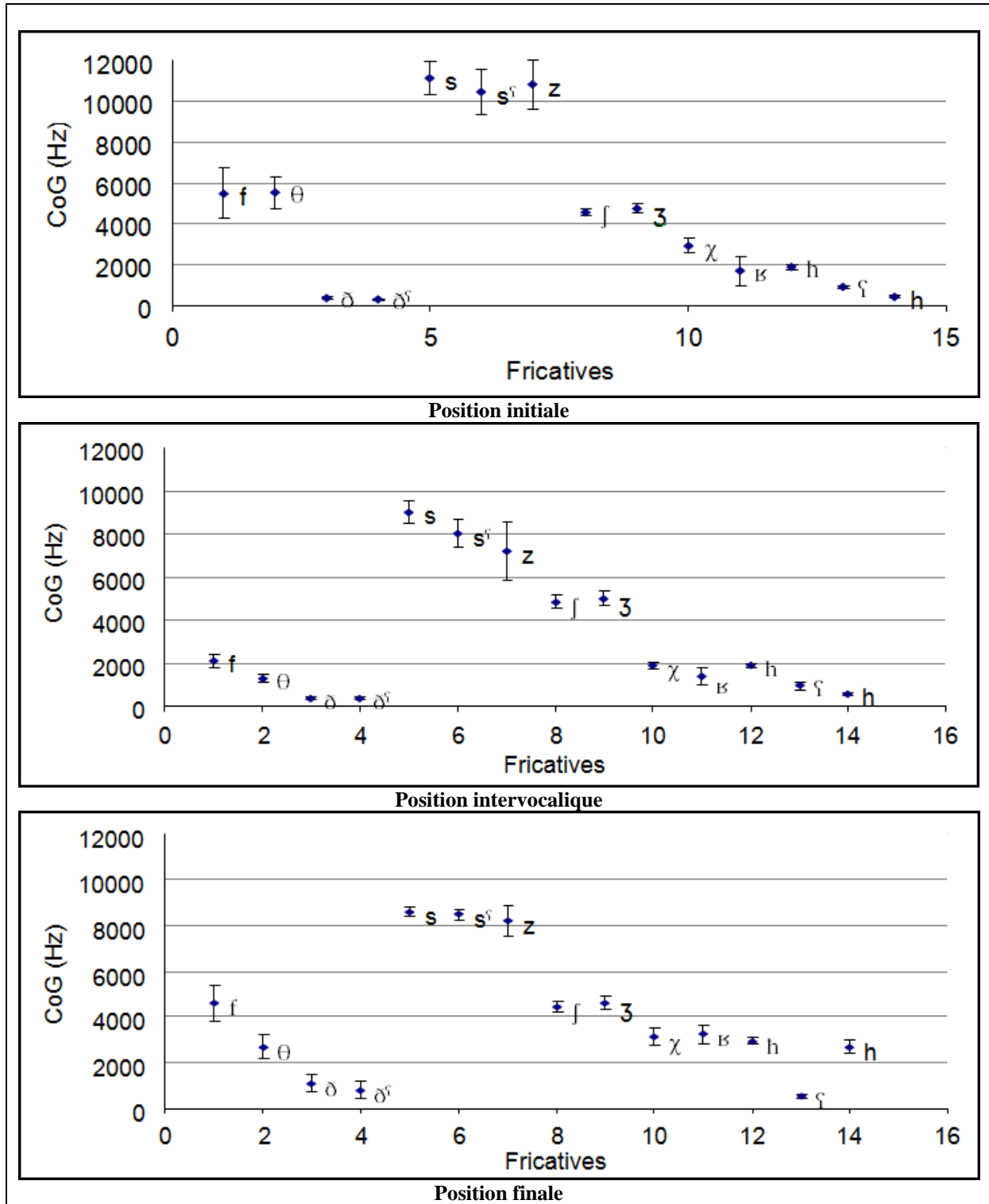
Figures 19 : Valeurs moyennes et écarts-types du CoG acoustique des fricatives selon leur lieu d'articulation/ Locutrice 2 (Habiba)

❖ Locutrice 3 (Seloua)

Nous remarquons pour la locutrice 3 (Seloua), comme il était le cas pour la locutrice 2 (Habiba), que la labiodentale [f] et l'interdentale non voisée [θ] situées en position initiale ont les valeurs les plus élevées par opposition aux autres positions. En effet, les moyennes du CoG en position initiale sont de 5499 Hz avec un important écart-type de 1240 Hz pour [f] et de 5525 Hz (765 Hz) pour [θ], or elles sont plus basses en situation intervocalique, notamment pour l'interdentale. Elles sont de 2118 Hz (317 Hz) pour [f] et de 1306 Hz (182 Hz) pour [θ]. Notons que les moyennes de CoG de la labiodentale et l'interdentale non voisées en Position intervocalique et finale atteignent les valeurs les plus faibles pour Seloua en comparaison avec les autres locuteurs. Encore une fois pour cette locutrice, le même scénario se produit pour les interdentales voisées non pharyngalisée, pharyngalisée [ð], [ð^s], elles occupent les plus basses fréquences, dans les trois positions. En revanche, les alvéolaires, la non voisée [s] et la pharyngalisée [s^s], occupent invariablement les plus hautes fréquences. En effet, pour Seloua, les valeurs sont les plus élevées de tous les locuteurs. Elles atteignent les 12491 Hz dans l'une des répétitions. Cela justifie notre élargissement de l'intervalle des fréquences jusqu'à 15000 Hz, avant nos mesures. L'alvéolaire voisée [z] a également des valeurs qui très proches de sa correspondante non voisée, notamment pour les positions initiale et finale, pour lesquelles la moyenne de son CoG atteint 10817 Hz (1217Hz), en position initiale, mais également 8478 Hz (446Hz), en position finale. Par ailleurs, pour les postalvéolaires, la moyenne du CoG occupe presque les mêmes valeurs, pour toutes les positions. Contre toute attente, les valeurs de la postalvéolaire voisée [ʒ] dépassent de peu celles de la non voisée [ʃ]. En effet, elles sont de 4771 Hz (243 Hz) pour [ʒ] et de 4568 Hz (159 Hz) pour [ʃ] en position initiale et de 4862 Hz (291 Hz) pour [ʒ] et de 5018 Hz (334 Hz) pour [ʃ] en position intervocalique et de 4214 Hz (164 Hz) pour [ʒ] et de 5320 Hz (150 Hz) pour [ʃ] en position finale. Ces résultats peuvent contribuer à l'explication selon laquelle le voisement n'est pas un effet significatif en lui-même, mais le serait en interaction avec d'autres variables. En effet, la différence de voisement est ici minime, mais elle ne va pas dans le même sens que celui observé par les autres paires ; habituellement la moyenne des CoG des non voisées est plus élevée que celle des voisées. Quant à l'uvulaire non voisée [χ], elle se comporte comme les fricatives [f] et [θ], puisqu'en position initiale ses valeurs sont les plus élevées comparativement aux autres positions. Les consonnes, respectivement uvulaires [χ], [ʁ], pharyngales [ħ], [ʕ], et laryngale non voisée [h], ont des moyennes de CoG qui

suivent le même ordre décroissant qui va de 2908 Hz à 418 Hz, sauf pour la pharyngale non voisée [h] qui ne suit pas toujours la règle.

Ce qui démarque la locutrice 3 (Seloua) des autres locuteurs, ce sont les écarts-types faibles pour la plupart des consonnes, notamment en position finale, ce qui suggère qu'il y a plus de régularité dans ses productions.



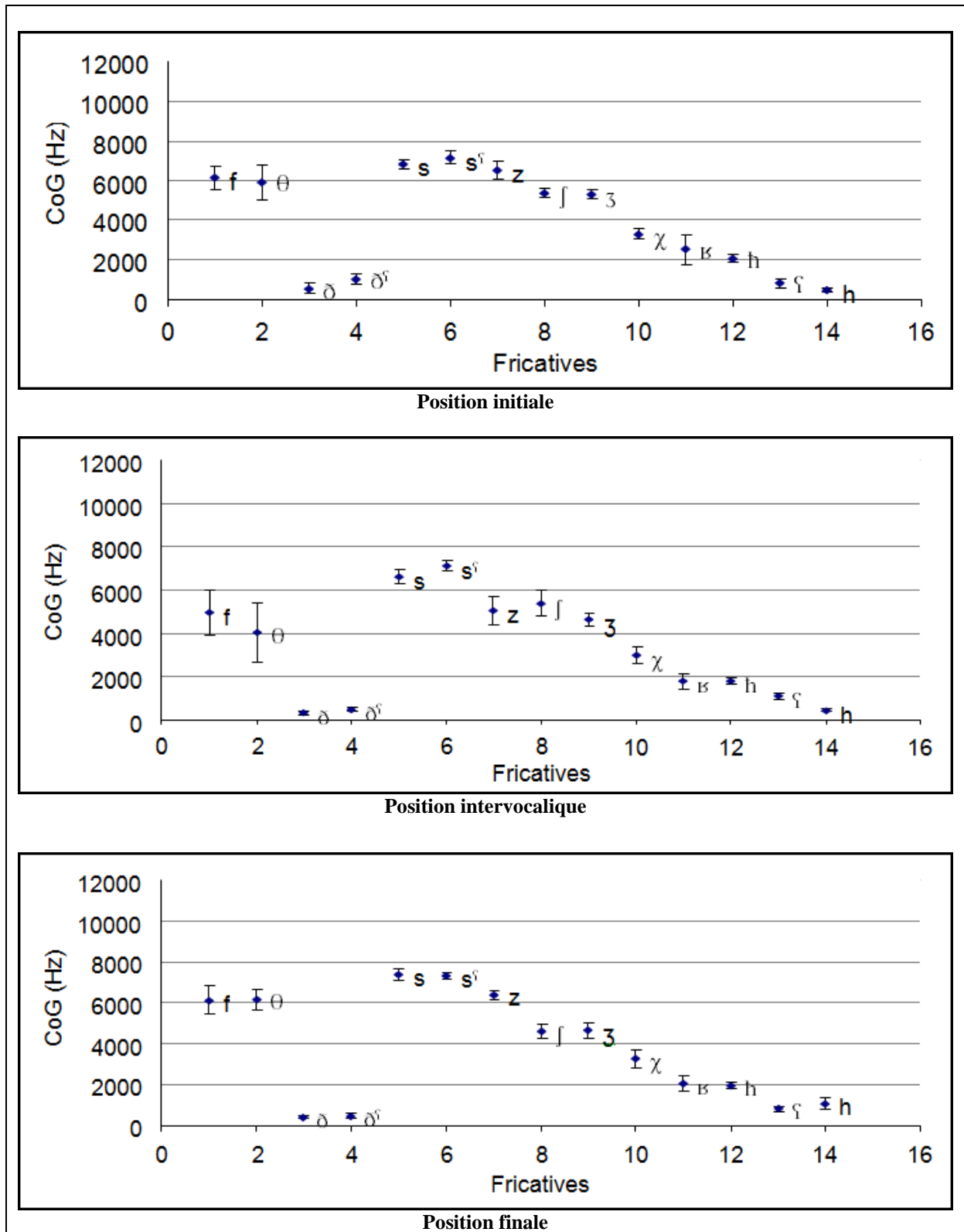
Figures 20 : Valeurs moyennes et écarts-types du CoG acoustique des fricatives selon leur lieu d'articulation/ Locutrice 3 (Seloua)

❖ Locuteur 4 (Moadh)

Contrairement aux locutrices féminines, les valeurs des moyennes du CoG des fricatives, pour le locuteur masculin 4 (Moadh), n'atteignent pas les très hautes fréquences. En effet, les valeurs ne dépassent pas 8000Hz, alors qu'à titre d'exemple pour la locutrice 3 (Seloua), le [s] est mesuré à 11152 Hz.

Si nous observons les *figures 21*, nous constatons que la labiodentale [f] et l'interdentale [θ] sont proches dans les zones de fréquence (6000 Hz), notamment dans les positions initiale et finale. Toutefois, en position intervocalique leurs moyennes de CoG sont moins élevées, elles sont respectivement de 4933 Hz (1054Hz) et 4025 Hz (1362Hz). Quant aux interdentales voisées [ð] et [ð^s], elles gardent invariablement la même position sur les graphiques, avec une légère élévation pour la pharyngalisée [ð^s]. Les alvéolaires voisées [s], [s^s] suivent le même cheminement parcouru chez les locutrices 1, 2, 3 déjà vues. Toutefois, les moyennes de leurs CoG ne dépassent pas 7400 Hz, mais ont une légère élévation pour la pharyngalisée [s^s], notamment pour les positions initiale et intervocalique. L'alvéolaire voisée [z] occupe la deuxième position dans l'ordre décroissant des moyennes du CoG pour ce locuteur, après ses correspondantes non voisées, quoique, pour la position intervocalique, la consonne postalvéolaire non voisée [ʃ] la dépasse avec une moyenne de 5381 Hz (582 Hz), contre 5033 Hz (642 Hz) pour [z]. Par ailleurs, le voisement n'est pas très marqué entre les fricatives postalvéolaires. En effet, la valeur de [ʒ] est de 4605 Hz (295 Hz), en position intervocalique. Ainsi la différence entre le [ʃ] et [ʒ] n'est que de 776 Hz. Pour les autres positions, la différence est de moins de 91 Hz. Nous observons dans les graphiques des trois positions que les moyennes du CoG des fricatives appartenant aux trois lieux d'articulation uvulaire, pharyngale et laryngale se situent dans les zones de fréquence en dessous de 3600 Hz et au-dessus de 350 Hz, avec un intervalle de plus de 1000 Hz entre les différents lieux opposés par le voisement.

Enfin, nous pouvons distinguer d'après nos résultats et les moyennes de CoG sur les graphiques que lorsque l'on recule vers l'arrière du conduit vocal, les fricatives non voisées [s], [ʃ], [χ], [ħ], [h], d'une part, et les fricatives voisées [z], [ʒ], [ʁ], [ʕ], d'autre part, se comportent de la même façon. Le fait est que, pour les deux catégories les moyennes du CoG baissent de façon décroissante et régulière. Ainsi, le CoG est un bon indicateur du lieu d'articulation.



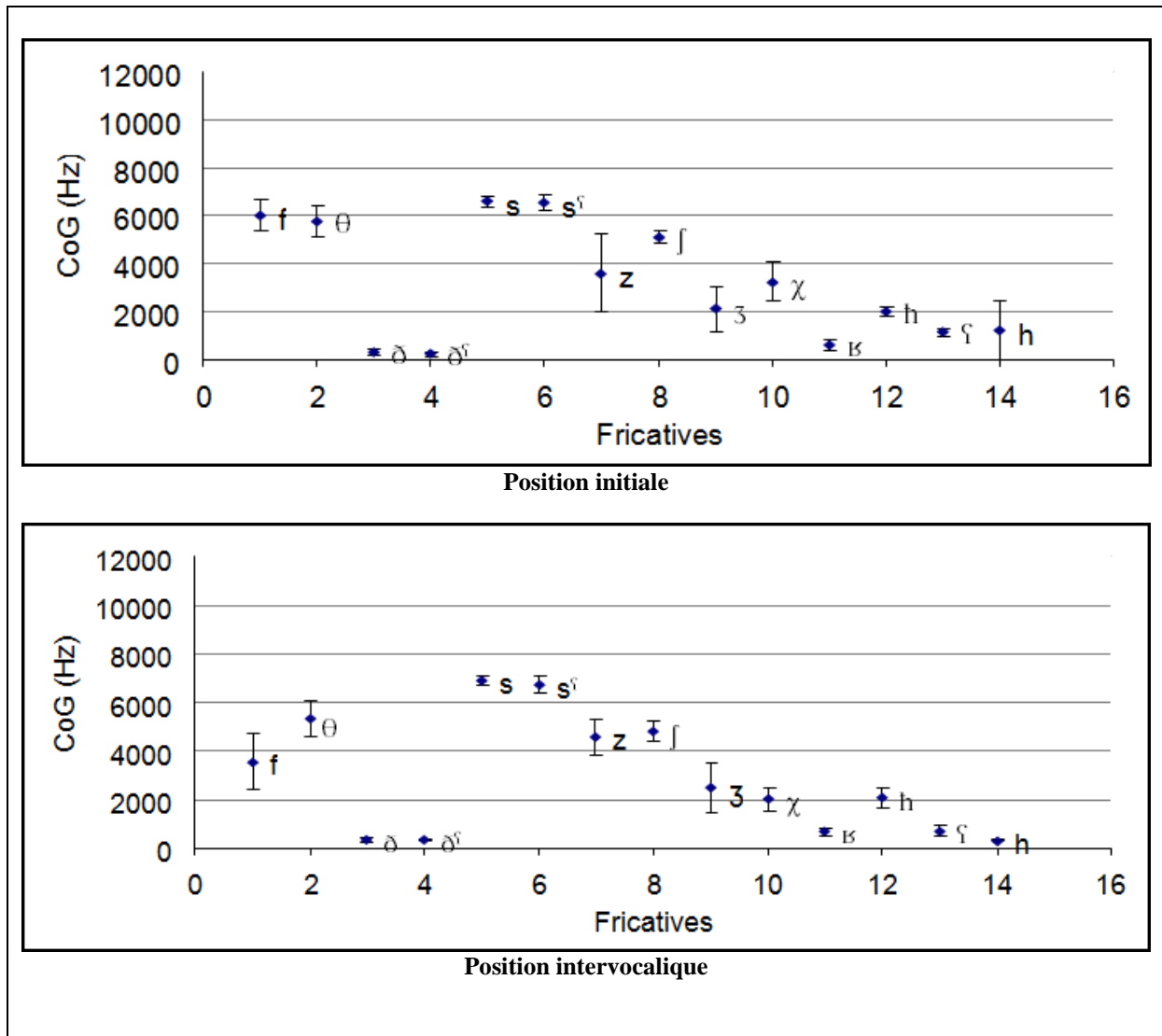
Figures 21 : Valeurs moyennes et écarts-types du CoG acoustique des fricatives selon leur lieu d'articulation/ Locuteur 4 (Moadh)

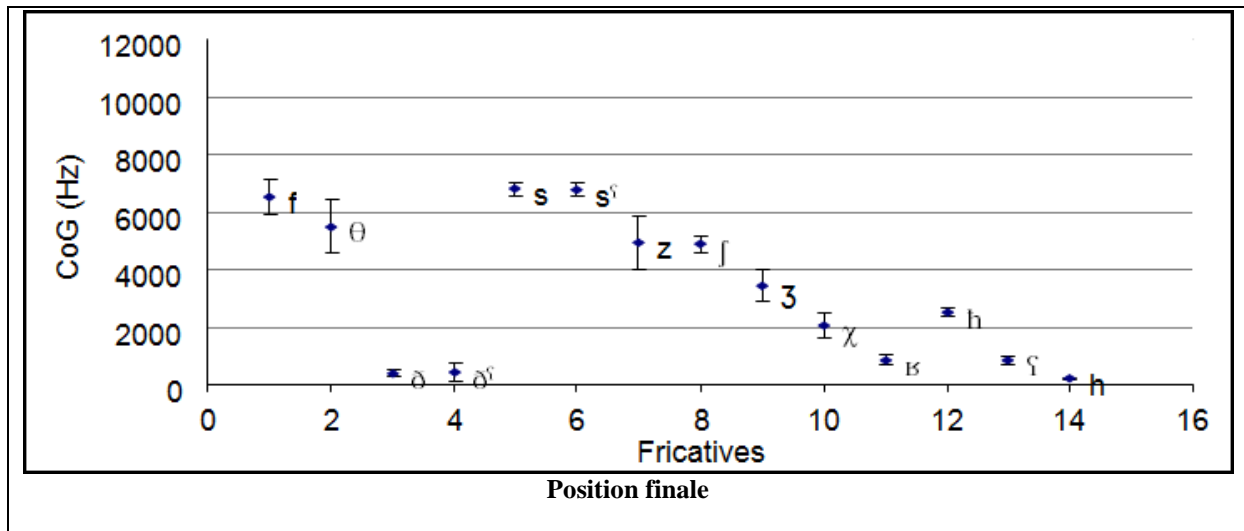
❖ Locuteur 5 (Abdarraouf)

Nous remarquons pour le locuteur 5 (Abdarraouf) que la labiodentale [f] a sa valeur la moins élevée en position intervocalique. En effet elle est de 3561 Hz avec un écart-type élevé de 1117 Hz en position intervocalique, mais de 6027 Hz (632 Hz) en position initiale et une moyenne de 6540 Hz (605 Hz) en position finale. Ainsi, la moyenne du CoG en position initiale et finale est presque deux fois plus importante que celle en position intervocalique. Quant à l'interdentale non voisée [θ], elle garde les mêmes valeurs de fréquences, quelle que soit sa position, elle varie entre 5326 Hz (751 Hz) en position intervocalique et 5740 Hz (665 Hz) en position initiale. Invariablement, les interdentales voisées pharyngalisée [ð^ɣ] et non pharyngalisée [ð] occupent les mêmes zones de fréquences entre 219 Hz et 471 Hz avec des écarts-types qui varient selon la position. Entre ces deux fricatives, les différences sont faibles mais souvent hétérogènes. Parallèlement, les valeurs des alvéolaires non voisées pharyngalisée [s^ɣ] et non pharyngalisée [s] sont proches avec une moyenne de CoG, entre 6574 Hz (302 Hz) pour [s^ɣ] en position initiale et 6915 Hz (165 Hz) pour [s] en position intervocalique. Ces valeurs sont les plus élevées de toutes les fricatives. La différence de valeurs relative au voisement entre l'alvéolaire non voisée [s] et la voisée [z] est bien marquée pour toutes les positions, pour ce locuteur. Elle est de 3000 Hz pour la position initiale, de 2339 Hz pour la position intervocalique et de 1874 Hz pour la position finale avec des écarts-types plus ou moins élevés. D'une part, la postalvéolaire non voisée [ʃ] a une moyenne de CoG moins élevée que celle de l'alvéolaire non voisée [s], mais plus élevée que celles des non voisées uvulaire [χ], pharyngale [ħ], et laryngale [h]. D'autre part, la postalvéolaire voisée [ʒ] a une moyenne de CoG moins élevée que celle de l'alvéolaire voisée [z] mais plus élevée que celle des voisées, respectivement, l'uvulaire [χ], la pharyngale [ħ], et la laryngale [h]. Cependant, la pharyngale non voisée [ħ] ne suit pas toujours la règle. En effet, elle a une valeur de 2089 Hz (424Hz), proche de l'uvulaire [χ] 2006 Hz (470Hz) en position intervocalique, et une autre valeur plus élevée en position finale [ħ] 2545 Hz (178 Hz) et [χ] 2066 Hz (425 Hz). Par conséquent, nous pouvons constater pour le locuteur 4 (Abdarraouf) que pour toutes les positions les fricatives non voisées d'une part, et les voisées d'autre part, ont des moyennes de CoG qui diminuent selon le lieu d'articulation, respectivement de l'alvéolaire à la laryngale en passant par la postalvéolaire, l'uvulaire et la pharyngale, c'est-à-dire que plus on recule vers l'arrière de la cavité buccale, plus les valeurs des moyennes de CoG baissent pour le groupe des fricatives de notre liste, hormis la labiodentale [f] et les

interdentales [θ], [ð], [ðʳ] pour lesquelles la règle ne s'applique pas du tout et pour la pharyngale [h] pour laquelle la règle ne s'applique que parfois.

Par ailleurs, nous remarquons pour ce locuteur que la différence entre les non voisées et les voisées est bien prononcée pour tous les lieux d'articulation. Cependant, elle l'est un peu moins pour le lieu d'articulation pharyngal, notamment pour la position initiale par opposition à l'intervocalique et à la finale.



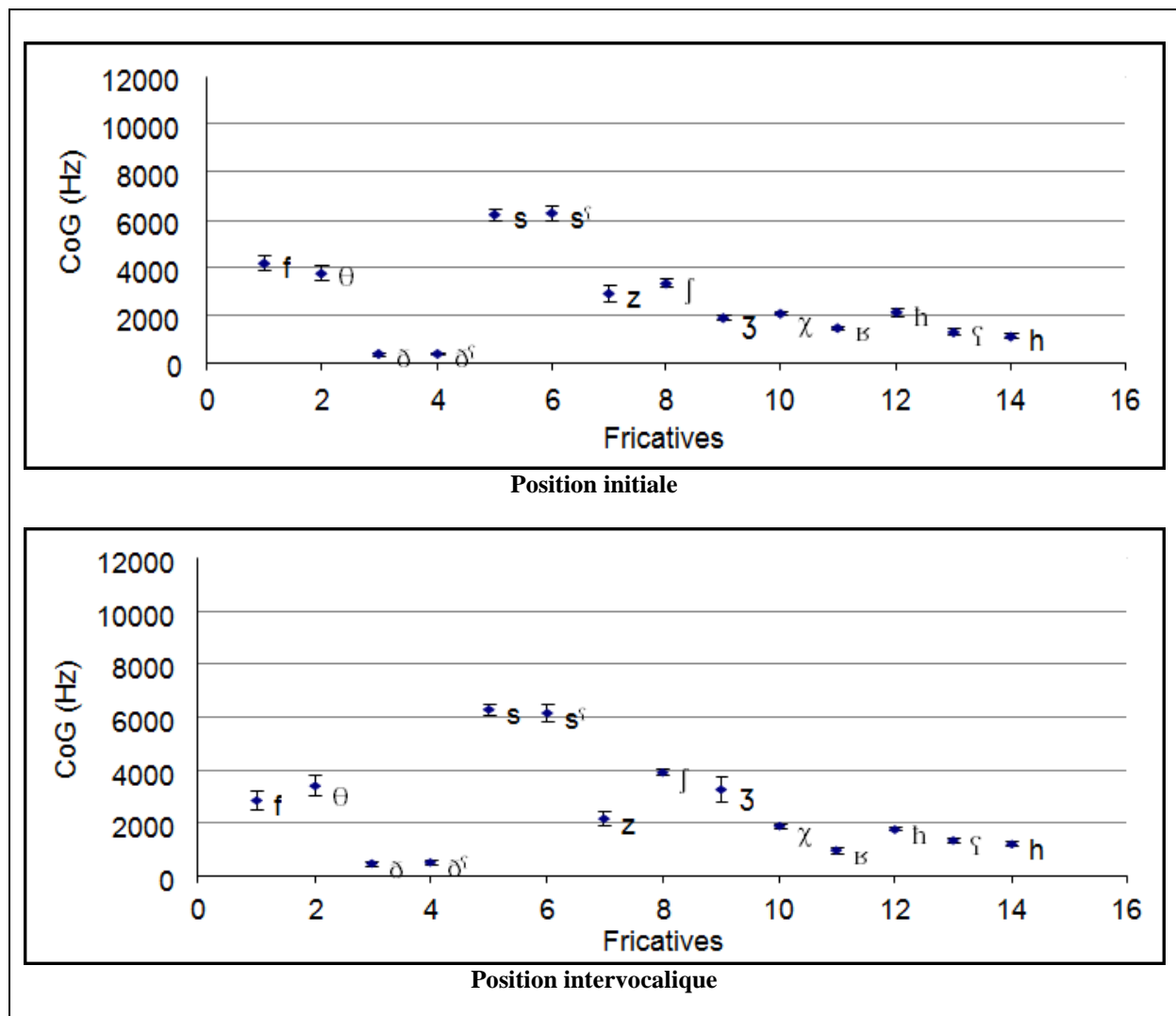


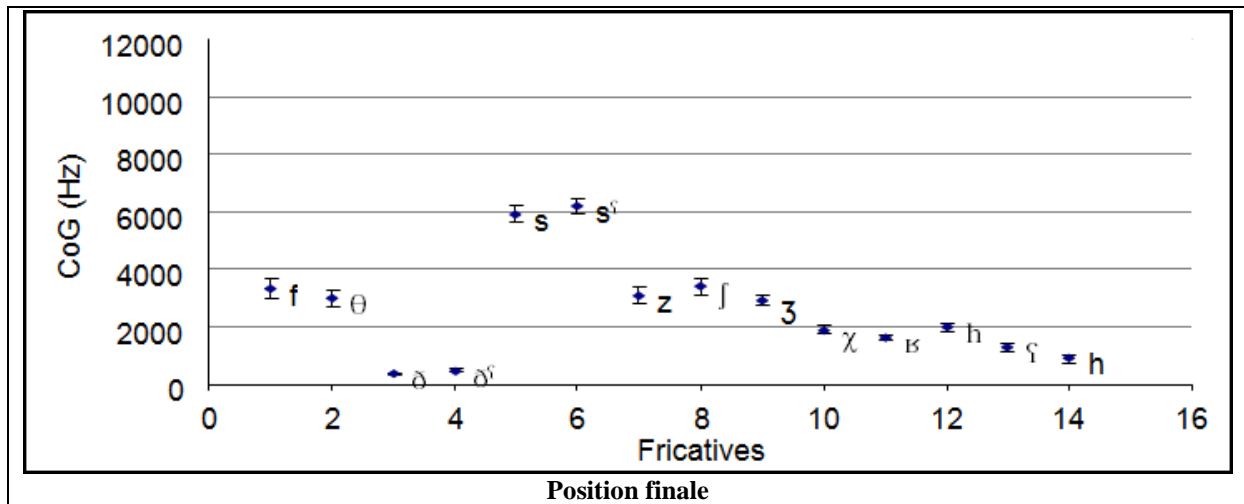
Figures 22 : Valeurs moyennes et écarts-types du CoG acoustique des fricatives selon leur lieu d'articulation/ Locuteur 4 (Abdarraouf)

❖ Locuteur 6 (Sofiane)

La première remarque liée à l'observation des graphiques qui correspondent au locuteur 6 (Sofiane) est que la plupart de ses écarts-types sont faibles, ce qui révèle peu de variabilité dans ses productions. Pour ce locuteur, la labiodentale [f] a les valeurs les plus basses de tous les locuteurs masculins, notamment en position finale où sa moyenne représente quasiment la moitié des autres locuteurs. En effet, elle est de 3347 Hz (330 Hz) pour Sofiane, contre 6131 Hz (676 Hz) pour Moadh et 6540 Hz (605 Hz) pour Abdarraouf. Cette fricative se rapproche des fréquences de l'interdentale non voisée [θ], comme le montrent les figures 23, ci-dessous. Quant aux interdentales voisées pharyngalisée [δ^h] et non pharyngalisée [δ], elles gardent les mêmes zones de fréquences pour ce locuteur comme elles l'ont été pour les cinq autres locuteurs. En effet, la moyenne la moins élevée de CoG est de 332 Hz (79 Hz) pour [δ] en position initiale et la moyenne la plus élevée de CoG est de 501 Hz (91 Hz) pour [δ^h] en position intervocalique. De plus, la différence entre les valeurs correspondantes aux fricatives de cette paire est faible, pour toutes les positions. Les mêmes remarques sont pour la paire alvéolaire, pharyngalisée [s^h] et non pharyngalisée [s], sauf que les valeurs les plus élevées sont aux alentours de 6000 Hz. En revanche, l'alvéolaire voisée [z] a ses valeurs les plus élevées en position finale où elle atteint 3104 Hz, avec un écart-type moyen de 299 Hz. Ainsi, la différence de valeur entre elle et sa correspondante non voisée reste importante. Par ailleurs, les moyennes du CoG des postalvéolaires [ʒ] et [ʒ] sont, dans la plupart des cas, les plus faibles pour ce locuteur dans toutes les positions. Celles correspondant à la fricative [ʒ] restent peu variables d'une position à l'autre, mais celles

correspondant à la voisée [ʒ] changent avec un intervalle aux alentours de 1000 Hz, d'une position à l'autre. En effet, les valeurs les moins élevées sont de 3331 Hz (189 Hz) pour [ʃ] et de 1863 Hz (134 Hz) pour [ʒ], pour la position initiale. L'uvulaire voisée [ʁ] atteint une valeur très basse en position intervocalique, elle est de 947 Hz avec un écart-type de 104 Hz, par opposition à la position finale où sa moyenne de CoG de 1637 Hz (88 Hz) est la plus élevée. Quant à l'uvulaire non voisée [χ], elle a pour les trois positions des valeurs plus importantes que sa correspondante voisée, même si la différence n'est pas toujours très importante. Il en est de même pour la paire pharyngale. En effet, les zones de fréquence se situent entre 1291 Hz (161 Hz) et 1995 Hz (142 Hz) pour cette paire. De plus, les moyennes de CoG correspondant à la pharyngale non voisée [ħ] sont toujours plus élevées que celles de la pharyngale voisée [ʁ]. Par ailleurs, nous remarquons que les moyennes de CoG de la laryngale non voisée [h] ne dépassent jamais 1500 Hz, et ce, quelle que soit la position et le locuteur. En effet, pour ce locuteur, la valeur la plus élevée est de 1180 Hz (100 Hz) en position intervocalique et la valeur la moins élevée est de 907 Hz (144 Hz) en position finale.





Figures 23 : Valeurs moyennes et écarts-types du CoG acoustique des fricatives selon leur lieu d'articulation/ Locuteur 6 (Sofiane)

2.2.2.3 Étude du rapport CoG du bruit de friction/ Voisement

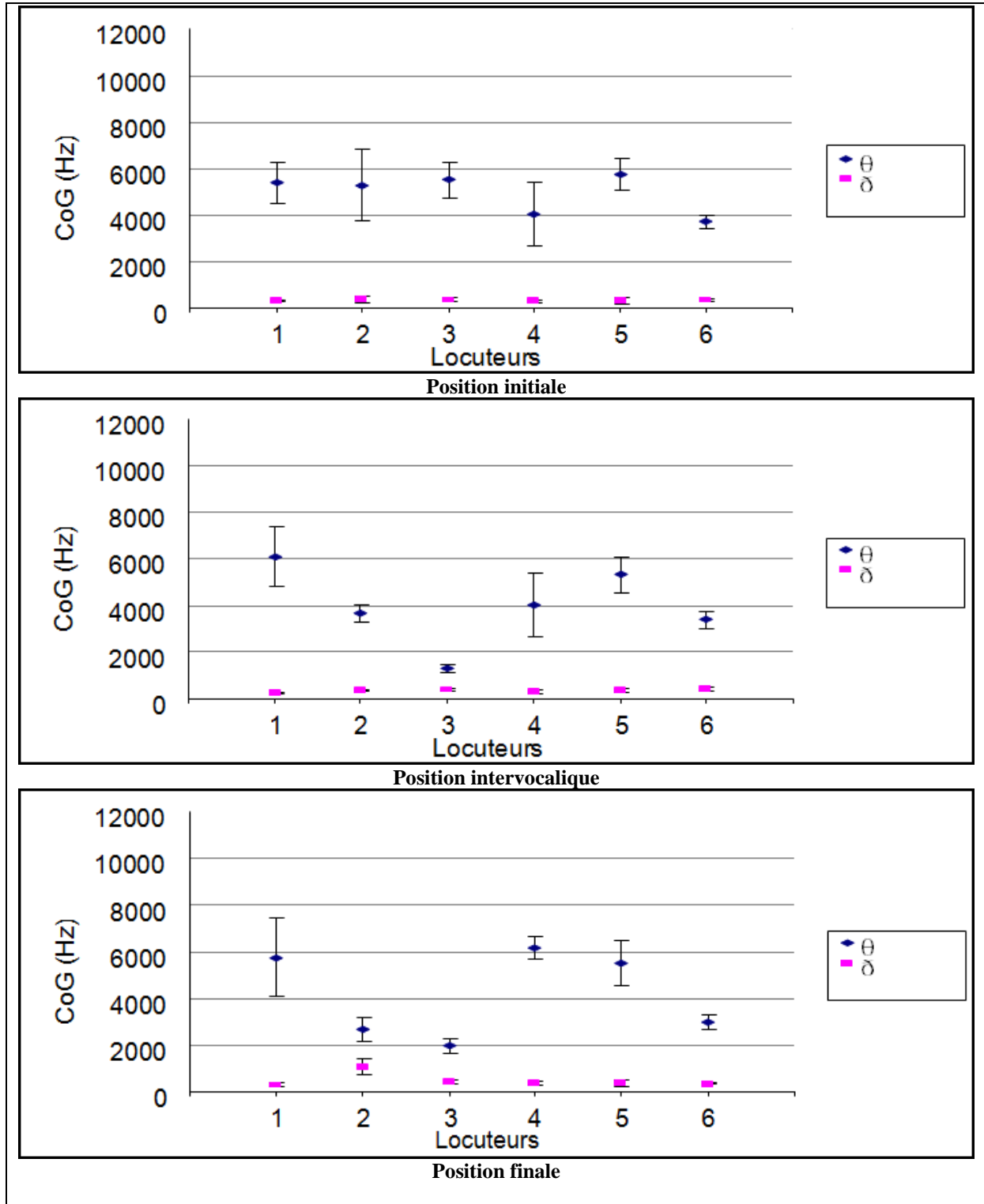
L'étude du trait phonologique du voisement est limitée aux paires de fricatives qui présentent une opposition relative à ce trait, à savoir les interdentes ([θ], [ð]), les alvéolaires ([s], [z]), les postalvéolaires ([ʃ], [ʒ]), les uvulaires ([χ], [ʁ]) et les pharyngales ([h], [ʕ]). Quant à la labiodentale non voisée [f] et la laryngale non voisée [h], elles ne sont pas concernées par cette étude, car leurs homologues voisés n'existent pas dans l'arabe standard.

Nous tenons à signaler que lors de nos analyses de données du rapport du CoG fréquentiel avec les locuteurs, nous avons également abordé les différences de valeurs qui ont été relevées pour les fricatives de chacune des cinq paires qui nous intéressent pour le traitement du voisement. Ainsi, nous estimons qu'il n'est pas nécessaire de refaire les comparaisons chiffrées entre ces fricatives pour chacun des locuteurs, et ce, afin d'éviter les redondances. Néanmoins, nous procéderons à la comparaison entre les fricatives non voisées et voisées pour les six locuteurs, comparativement aux différents lieux d'articulation.

○ Les interdentes ([θ], [ð])

Les figures 24 correspondant aux interdentes [θ] et [ð] montrent bien qu'il existe une grande différence entre la fricative non voisée et la voisée pour les six locuteurs et pour toutes les positions. Cependant, nous remarquons que la moyenne du CoG fréquentiel de

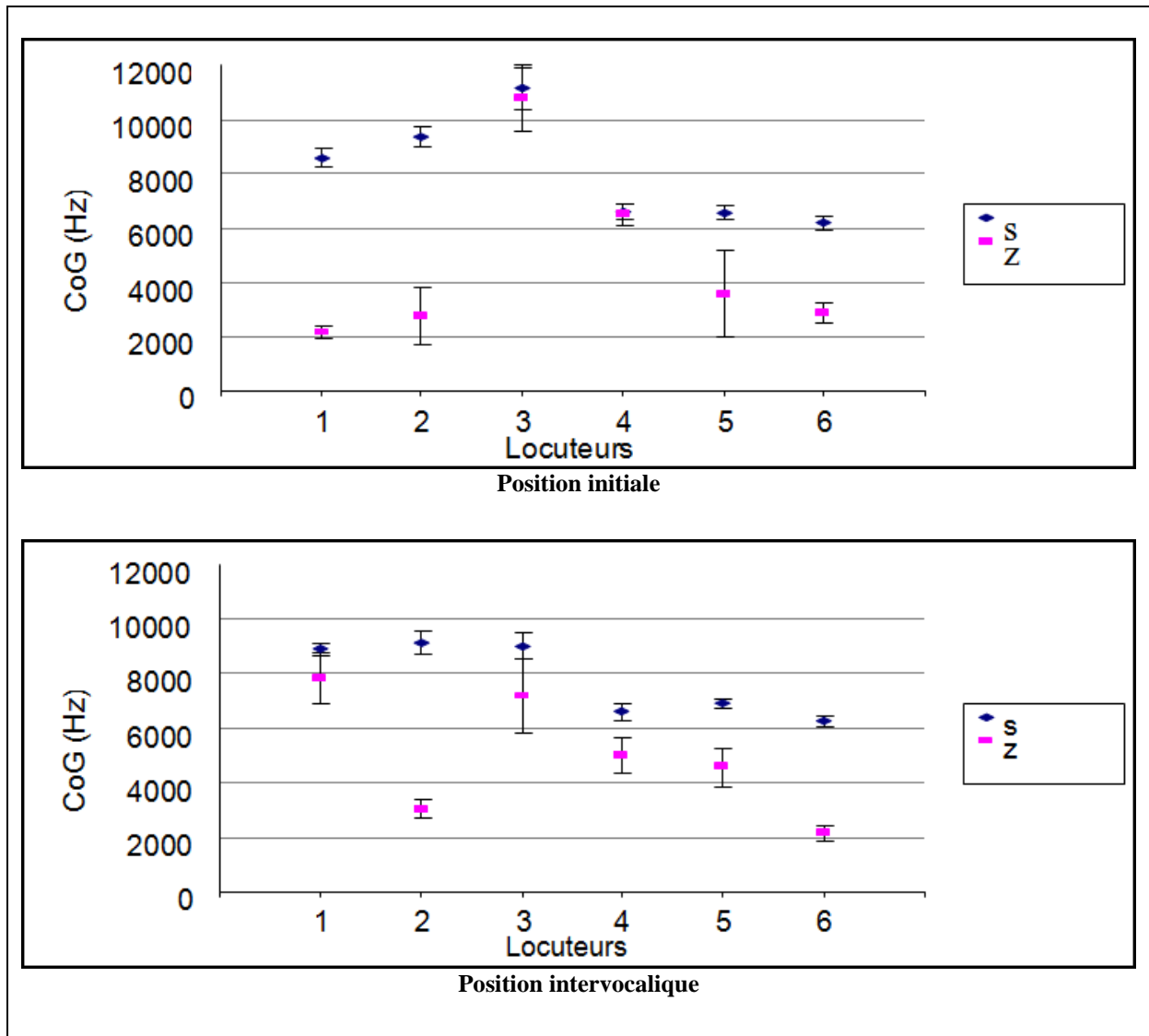
l'interdentale non voisée [θ] est la moins prononcée chez la locutrice 3 (Seloua), notamment pour les positions intervocalique et finale. Par ailleurs nous remarquons, pour la locutrice 2 (Habiba) par opposition aux autres locuteurs, que l'interdentale voisée [ð] a la moyenne la plus élevée, et la non voisée [θ] a sa moyenne la moins élevée, en position finale.

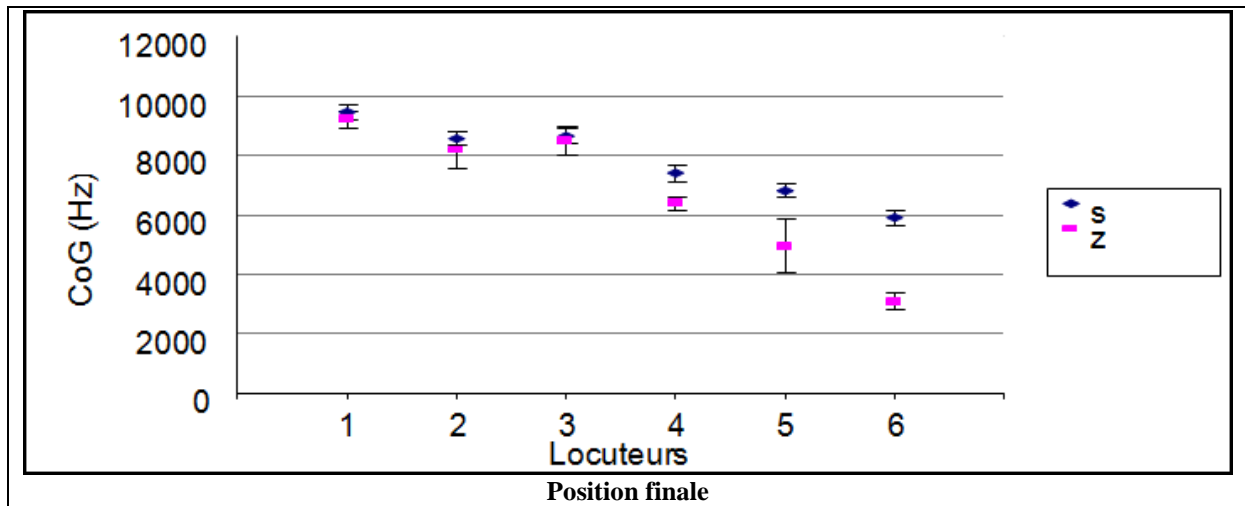


Figures 24 : Valeurs moyennes et écarts-types du CoG des fricatives ([θ], [ð]) pour les six locuteurs

○ **Les alvéolaires ([s], [z])**

Pour les alvéolaires [s], [z], nous remarquons que les différences des valeurs de CoG du bruit de friction ne sont pas toujours très élevées, comme elles l'ont été pour les interdentes. En effet, les valeurs des non voisées et leurs homologues voisées sont très proches pour la plupart des locuteurs, en position finale ; et pour la locutrice 3 et le locuteur 4 en position initiale.

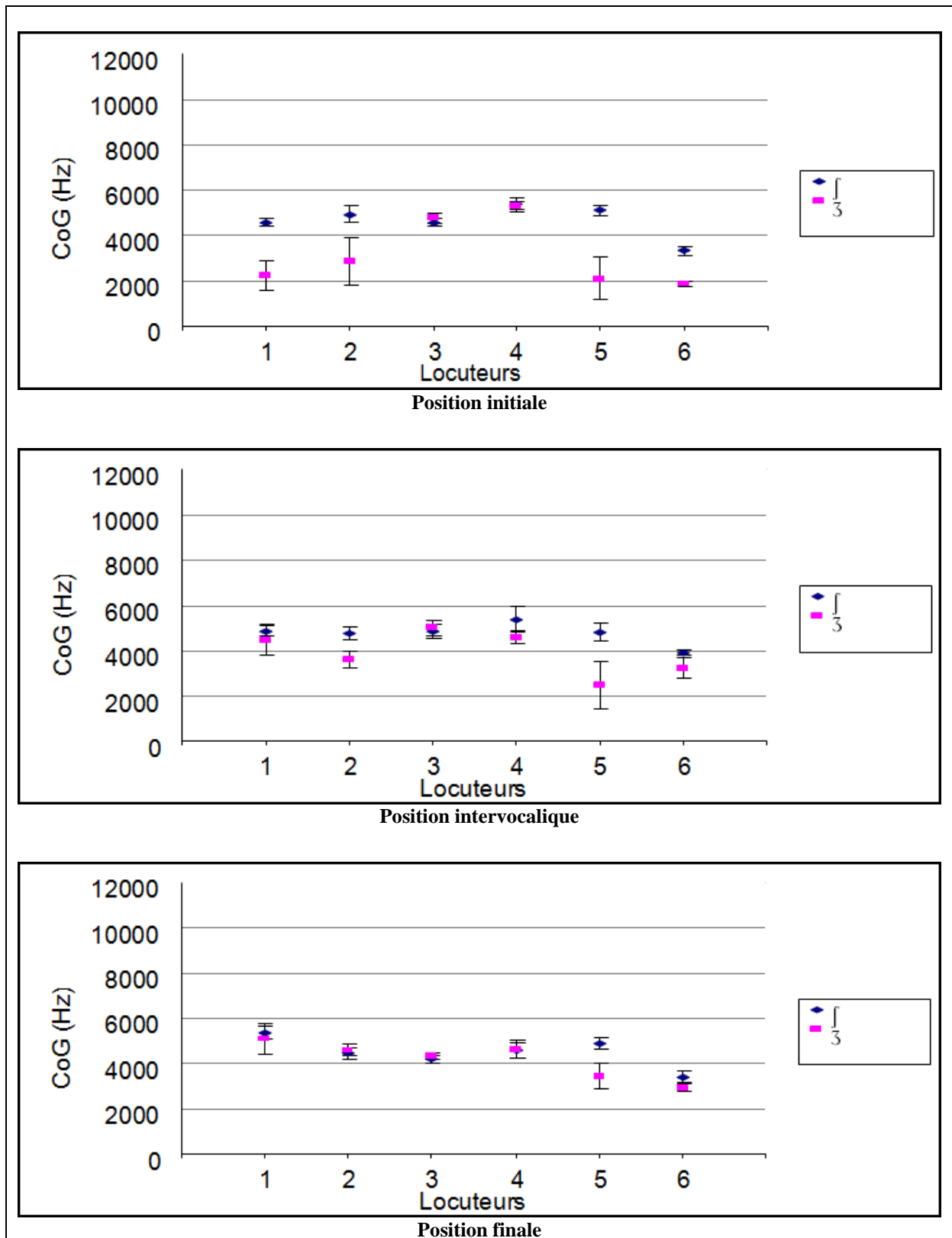




Figures 25 : Valeurs moyennes et écarts-types du CoG des fricatives ([s], [z]) pour les six locuteurs

- **Les postalvéolaires ([ʃ], [ʒ])**

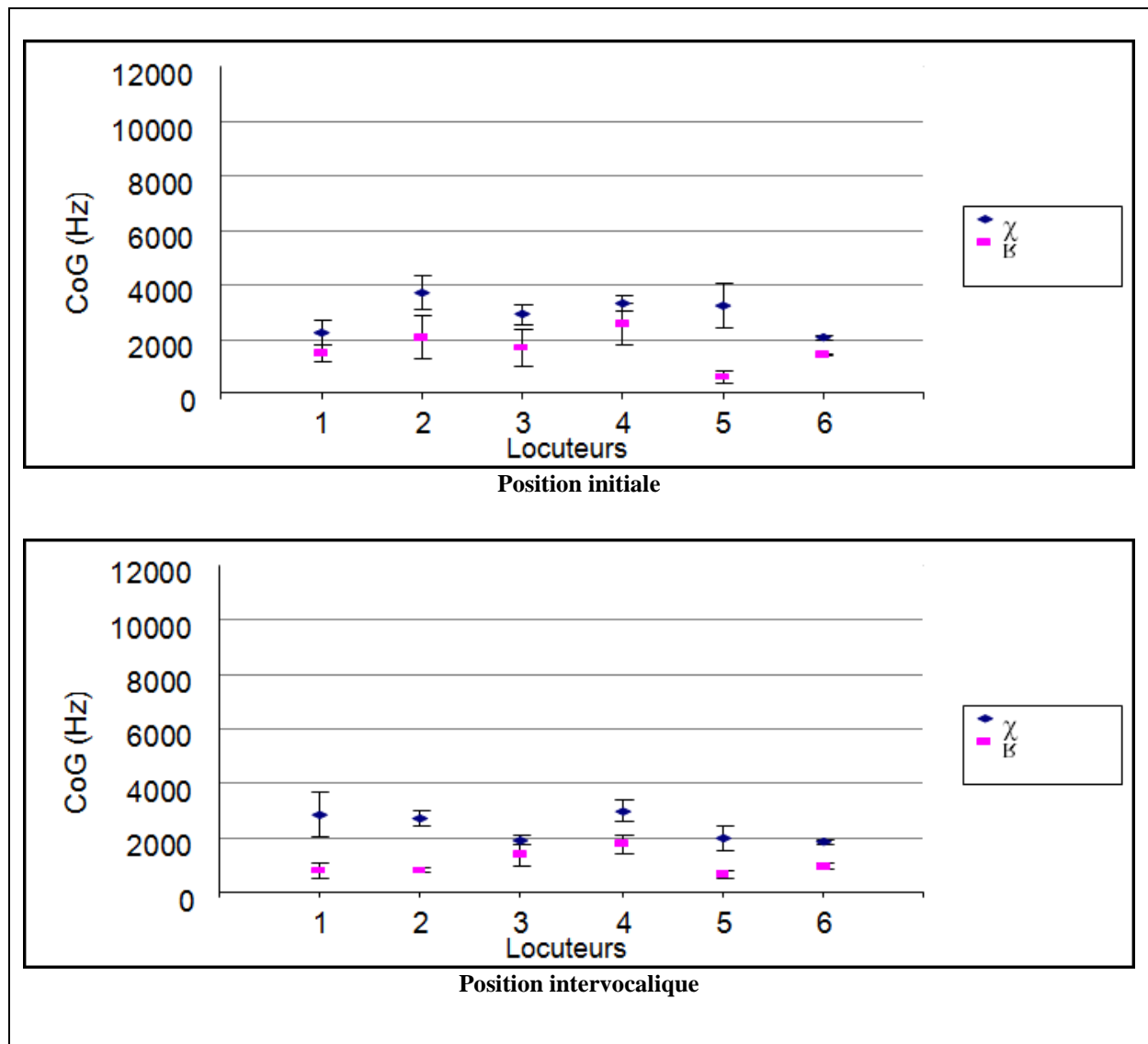
La différence de valeurs de CoG fréquentiel entre la postalvéolaire non voisée [ʃ] et la voisée [ʒ] est souvent faible, notamment en position finale pour les quatre premiers locuteurs ; et pour la locutrice 3 et le locuteur 4 en ce qui concerne les trois positions. Par ailleurs, les valeurs de la voisée [ʒ] dépassent parfois de peu la non voisée [ʃ], notamment pour la locutrice 3 pour les trois positions et la locutrice 2 en position finale.

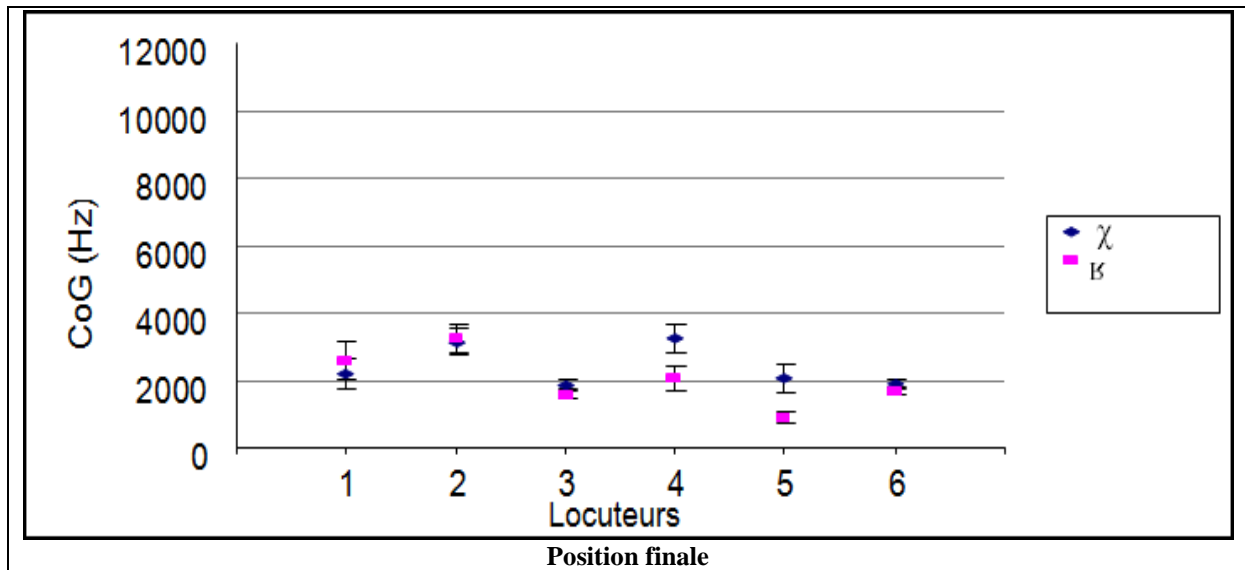


Figures 26 : Valeurs moyennes et écarts-types du CoG des fricatives ([ʃ], [ʒ]) pour les six locuteurs

○ **Les uvulaires ([χ], [ʁ])**

Il existe toujours une différence entre l'uvulaire non voisée et son homologue voisée, quel que soit le locuteur ou la position. Par ailleurs, les valeurs de CoG du bruit de friction restent faiblement variables, pour les différents locuteurs en comparaison avec les autres lieux d'articulation. Quant au voisement, il est le moins marqué en position finale, notamment, pour la locutrice 3 et le locuteur 6.

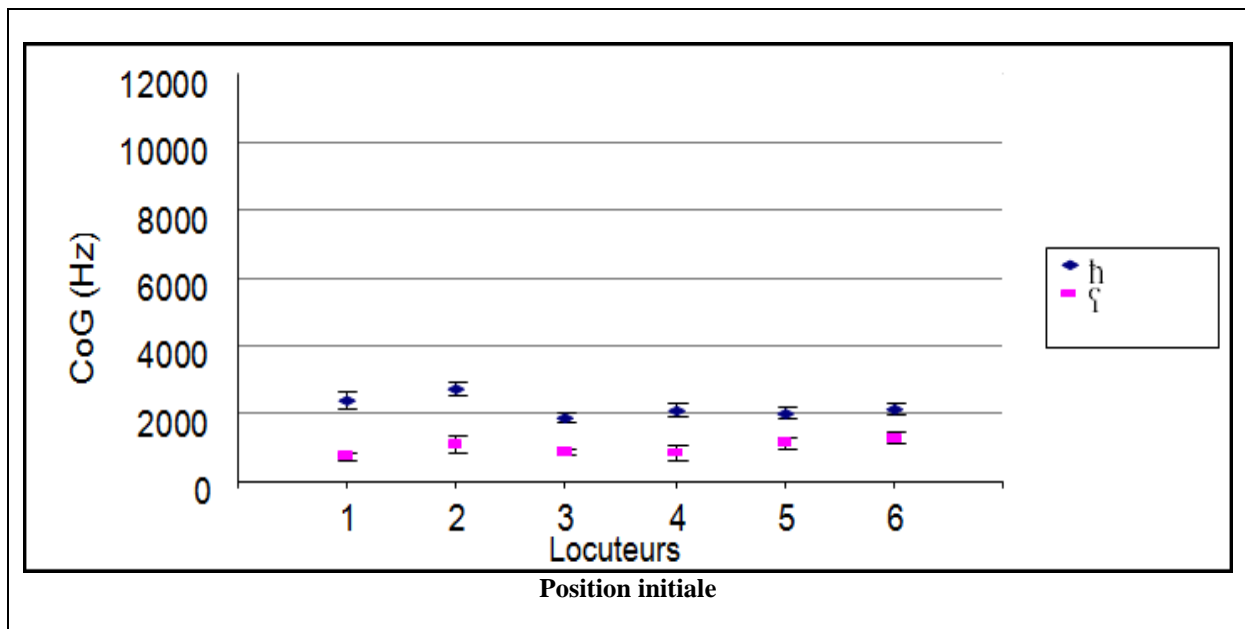


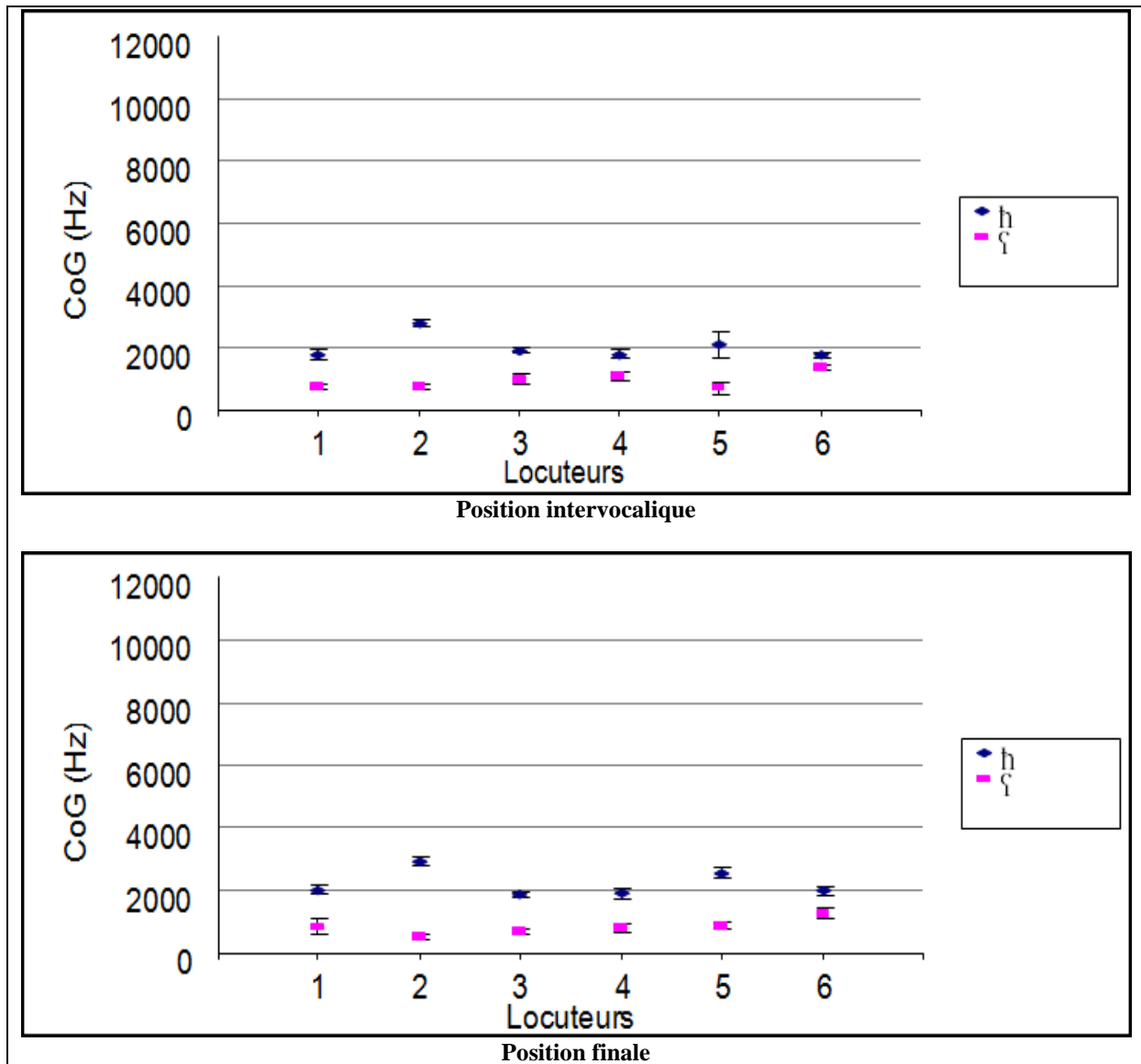


Figures 27 : Valeurs moyennes et écarts-types du CoG des fricatives ([χ], [ʁ]) pour les six locuteurs

○ **Les pharyngales ([h], [ħ])**

Nous remarquons une certaine régularité dans les différences de valeurs (différences peu élevées) entre la pharyngale non voisée [h] et sa correspondante voisée [ħ] pour tous les locuteurs, dans toutes les positions.





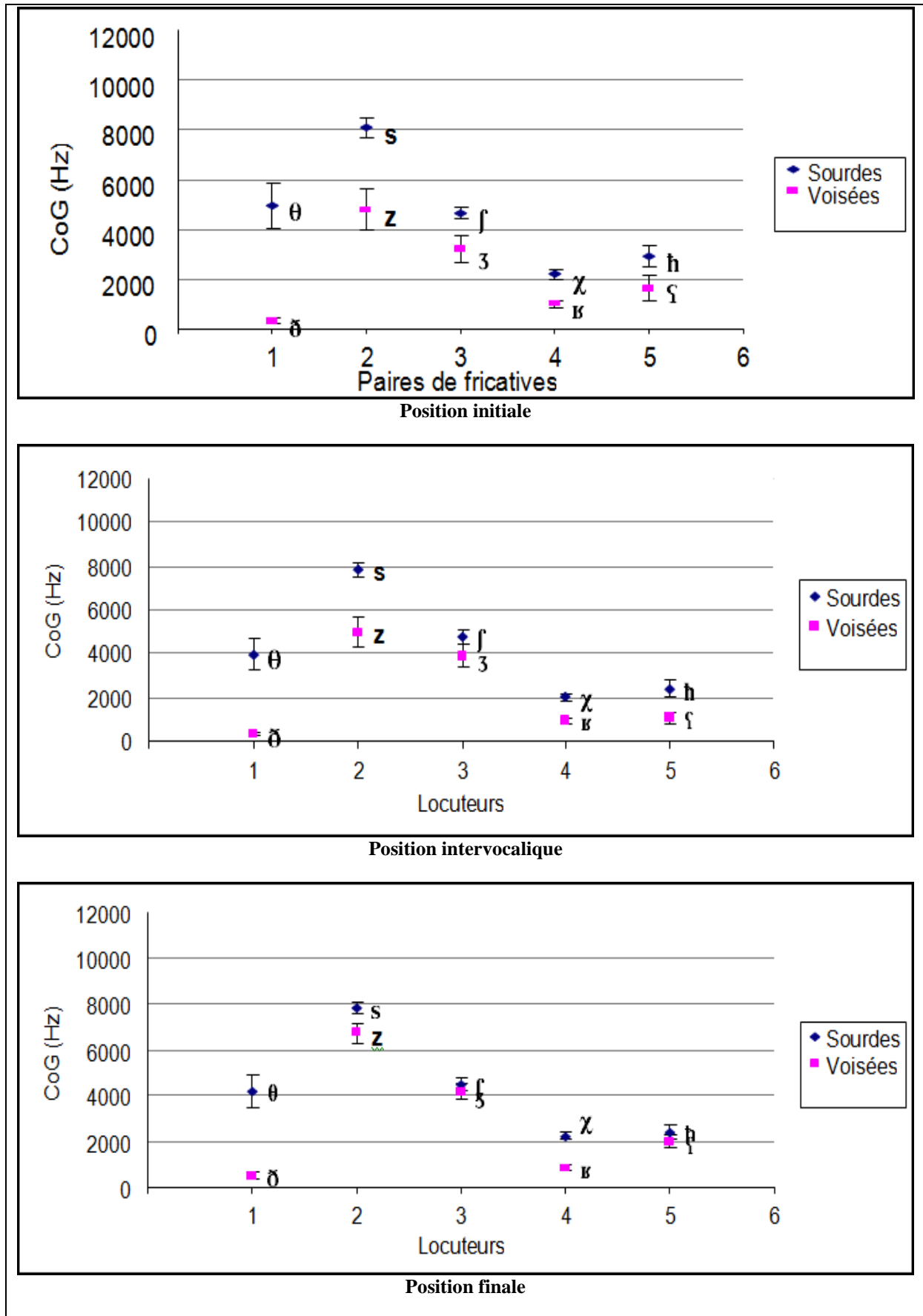
Figures 28 : Valeurs moyennes et écarts-types du CoG des fricatives ([h], [ʃ]) pour les six locuteurs

Nous proposons ci-dessous des graphiques (*cf.* Figures 29) présentant les moyennes de CoG du bruit de friction pour tous les locuteurs confondus. Ainsi, nous pouvons remarquer que l'effet du voisement est bien présent pour les cinq lieux d'articulation de notre étude. Cela pourrait s'expliquer par la résistance de la glotte, qui a comme effet de réduire la pression intraorale et donc de réduire sensiblement le bruit. Néanmoins, le voisement est plus prononcé pour les interdentes suivies des alvéolaires par opposition aux postalvéolaires et uvulaires. Quant aux positions, il semble que le voisement soit moins prononcé en position finale, pour la plupart des locuteurs et lieux d'articulation.

Par ailleurs, certains chercheurs (Hughes, Halle 1956 ; Stevens, 1998 ; Jésus, Shadle, 2002) notent que le voisement permet généralement de réduire l'amplitude du bruit de friction. Quant à Shadle *et al.* (2008), ils ont révélé que les fricatives voisées sont

généralement produites avec une configuration du pharynx différente de celle utilisée dans la production des fricatives non voisées pour un même lieu d'articulation. Pour Stevens (1998 : 411), les fricatives voisées sont produites avec un rétrécissement d'une constriction supra-glottique formée par l'un des articulateurs supra-glottiques. L'aire de la constriction est généralement un peu plus petite que la zone d'ouverture de la glotte, qui est élargie pour former ce type de fricative.

La source du voisement modifie la friction des fricatives voisées, vraisemblablement, par la structure des jets en aval de la constriction, ce qui peut entraîner des indices perceptifs à mettre au début de la friction (Jackson et Shadle, 2000). Ceux-ci peuvent être plus évidents quand la friction est plus faible par rapport au voisement.



Figures 29 : Valeurs moyennes et écarts-types du CoG des fricatives/ Tous locuteurs confondus

2.3 Discussion

Dans cette partie, nous comparerons nos résultats de l'étude du centre de gravité fréquentiel des fricatives de l'arabe standard, avec ceux obtenus par d'autres chercheurs dans d'autres langues.

La labiodentale [f]

Le bruit de friction de la labiodentale non voisée [f] est créé par le resserrement partiel de la lèvre inférieure contre les incisives supérieures. Celui-ci paraît sur le signal comme une zone plate et diffuse. Selon Munot et al. (2002), les bruits de friction se distinguent par la fréquence mais également par l'intensité et la largeur de bande ; les labiodentales ont des largeurs de bandes très étendues, allant de 1000 à 10000Hz et leur friction est faible. En effet, à travers nos signaux, nous avons constaté que la labiodentale non voisée [f] a un bruit de friction diffus. Elle se caractérise par une faible intensité et un spectre étendu (Léon, 2009). Quant au CoG de son énergie acoustique, il est localisé dans la région centrale du spectre. Selon l'étude de Meunier (2008), la principale caractéristique du bruit des labiodentales est la faible intensité et la présence de pics diffus vers 3000, 5000 et 8000 Hz pour [f] et [v]. Par ailleurs, une étude de Strevens (1960) montre que la fréquence pour la labiodentale [f] est dans la gamme de 1500 à 1700 Hz et 7000 à 7500 Hz. Quant à Jassem (1962), il présente des spectres similaires, mais avec des pics larges et un creux central situé entre 4000 et 6000 Hz. Les données de notre étude rejoignent la littérature, puisque le centre de gravité, qui coupe le bruit en deux parties égales, est localisé autour de 5884 Hz (677 Hz) en position initiale et il se situe dans des zones plus basses pour la position intervocalique et finale, respectivement, 3677 Hz (664 Hz) et 4623 Hz (502 Hz). Par ailleurs, nos graphiques montrent que pour le locuteur 6 (Sofiane), la labiodentale [f] a ses valeurs les plus basses par opposition aux autres locuteurs masculins, notamment en position finale où sa moyenne présente quasiment la moitié des valeurs obtenues pour les locuteurs masculins. Le même phénomène est observé chez la locutrice 3 (Seloua), pour laquelle les valeurs de CoG sont les plus basses parmi les femmes, dans les trois positions. Cependant, nous remarquons pour le locuteur 5 (Abdarraouf) que la labiodentale [f] a sa valeur la moins élevée en position intervocalique par opposition aux autres positions. En effet, elle représente environ la moitié des valeurs des positions initiale et finale avec un écart-type élevé. De même, nous remarquons que, pour tous les locuteurs, la moyenne du CoG spectral de la labiodentale non voisée [f] et l'interdentale non

voisée [θ] est supérieure en position initiale, comparativement aux positions intervocalique et finale avec des écarts-types peu élevés. Il semble donc que d'une part la position de la fricative et donc la durée de la voyelle adjacente [a] brève ou [a:] longue et d'autre part le sexe des locuteurs ne soient pas des indices discriminatifs pour le CoG fréquentiel de cette fricative, mais également pour les autres fricatives que nous analyserons ci-après. Par ailleurs, nous remarquons que la fricative interdentale non voisée [θ] se rapproche de la labiodentale non voisée [f] dans les zones de fréquences, et ce pour toutes les positions. Elles sont caractérisées par un spectre présentant des pics d'énergie plus bas que ceux des sibilantes alvéolaires pharyngalisée [s^ɸ] et non pharyngalisée [s], mais il est plus haut que celui d'autres fricatives.

Lors de nos mesures, des moyennes de la labiodentale [f], pour les femmes, d'une part, et pour les hommes, d'autre part, le CoG du bruit de friction était supérieur chez les femmes de 877 Hz en position initiale, par opposition aux autres positions.

Les interdentales non voisée [θ], voisée [ð] et pharyngalisée [ð^ɸ]

Les spectres de la fricative interdentale non voisée [θ] produite, en faisant passer l'air entre la pointe de la langue et les dents supérieures, ont tendance à être de faible amplitude (Shadle, 1985). Par ailleurs, selon Hughes et Halle (1956), Strevens (1960) et Johnson (1997), les fricatives [f] et [θ] sont caractérisées par un spectre plat présentant des pics d'énergie d'environ 1800 à 5000 Hz. En effet, pour notre étude la moyenne générale du CoG du bruit fréquentiel de l'interdentale non voisée [θ] en position initiale est de 4952 Hz, avec un écart-type élevé de 912 Hz. Néanmoins, en position intervocalique, elle est plus basse de quasiment 1000 Hz avec un écart-type également élevé de 717 Hz. Quant à la position finale, elle atteint 4188 Hz avec un écart-type élevé de 707 Hz. En revanche, nous notons globalement que, la différence entre les moyennes de CoG des paires de fricatives interdentales, non pharyngalisée [ð] et pharyngalisée [ð^ɸ], est faible, ce qui indique que la pharyngalisation n'a pas d'effet significatif sur le CoG du bruit de friction. Ces interdentales voisées occupent les mêmes zones de fréquence pour tous les locuteurs, sauf pour la locutrice Habiba pour laquelle les moyennes de CoG sont élevées en position finale. De plus, en nous référant au *tableau 8* des moyennes du CoG acoustique, mais également selon nos données pour chacun des locuteurs, nous constatons que les moyennes de fréquence des interdentales voisées [ð] et [ð^ɸ] sont les plus basses par opposition aux autres lieux d'articulation, et ce quelle que soit la position de ces fricatives. En effet, elles sont pour l'interdentale voisée [ð], pour la position

initiale et intervocalique respectivement, de 330 Hz avec un écart-type très élevé de 99 Hz et de 344 Hz avec un écart-type élevé de 61 Hz. Pour la position finale, la moyenne du CoG fréquentiel atteint 502 Hz avec un important écart-type de 133 Hz. En conséquence, le CoG des interdentes voisées non pharyngalisée [ð] et pharyngalisée [ð^ɸ] se localise dans les plus basses fréquences du spectre. Ainsi, nous pouvons déduire que la différence entre les moyennes de CoG de la fricative non voisée [θ] et ses homologues voisées [ð] et [ð^ɸ] est très importante, et ce, pour toutes les positions. Cela pourrait être interprété par le fait que l'intensité globale du bruit est plus faible pour les fricatives voisées en raison de la vibration des cordes vocales qui augmente la pression supra-glottique (Al-Khairy, 2005) et diminue la pression à la constriction (Badin et al. 2000). Ainsi, la différence entre la fricative non voisée et la voisée est bien marquée pour ce lieu d'articulation.

Pour la production des interdentes [θ], [ð] et [ð^ɸ], les écarts-types sont élevées pour la plupart des locuteurs. En effet, pour la locutrice 2 (Habiba), ils sont plus élevés en position initiale, comparativement aux autres locuteurs. Cela nous amène à conclure qu'il existe une importante variation intra-individuelle, pour la production de ces fricatives. Toutefois, pour le locuteur 5 (Abdarraouf), les écarts-types correspondant à l'interdentale non voisée [θ] sont faibles pour les différentes positions.

Par ailleurs, nous avons remarqué que les valeurs moyennes de [θ] et [ð] pour les locutrices sont plus élevées que celles des locuteurs masculins en position initiale.

L'alvéolaire non voisée [s], voisée [z] et pharyngalisée [s^ɸ]

L'alvéolaire non voisée [s] est réalisée par le maintien de la pointe de la langue contre les alvéoles visant, ainsi, le jet d'air vers les dents inférieures, Shadle (1985). C'est ainsi que la friction est produite. D'après Léon (2009), l'alvéolaire non voisée [s] a une forte intensité et une haute fréquence qui s'étend entre 4000 et 8000 Hz. Elle s'échelonne avec l'alvéolaire voisée [z], qui a une énergie atténuée sur les moyennes et hautes fréquences. Toutefois, selon Munot et Nève (2002) la largeur moyenne du bruit de friction de [s] et [z] va de 3500 à 7000 Hz et est très intense. En réalité, le bruit de ces deux fricatives est souvent décrit comme compact, intense et strident se localisant dans les fréquences aigües. Pour notre étude, les alvéolaires non voisées, non pharyngalisée [s] et pharyngalisée [s^ɸ], ont, invariablement, les valeurs de CoG les plus élevées, ce qui explique que leurs moyennes de fréquence sont les plus élevées de toutes les fricatives. Ces deux fricatives sont également proches dans leurs valeurs de moyenne de CoG acoustique. Effectivement, la moyenne pour tous les locuteurs varie entre 7000 Hz à 8000 Hz, selon la position, avec des écarts-types peu élevés. Pour la

locutrice 3 (Seloua), elles atteignent dans l'une des répétitions la valeur la plus élevée (12491Hz), dépassant ainsi les résultats de tous nos locuteurs. Ainsi, ces deux fricatives occupent les plus hautes fréquences. Contrairement à toutes les fricatives, nous remarquons que les moyennes de CoG des sibilantes [s] et [s^h] produites par les femmes sont considérablement plus élevées que celles produites par les hommes, et ce pour toutes les positions. Notons que, pour le locuteur 4 (Moadh), les moyennes de CoG des alvéolaires voisées [s] et [s^h] ne dépassent pas 7400 Hz, avec de surcroît une légère élévation pour la pharyngalisée [s^h], notamment pour les positions initiale et intervocalique. Stevens (1960) donne 3500 Hz comme référence pour la fréquence la plus basse à laquelle l'énergie est visible sur un spectrogramme. Quant à nos résultats, si nous prenons à titre d'exemple la locutrice 2 (Habiba) pour laquelle les signaux sont les plus nets, le bruit de friction de [s] apparaît à partir de 5143 Hz et va jusqu'aux plus hautes fréquences et celui de [s^h] apparaît à partir de 5324 Hz ou 7315 Hz et va jusqu'aux plus hautes fréquences. Néanmoins, il faut savoir que les limites inférieures varient selon le locuteur et en fonction de l'occurrence.

Par ailleurs, Ohala (1983, 1994) a noté que les sibilantes non voisées, en particulier le [s], sont fréquentes dans les langues du monde, mais les fricatives sibilantes voisées sont relativement rares. Pour ce qui est de l'arabe standard, la fricative alvéolaire voisée [z] existe et a même une correspondante pharyngalisée dans certains parlers, comme l'égyptien pour lequel l'interdentale pharyngalisée [ð^h] est prononcée comme une alvéolaire pharyngalisée voisée [z^h]. Quant à l'alvéolaire voisée [z] de notre étude, sa valeur moyenne relevée pour le CoG de bruit de friction pour les six sujets est de 4797 Hz avec un écart-type moyen de 807 Hz, en position initiale. Toutefois, la différence entre cette valeur et celle correspondant à la position intervocalique est minime, elle est de 178 Hz, avec un écart-type de moins de 100 Hz. En position finale, la moyenne est de 6717 Hz avec un écart-type de 471 Hz. Cependant, il est à noter qu'il existe une importante variation inter- et intra-individuelle en ce qui concerne la production de la fricative voisée [z], pour les différentes positions. En effet, les moyennes de CoG acoustique sont très hétérogènes. Elles vont de 2151 Hz avec un écart-type élevé de 286 Hz pour le locuteur 6 (Sofiane) en position initiale et arrivent jusqu'à 10817 Hz avec un écart-type élevé de 1217 Hz pour la locutrice Seloua, en position initiale. En revanche, pour la locutrice 2 (Habiba), nous avons relevé une variation moins importante pour la production de cette fricative, notamment en position initiale et intervocalique où les moyennes ne dépassent pas 3053Hz (307 Hz) ; uniquement en position finale, l'alvéolaire voisée [z] se place avec les fricatives qui ont les valeurs les plus élevées, avec une moyenne de 8190 Hz (652 Hz). Toutefois, pour la locutrice 3 (Seloua), l'alvéolaire voisée [z] a des

valeurs proches de celles de la non voisée [s], notamment pour les positions initiale et finale. Pour le locuteur 5 (Abdarraouf) et le locuteur 6 (Sofiane), la différence de voisement entre l'alvéolaire non voisée [s] et la voisée [z] demeure bien prononcée dans toutes les positions.

Pour la comparaison des alvéolaires entre elles, Munot et Nève (2002) indiquent que le [z] se distingue du [s] par une durée plus réduite du bruit de friction. Par ailleurs, parmi les fricatives de notre étude, l'alvéolaire voisée [z] et l'interdentale non voisée [θ] ont les valeurs les plus hétérogènes, comparativement aux six locuteurs, en particulier pour les positions intervocalique et finale. Pour le locuteur 4 (Moadh), par exemple, l'alvéolaire voisée [z] occupe la deuxième position au niveau de l'ordre décroissant des moyennes du CoG, après ses correspondantes non voisées [s] et [s^h]. En revanche, pour le locuteur masculin 6 (Sofiane), l'alvéolaire voisée [z] a des valeurs faibles, notamment, en position finale, où la moyenne atteint 3104 Hz avec un écart-type moyen de 299 Hz. Ainsi, l'écart avec sa correspondante non voisée [s] se révèle important.

En ce qui concerne le sexe, nous remarquons que la moyenne de CoG pour le lieu d'articulation alvéolaire, notamment pour [s] et [z] chez les femmes, est plus élevée que pour les hommes. La différence approche 2000Hz pour les positions initiale et intervocalique et 3000 Hz pour la position finale.

Les postalvéolaires non voisée [ʃ] et voisée [ʒ]

D'après Ladefoged et Maddieson (2007), la plupart des auteurs font remarquer que la constriction de [ʃ] est plus large et plus en retrait que celle du [s]. En effet, la friction de la postalvéolaire non voisée [ʃ] est créée par le resserrement de la pointe de la langue et de la partie postérieure des alvéoles. Selon Léon (2009), le bruit de friction du [ʃ] est continu et de haute fréquence. Il a une concentration moyenne entre 2000 et 4000 Hz ; quant à sa correspondante voisée [ʒ], elle a une énergie atténuée. Les moyennes de centre de gravité que nous avons obtenues pour la postalvéolaire non voisée [ʃ], pour tous les locuteurs, vont de 4490 Hz pour la position finale à 4767 Hz pour la position intervocalique avec des écarts-types faibles. En revanche, celles correspondant à la postalvéolaire voisée [ʒ] vont de 3186 Hz pour la position initiale à 4176 Hz pour la position finale avec des écarts-types élevés. Ainsi, contrairement à l'alvéolaire voisée [z], pour la production de la postalvéolaire non voisée [ʃ], nous remarquons une certaine régularité dans les valeurs des six locuteurs, notamment chez les femmes, et ce, pour toutes les positions. Par ailleurs, pour le locuteur 6 (Sofiane), les moyennes du CoG des postalvéolaires [ʃ] et [ʒ] sont les plus faibles de tous les locuteurs, dans

la plupart des cas. Néanmoins, les moyennes correspondant à la fricative [ʃ] restent peu variables d'une position à l'autre, mais celles correspondant à la voisée [ʒ] varient avec une différence de presque 1000 Hz d'une position à l'autre. Pour la locutrice 1 (Nawel), la postalvéolaire non voisée [ʃ] présente des moyennes de fréquence nettement plus basses que celles des alvéolaires [s] et [s^h]. Chez le locuteur 4 (Moadh), les moyennes de la consonne postalvéolaire non voisée [ʃ] dépassent l'alvéolaire voisée [z]. En effet, le [ʃ] a une moyenne de CoG de 5381 Hz (582 Hz), contre 5033 Hz (642 Hz) pour [z], en position intervocalique. Chez le locuteur 5 (Abdarraouf), la postalvéolaire voisée [ʒ] a une moyenne de CoG moins élevée que celle de l'alvéolaire voisée [z].

A l'instar de Ladefoged et Maddieson (2007), Hughes et Halle (1956) ont trouvé des caractéristiques spectrales de [f] et [v] très variées, mais des propriétés spectrales plus spécifiques pour les sibilantes [s] et [z], lesquelles sont caractérisées par des pics spectraux à des fréquences plus élevées que [ʃ], [ʒ]. Dans une étude plus récente, Shadle, Moulinier, Dobelke et Scully (1992) arrivent à une conclusion similaire. En comparant leurs résultats avec les nôtres, nous remarquons que l'alvéolaire non voisée [s] est caractérisée par une moyenne de fréquence du CoG supérieure à la postalvéolaire [ʃ] avec un faible écart-type rejoignant les conclusions de Shadle et Mair (1996). Afin de mieux visualiser les actions nécessaires pour la production correcte de la fricative [s], nous renvoyons le lecteur à Chen et Stevens (2001: 1303).

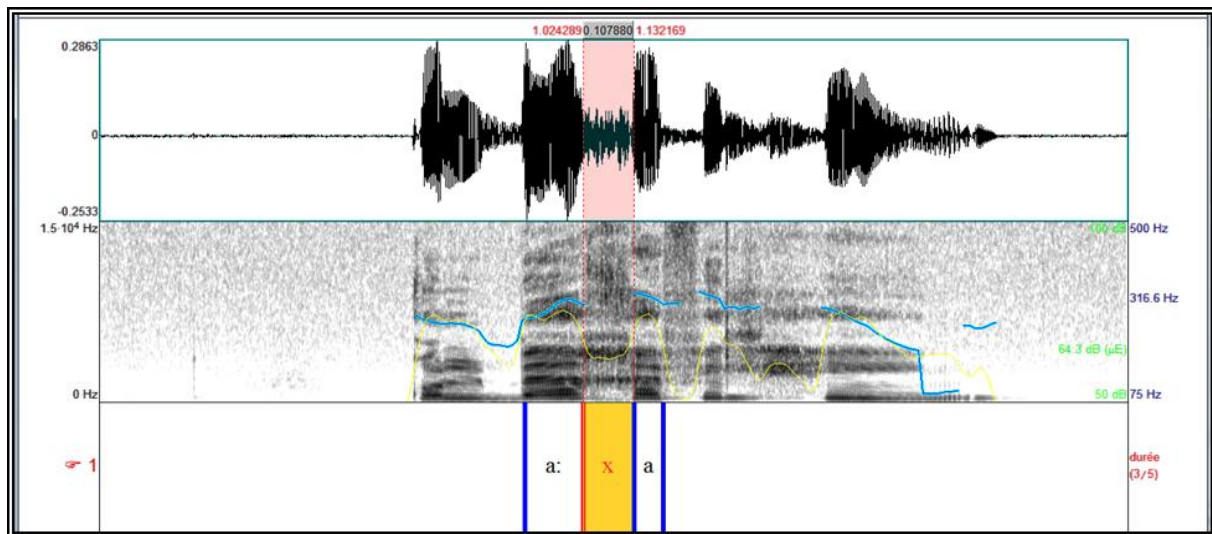
Nous tenons à signaler pour notre étude, qu'exceptionnellement, pour la locutrice 3 (Seloua), les valeurs de la postalvéolaire voisée [ʒ] dépassent de peu celles de son homologue non voisée [ʃ], il se peut que ce fait soit lié à la valeur d'une des occurrences d'ordre supérieur qui a élevé la moyenne. Par ailleurs, le voisement chez Moadh, contrairement à l'ensemble des locuteurs, n'est pas très marqué entre les fricatives postalvéolaires. En effet, la différence la plus élevée entre les sons [ʃ] et [ʒ] est de 776 Hz, en position intervocalique. Pour les autres positions, la différence est de moins de 91 Hz. En conséquence, ces résultats peuvent nous amener à expliquer que le voisement n'est pas un effet significatif en lui-même, mais en interaction avec d'autres variables, puisque la différence de voisement ici est minimale.

Nos résultats ont révélé que les valeurs des postalvéolaires [ʃ] et [ʒ] pour les femmes sont supérieures à celles des hommes pour les trois positions.

Les uvulaires non voisée [χ] et voisée [ʁ]

Les fricatives vélares s'opposent phonologiquement aux fricatives uvulaires dans un certain nombre de langues (Ladefoged et Maddieson, 2007). En effet, certains chercheurs sur l'arabe considéraient les fricatives خ et ġ comme des vélares symbolisées respectivement par [x] et [ɣ]. Quant à nous, nous suivons les études les plus récentes, en classant ces fricatives parmi les uvulaires, d'autant plus que leur entourage pour notre étude est la voyelle [a] brève ou [a:] longue qui font que l'axe de contact soit postérieur dans la cavité buccale (Boff, 1981). Pour celle-ci, les consonnes [χ] et [ʁ] de l'arabe sont des fricatives dorso-uvulaires ; la non voisée [χ] présente trois zones de concentration d'énergie (zones de bruit) la première zone se situe entre 1300 Hz et 1800 Hz, au niveau du F2 des voyelles adjacentes. La deuxième se localise au niveau de la zone de F3 qui s'étend entre 2750 Hz et 4500 Hz. La troisième zone se situe entre 4800 Hz et 6000 Hz. Quant à la voisée [ʁ], elle est caractérisée par une présence d'un F1 vocalique et de trois zones de bruit, la première entre 1000 et 1500 Hz, la deuxième entre 2800 et 4000 Hz et la troisième entre 5500 et 6000 Hz. En ce qui concerne nos résultats, l'uvulaire non voisée [χ] a sa valeur la plus élevée en position initiale ; elle est de 2904 Hz avec un écart-type très important de 435 Hz, mais pour les deux autres positions, elle ne dépasse pas 2401 Hz, avec un écart-type élevé de 333 Hz (position finale). Toutefois, la moyenne générale du CoG acoustique, en ce qui concerne l'uvulaire voisée [ʁ] atteint une valeur très basse de 1070 Hz avec un écart-type élevé de 227 Hz, en position intervocalique. Cependant, pour la position initiale, elle arrive à 1625 Hz, avec un écart-type très élevé de 481 Hz ; et 1996 Hz avec un écart-type élevé de 290 Hz en finale. L'uvulaire voisée [ʁ] atteint ses valeurs les plus basses chez le locuteur 5 (Abdarraouf). Pour les trois positions les valeurs de l'uvulaire non voisée [χ] restent supérieures à sa correspondante voisée, quoique la différence entre les deux ne soit pas toujours très importante. Quant au locuteur 4 (Moadh), les moyennes du CoG des fricatives appartenant aux trois lieux d'articulation uvulaire, pharyngal et laryngal se situent dans les zones de fréquence situées entre 350 Hz et 3600 Hz, avec une différence de plus de 1000 Hz entre les différents lieux des mêmes paires minimales. Par ailleurs, sur nos signaux, le bruit de friction de la fricative [ʁ] s'étale sur tout le signal, de même que pour la labiodentale [f] qui a des valeurs proches en position finale. En outre, les moyennes de CoG relevées à partir des productions des locutrices sont plus élevées que celles des locuteurs masculins pour le lieu d'articulation uvulaire, et ce, pour toutes les positions.

Pour Strevens (1960), les consonnes qui ont un lieu d'articulation plus en arrière dans la cavité buccale ont tendance à présenter une sorte de structure formantique. En effet, nous présentons *infra* quelques-uns de nos signaux qui illustrent ce phénomène.



**Figure 30 : Illustration du signal de l'uvulaire non voisée [χ]
Locutrice 3 (Habiba)/ Position intervocalique**

Les pharyngales non voisée [h] et voisée [ʕ]

D'après Ladefoged et Maddieson (2007 : 168)

« Les sons dans les langues sémitiques appelés fricatives pharyngales ne sont souvent ni pharyngales ni fricatives (Laufer et Condax 1979, 1981). Catford décrit ces sons comme des approximantes, en fait, il poursuit en disant qu'ils sont souvent décrits à tort comme des fricatives, c'est un sentiment que nous partageons. Il a manifestement raison de dire que dans beaucoup, si ce n'est, la plupart des parlars arabes, ces sons ne sont pas des fricatives. Dans notre expérience, il y a une turbulence locale audible dans le son que Catford symbolise comme [h], mais comme il le fait remarquer, cette turbulence est très rarement apparente dans ce qu'il symbolise comme [ʕ]. »

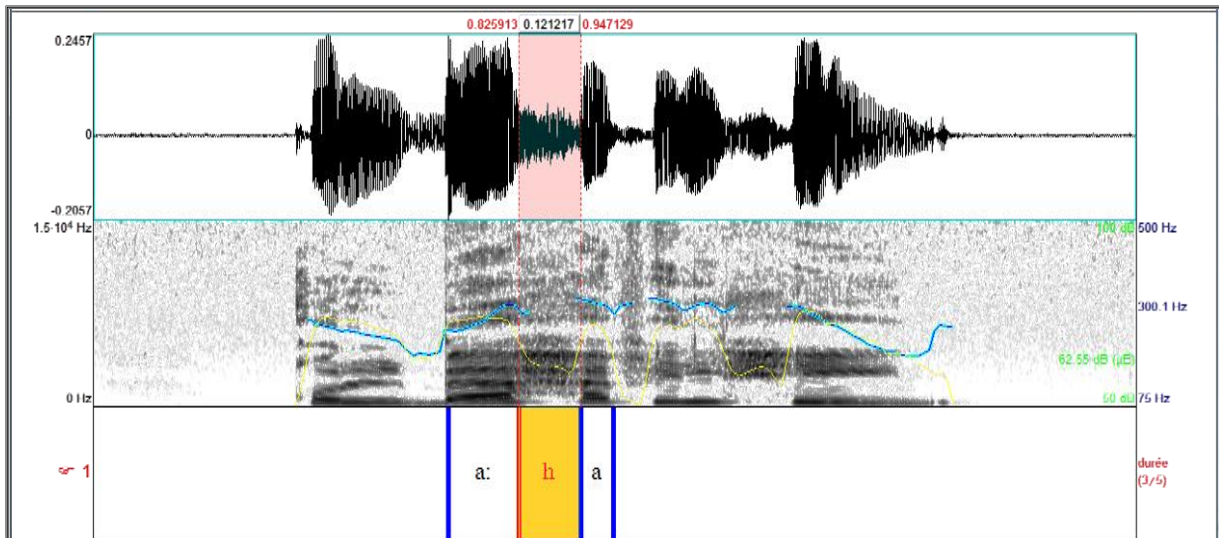
Dans nos signaux, nous remarquons à titre d'exemple pour la locutrice 2 (Habiba), que le bruit de friction apparaît pour [h] à partir de 1793Hz, ce qui correspond au 2^{ème} formant, et jusqu'à 4781 Hz (1793Hz à 4690Hz ; 1700Hz à 4600Hz). Il se centralise donc pour [h] entre le 2^{ème} et le 4^{ème} formant. Toutefois, le bruit de friction de la fricative voisée [ʕ] n'apparaît pas sur le spectrogramme. Sont visibles sur le signal les formants des voyelles environnantes. En revanche, en position intervocalique, on voit clairement les formants des voyelles qui avoisinent les fricatives [h] et [ʕ]. Nous sommes d'avis que [h] et [ʕ] sont des fricatives pharyngales très sensibles à leur entourage vocalique, au point d'en hériter les

caractéristiques, mais il faudra également rappeler que leur source de bruit est proche de la glotte.

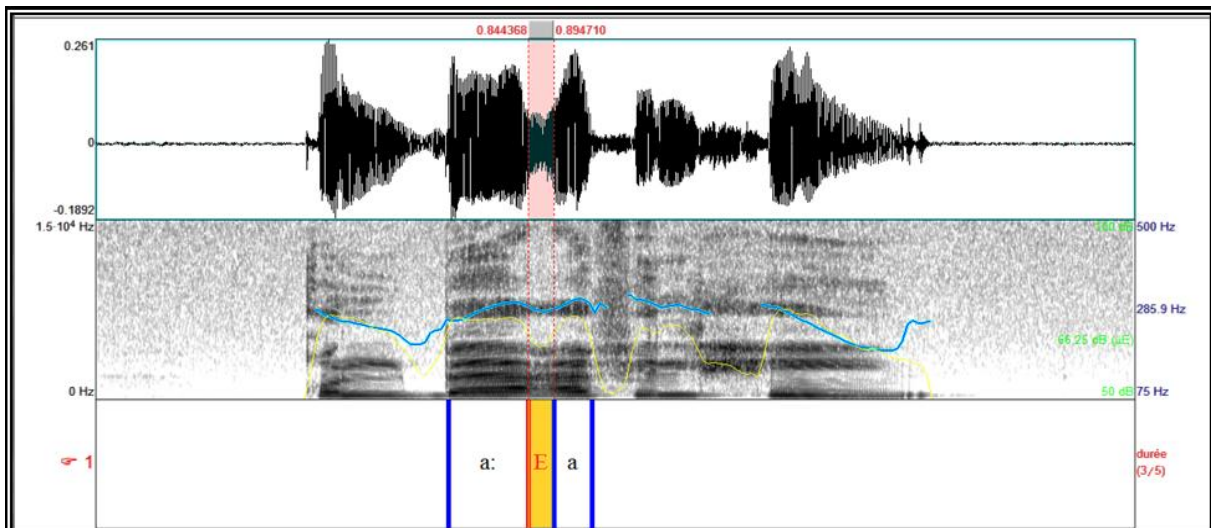
Pour ce qui est des moyennes de CoG de la pharyngale non voisée [h] pour tous les locuteurs, les valeurs sont toujours supérieures à celles de la pharyngale voisée [ʕ], bien que la différence entre les deux ne soit pas toujours très élevée. En effet, pour le locuteur 5 (Abdarraouf), nous remarquons que la différence entre les non voisées et les voisées est toujours bien marquée, pour tous les lieux d'articulation. Cependant, elle l'est un peu moins pour le lieu d'articulation pharyngal, notamment pour la position initiale par opposition à l'intervocalique et à la finale. Par ailleurs, pour ces deux fricatives, la majeure partie des écarts-types du locuteur 6 (Sofiane) sont faibles, ce qui révèle peu de variabilité dans ses productions.

Pour la locutrice 2 (Habiba), les paires uvulaires ([x], [χ]), pharyngales ([h], [ʕ]) et la laryngale non voisée [h] ont des moyennes de CoG qui ne dépassent jamais 4000 Hz. Quant à la locutrice 3 (Seloua), les valeurs correspondant aux fricatives, respectivement, uvulaires [χ], [ʁ], pharyngales [h], [ʕ], et laryngale [h] ont des moyennes de CoG qui suivent le même ordre décroissant qui va de 2908 Hz jusqu'à 418 Hz, sauf pour la pharyngale non voisée [h] qui ne suit pas toujours cet ordre régressif.

Pour les pharyngales, les moyennes de [h] et [ʕ] chez les femmes sont plus élevées que celles des hommes, sauf pour la position finale où l'on observe le contraire.

Figure 31 : Illustration du signal de la pharyngale non voisée [h]⁴

Locutrice 3 (Habiba)/ Position intervocalique

Figure 32 : Illustration du signal de la pharyngale voisée [ʕ]⁵

Locutrice 3 (Habiba)/ Position intervocalique

La laryngale non voisée [h]

Ladefoged et Maddieson (2007) notent que des formes de [h] et [ɦ] pour lesquelles un flux d'air turbulent est produit au niveau de la glotte sont parfois classées comme des fricatives, mais il est plus approprié de les considérer comme des voyelles. En effet, en ce qui concerne notre étude, nous avons remarqué dans les signaux correspondant à la locutrice 2 (Habiba), que le bruit de friction du [h] soit n'apparaît pas soit englobe tout le spectre. Ce qui est sûr est que les formants des voyelles adjacentes sont très visibles sur le signal de la fricative (*cf.* figure 33).

⁴ Sur le TextGrid, le signe h représente la pharyngale non voisée [h].

⁵ Sur le TextGrid, le signe E représente la pharyngale voisée [ʕ].

Dans notre étude, la moyenne de CoG relevée pour tous les locuteurs en ce qui concerne la laryngale non voisée [h], ne dépasse pas les 800 Hz, en position initiale et intervocalique. Cependant, en position finale, elle avoisine les 1306 Hz avec un écart-type élevé de 264 Hz. Une explication possible est que pour les locutrices 1 et 2 (Nawel et Habiba), les valeurs sont très élevées par opposition aux valeurs relevées à partir des productions des autres locuteurs. Elles atteignent respectivement 2374 Hz, avec un écart-type très élevé de 755 Hz, et 2696 Hz, avec un écart-type peu élevé de 290 Hz. Pour la locutrice 2 (Habiba), la moyenne du CoG fréquentiel de la laryngale non voisée [h], reste dans les basses fréquences, sauf pour la position finale.

Pour les positions intervocalique et finale, les valeurs du CoG fréquentiel des femmes sont plus élevées respectivement, de 280 Hz et 1142 Hz, par opposition à l'initiale.

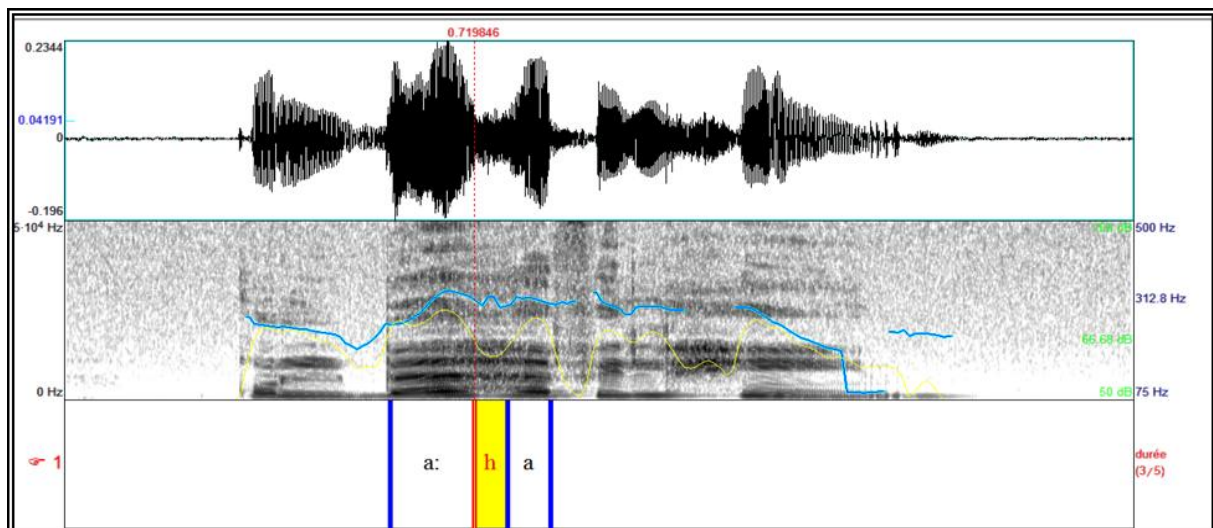


Figure 33 : Illustration du signal de la laryngale non voisée [h]

Locutrice 3 (Habiba)/ Position intervocalique

2.4 Conclusion

Les données obtenues à partir des moyennes de CoG fréquentiel, pour chacune des fricatives montrent bien les variations entre les productions d'un locuteur à l'autre, mais également pour un même locuteur. En effet, il existe une variabilité inter- et intra-individuelle en ce qui concerne les moyennes du CoG du bruit de friction. Nos résultats s'appuient sur des analyses (ANOVA) qui ont montré que la variable *locuteurs* a un effet significatif sur le CoG du bruit de friction des fricatives, et ce, pour toutes les positions (initiale, intervocalique et finale). Hughes et Halle (1956) ont trouvé également une variation entre les résultats de leurs locuteurs quant à l'étude des fréquences des fricatives de l'anglais.

Tous nos résultats montrent, également, que le CoG acoustique est un bon indicateur du lieu d'articulation, et ce, quelle que soit la position ou le locuteur. En effet, les valeurs de moyennes de CoG du bruit de friction suivent le même ordre quelle que soit le locuteur ou la position. En conséquence, nous proposons les interprétations suivantes selon ce que nous avons constaté de nos données. D'une part, les fricatives non voisées ayant les lieux d'articulation, alvéolaire, postalvéolaire, uvulaire, pharyngal et glottal, à savoir [s], [ʃ], [χ], [h], [ħ] et les fricatives voisées [z], [ʒ], [ʁ], [ʁ̥], d'autre part, se comportent de la même façon. Effectivement, pour ces fricatives les fréquences du CoG s'atténuent de façon graduelle, en fonction des lieux d'articulation cités *supra*. Autrement dit, plus on va vers les lieux d'articulation postérieurs dans la cavité buccale, plus les valeurs des moyennes de CoG baissent pour ce groupe de fricatives. Toutefois, pour les fricatives antérieures [f], [θ], [ð], [ð̥], la règle ne s'applique pas. En effet, [f], [θ] ont des moyennes de CoG qui sont proches. Cependant, [ð], [ð̥] ont les valeurs les moins élevées de toutes les fricatives. Ladefoged et Maddieson (2007 : 176) soulignent un phénomène similaire en ce qui concerne les fricatives [x], [χ], [ħ]. Ils notent que les fricatives postérieures ont un pic spectral qui diminue en fréquence lorsque le lieu d'articulation se rapproche de la glotte et que des pics additionnels apparaissent dans la partie haute du spectre :

“the more back fricatives [x], [χ], [ħ] have a spectral peak that decreases in frequency as the place of articulation approaches the glottis, and additional peaks in the higher part of the spectrum.”

Par ailleurs, pour les cinq paires de fricatives interdentes ([θ], [ð]), alvéolaires ([s], [z]), postalvéolaires ([ʃ], [ʒ]), uvulaires ([χ], [ʁ]) et pharyngales ([h], [ħ]), le voisement s'est révélé significatif pour le CoG du bruit de friction, car la vibration des cordes vocales a pour

effet d'empêcher l'air expiré d'atteindre le lieu de la constriction avec autant de force que si la glotte était ouverte (Jacques, 1990). Notons, tout de même, que la barre de voisement pourrait de tirer le CoG vers le bas.

En conséquence, les interactions des effets *locuteurs* et *lieu d'articulation* mais également *locuteurs* et *voisement*, et *lieu d'articulation* et *voisement* se sont montrées significatives pour le CoG du bruit de friction car, comme nous l'avons vu dans nos analyses de données, d'une part les moyennes du CoG fréquentiel diffèrent d'un lieu à un autre pour chacun des locuteurs et d'autre part, les moyennes de CoG fréquentiel sont plus élevées pour les non voisées que leurs homologues voisées pour chacun des six locuteurs et pour chaque lieu d'articulation. De plus, cette différence de valeurs varie d'un locuteur à l'autre et d'un lieu d'articulation à l'autre.

Pour nos résultats, les moyennes de CoG du bruit de friction sont plus élevées pour les fricatives non voisées que pour leurs homologues voisés, quoique la différence de voisement ne soit pas toujours très importante. Toutefois, il faut tenir compte du lieu d'articulation car si nous regardons la fricative postalvéolaire [ʃ] ou l'uvulaire [χ], elles ont des valeurs supérieures à leurs homologues voisées, mais inférieures aux valeurs des alvéolaires non voisées [s], [s^h]. En conséquence, les moyennes du CoG des fricatives [f], [θ], [s], [s^h], [z], [ʃ], [ʒ] se situent dans des fréquences hautes, mais celles des consonnes non voisées [χ], [h], [h] et des voisées [ð] [ð^h] [ʁ], [ʁ] se situent dans des fréquences plus basses.

Etant donné que les résultats que nous avons obtenus à travers notre étude ne montrent pas de régularité en ce qui concerne les valeurs du CoG par rapport aux différentes positions des fricatives, nous avons déduit que, d'une part, la position de la fricative et par ce fait, la durée de la voyelle adjacente [a] bref ou [a:] long ne semble pas être un indice discriminatif pour le CoG fréquentiel des fricatives. Par ailleurs, les résultats coïncidant avec le sexe des locuteurs notamment pour la production de l'alvéolaire non voisée [s] et la pharyngalisée [s^h], pour lesquelles les valeurs obtenues à partir des productions des femmes sont supérieures à celles des locuteurs masculins, ne s'appliquent pas à toutes les fricatives. Ainsi, pouvons-nous appuyer nos résultats statistiques sur le fait que le sexe des locuteurs n'a pas d'effet significatif sur le CoG du bruit de friction. Toutefois, lors des analyses de variance, la variable *sexe* s'est montrée significative pour le CoG fréquentiel, mais en interaction avec la variable *lieu d'articulation*, et ce, en position intervocalique et finale. En effet, nos analyses de données ont révélé une différence de CoG entre les femmes et les hommes, comme attendu pour chaque lieu d'articulation mais pas pour chaque fricative. En réalité, lors de nos calculs des moyennes de CoG pour les femmes, d'une part, et pour les hommes, d'autre part, pour

chaque lieu d'articulation, nous avons trouvé que les moyennes obtenues à partir des productions des femmes sont, globalement, plus élevées que celles des hommes pour tous les lieux de notre étude, à l'exception des lieux labiodental et interdental pour lesquels les valeurs des hommes sont plus élevées. Ainsi, nous trouvons que pour cette étude, le *sexe* n'est qu'une tendance qui est moins robuste que les autres variables et qu'elle ne peut pas être généralisée à toutes les positions ou à tous les lieux d'articulation.

Pour résumer :

Les fricatives de notre étude peuvent être réparties selon leur lieu d'articulation, en trois groupes correspondant aux régions du conduit vocal (*cf.* Annexes, figures 98):

Les antérieures ([f], [θ], [ð], [ð^s]) ont un spectre plat, avec peu de pics d'énergie, leur intensité relative est faible. Leur CoG fréquentiel est moyennement élevé pour [f], [θ], mais il est le plus faible de toutes les fricatives pour [ð], [ð^s].

Les sibilantes ([s], [s^s], [z], [ʃ], [ʒ]) ont un spectre compact, la région principale de l'énergie a une fréquence plus élevée que celle des autres groupes, leur intensité est élevée. Leur CoG fréquentiel est le plus élevé de toutes les fricatives pour [s], [s^s] et reste élevé pour [z], [ʃ], [ʒ].

Les postérieures ([χ], [ʁ], [ħ], [ʕ], [h]) ont un spectre moyennement diffus, présentant une structuration de formants, leur intensité relative est intermédiaire, voire élevée. Leur CoG fréquentiel est moyen ou faible.

Globalement, nos résultats concordent avec ceux de Stevens (1960).

CHAPITRE 3 : CARACTÉRISTIQUES DES FORMANTS VOCALIQUES À PROXIMITÉ DES FRICATIVES DE L'ARABE STANDARD

Nous étudierons dans ce chapitre les fréquences des quatre premiers formants dans les séquences CV et VCV, où C serait une des fricatives de l'arabe standard, à savoir : [f], [θ], [ð], [ðʕ], [s], [sʕ], [z], [ʃ], [ʒ], [χ], [ʁ], [ħ], [ʕ], [h] et V serait la voyelle brève [a] ou longue [a:]. Nous y analyserons les données obtenues à partir des mesures de fréquences des formants effectuées à la frontière de la fricative et la voyelle postconsonantique et au centre de cette voyelle dans sa structure formantique la plus stable. En conséquence, les cas concernés par cette étude seront les positions initiale et intervocalique. La position finale n'est pas concernée par cette étude puisque ses séquences sont d'ordre VC.

Les valeurs de fréquence des quatre premiers formants soumises aux analyses de variance (ANOVA) à mesures répétées seront examinées par rapport aux effets statistiquement significatifs des facteurs suivants : *locuteurs*, *sexe*, *voisement*, *lieu d'articulation*, *transitions formantiques*, ainsi que l'interaction de quelques-uns de ces facteurs.

3.0 Introduction

Selon Stevens (1998), les fricatives sont produites avec un rétrécissement étroit dans la cavité buccale. La turbulence du flux d'air passant par ce rétrécissement génère le son caractéristique de la friction. Le lieu exact du passage étroit ainsi que la taille et la forme de la cavité buccale face à la constriction définissent les caractéristiques acoustiques de la fricative.

En nous appuyant sur cette définition et face au nombre important des fricatives qui composent le système consonantique de l'arabe, nous présenterons dans ce chapitre une étude des formants, afin de compléter l'étude du centre de gravité du bruit de friction menée dans le précédent chapitre.

Assurément, l'étude des formants est plus répandue pour les voyelles que pour les consonnes, toutefois, plusieurs recherches montrent l'intérêt de ces mesures, comme celle des fréquences de F2 et F3, comme indice du lieu d'articulation des consonnes. Pour les voyelles, les formants nous informent sur le timbre, mais ils participent à marquer les transitions des consonnes. Ainsi, chaque transition des formants est responsable de la perception du timbre de la consonne voisine de la voyelle.

Pour notre étude, nous ferons une analyse acoustique des quatre premiers formants, en effectuant des mesures à la frontière de la fricative et la voyelle suivante, mais également au centre de cette dernière dans sa partie la plus stable, et ce, dans les séquences CV de la position initiale et intervocalique de la fricative.

Nous avons choisi d'étudier en particulier ces séquences afin d'observer l'effet de la fricative sur les fréquences de la voyelle suivante, car nous supposons que la fréquence de la voyelle est très fortement colorée pour rendre manifeste la qualité de la consonne adjacente. En effet, si nous comparons à titre d'exemple les fréquences de formants mesurées au centre de la voyelle qui suit une pharyngalisée et sa correspondante non pharyngalisée, nous ne serions pas étonnée qu'il y ait entre elles une différence significative (Yeou, 1997). En parallèle, nous nous attendons à ce qu'il y ait également une différence de fréquences entre la frontière de la fricative et la voyelle suivante et au cœur de celle-ci, car cette dernière subit une influence du geste consonantique différente de son début qu'à son milieu.

Afin de mener à bien cette étude, nous avons émis des hypothèses, car nous considérons que les fricatives sont universelles puisqu'elles existent dans toutes les langues, mais qu'elles peuvent être uniques dans leur manifestation, notamment acoustique. Nos hypothèses sont liées aux variables : *locuteurs*, *sexe du locuteur*, *trait phonologique du*

voisement de la fricative, lieu d'articulation, transitions formantiques et leurs *interactions*. En effet, nous nous demandons si ces variables ont un effet statistiquement significatif sur les fréquences des quatre premiers formants ?

Nous nous attendons à une différence en fonction de ces critères car la littérature montre, par exemple, pour le *lieu d'articulation*, le F-pattern de Fant (1960). Pour le *voisement* des fricatives May (1981) a trouvé pour l'arabe égyptien que dans les séquences VFV (voyelle-fricative-voyelle), les fricatives uvulaires et pharyngales non voisées ont des fréquences de F2 et F3 plus élevées que les voisées. Quant aux *transitions formantiques*, la mesure des formants F2 et F3 a permis d'obtenir des précisions sur le lieu d'articulation (Delattre, 1956), (Lindblom et Studdert-Kennedy, 1967). Pour les variables *sexe* et *locuteurs*, il est évident de trouver des variations dans les fréquences des formants, mais c'est la variation qui se dégage entre les consonnes qui nous intéresse, notamment lorsque les locuteurs ont les mêmes tendances. Nous pensons que l'étude de ces variables en détail permet de brasser toutes les possibilités relatives aux indices discriminatifs.

Notons, toutefois, que pour notre étude *les transitions formantiques* concernent les deux points de mesure des fréquences formantiques, à la jonction de la fricative et la voyelle, et au milieu de celle-ci. Cela suggère un mouvement d'abaissement mais également d'élévation du formant. Autrement dit, il s'agira d'une représentation simplifiée des transitions formantiques où l'échelle du temps a été ignorée. En effet, nous n'avons pas pris en considération la durée dans l'étude des *transitions formantiques* puisque, à notre sens, il y aurait des variations de durées dues aux voyelles (brève/ longue), aux locuteurs, à la position et aux fricatives (voir l'étude de la durée dans le chapitre suivant).

Etant donné que les formants sont liés entre eux, nous avons évité d'étudier chacun d'eux séparément. Ainsi, il était plus avantageux de présenter les cinq variables comme titre de sections et d'exposer par la suite pour chaque variable le statut acoustique des formants. Notre objectif n'est pas de faire une étude exhaustive, mais une étude dont les résultats permettent de conclure du sens du point de vue linguistique. En l'occurrence, l'ensemble des manifestations phonétiques liées à l'opposition des fricatives est un point intéressant à observer. Par ailleurs, nous avisons le lecteur qu'au cours de toute cette étude, toute connotation relative aux formants est liée à la voyelle longue [a:] ou brève [a] suivant immédiatement les fricatives de l'arabe. Ainsi, il ne s'agit, en aucun cas, des structures formantiques pouvant apparaître dans les spectres des fricatives.

Tout au long de cette étude, des moyennes et écart-types des valeurs de fréquences obtenues pour tous les locuteurs ou chacun des deux sexes, ou chaque lieu d'articulation, etc. sont calculées afin d'apporter précision et rigueur. Ainsi, des graphiques seront présentés à la lumière de ces données. Des résumés sont également présentés afin de faciliter la lecture. Par ailleurs, nous utiliserons quelquefois, notamment dans les figures, les abréviations suivantes : **F** pour indiquer la fricative, **C** pour la consonne et **V** pour la voyelle.

3.1 Méthode

Nous avons mesuré les fréquences des quatre premiers formants pour les séquences CV des quatorze fricatives de l'arabe standard pour trois locuteurs masculins et trois féminins. En conséquence, les positions concernées par cette étude sont l'initiale et l'intervocalique. En effet, nous avons entamé la procédure par les mesures des fréquences des formants au début de la voyelle, autrement dit, entre la fin de la fricative et le début de la voyelle qui la suit. Pour ce faire, nous avons pris comme repère le début de l'apparition de la structure formantique (*cf.* Klatt, 1975). Nous avons mesuré, par la suite les fréquences des quatre formants au centre de la même voyelle dans sa partie la plus stable. Ces mesures ont été réalisées pour plus de dix répétitions, à l'aide du logiciel PRAAT. Au départ, les valeurs ont été relevées grâce à une liste de données proposées par le logiciel. Toutefois et dans la plupart des cas, nous avons été amenée à rectifier les données qui nous semblaient erronées, car le logiciel proposait souvent des valeurs très éloignées des moyennes et avec d'importantes différences entre les répétitions. En effet, nos rectifications ont été faites manuellement et directement sur le signal. En parallèle, nous tenons à signaler que le quatrième formant F4 était difficilement détectable, en raison de certains pics qui paraissaient à des fréquences où les formants n'étaient pas attendus, vraisemblablement en raison de la présence d'anti-formants. Enfin, des moyennes ainsi que des écart-types ont été calculés à partir de nos mesures afin d'aboutir à des analyses illustrées par des figures et des tableaux.

Pour conclure, deux mesures de fréquence des quatre formants au début et au centre de la voyelle postconsonantique ont été réalisées pour quatorze fricatives insérées dans des phrases répétées dix fois par six locuteurs, en deux positions différentes.

$$2 \times 4 \times 14 \times 10 \times 6 \times 2 = 13440 \text{ occurrences.}$$

3.2 Résultats

3.2.1 Résultats des analyses de variance (ANOVA)

Les résultats de cette étude sont obtenus à partir des mesures de fréquence des quatre premiers formants dans les séquences CV, à la jonction de la fricative et de la voyelle suivante et au centre de cette même voyelle. Il s'agit de l'analyse du même corpus vu dans le chapitre précédent qui concerne le centre de gravité du bruit de friction. Notons, toutefois, que la présente étude ne concerne que la position initiale et intervocalique.

Les résultats obtenus à partir des analyses de variance servent à canaliser notre étude qui se limitera aux indices phonétiques statistiquement significatifs.

Les analyses de variance (ANOVA) à mesures répétées ont été effectuées pour les variables fréquences des formants F1, F2, F3, F4 mesurés au début de la voyelle suivant les fricatives et à son milieu, avec $\alpha < 0.05$. Le but de ces analyses était de vérifier s'il existait des effets principaux des facteurs suivants :

(5) *Locuteurs*

(6) *Sexe*

(7) *Voisement*

(8) *Lieu d'articulation*

(9) *Transitions formantiques*

Pour plus de visibilité, nous présenterons les tableaux fournis par le logiciel de statistiques où figurent tous les résultats obtenus pour cette étude, entre autres ceux non significatifs.

Remarque

Pour analyser l'effet du trait de voisement des fricatives, nous avons appliqué les mêmes règles de statistiques, mais uniquement pour les paires dont les fricatives appartiennent au même lieu et qui sont concernées par ce trait, à savoir : les interdentes ([θ], [ð]), les alvéolaires ([s], [z]), les postalvéolaires ([ʃ], [ʒ]), les uvulaires ([χ], [ʁ]) et les pharyngales ([ħ], [ʕ]), ce qui exclut la labiodentale non voisée [f] et la laryngale non voisée

[h] qui n'ont pas de correspondantes voisées en arabe standard. Ainsi, les résultats ANOVA seront donnés dans des tableaux séparés.

Le signe * montre que l'effet est significatif.

3.2.1.1. Position initiale

En position initiale, la fricative est suivie de la voyelle longue [-a:]. Ainsi, les séquences à étudier auront la forme : [C_{fricative} – a:].

**Tableau 9 : Résultats des analyses de variance du formant (F1)
Position initiale**

Analysis of Variance Table						
Source		Sum of	Mean		Prob	Power
Term	DF	Squares	Square	F-Ratio	Level	(Alpha=0,05)
Sexe	1	5276712	5276712	7,95	0,047879*	0,568935
Locuteurs (A):	4	2656107	664026,6	296,17	0,000000*	
Lieu d'articulation	6	1,16964E+07	1949400	49,70	0,000000*	1,000000
Sexe/ Lieu d'articulation	6	803874,9	133979,2	3,42	0,013996*	0,866723
Locuteurs/ Lieu d'articulation (A)	24	941375,9	39224	17,49	0,000000*	
Transitions formantiques	1	8213014	8213014	156,28	0,000236*	1,000000
Sexe/ Transitions	1	35737,87	35737,87	0,68	0,455911	0,098936
Locuteurs/ Transitions (A)	4	210212,7	52553,18	23,44	0,000000*	
Lieu d'articulation/ Transitions	6	2444694	407448,9	24,86	0,000000*	1,000000
Sexe/ Lieu / Transitions	6	151221,5	25203,58	1,54	0,208680	0,481400
Locuteurs/ Lieu /Transitions (A)	24	393341,5	16389,23	7,31	0,000000*	
S	1356	3040209	2242,042			
Total (Adjusted)	1439	3,732217E+07				
Total	1440					

* Term significant at alpha = 0,05

**Tableau 10 : Résultats des analyses de variance du formant (F2)
Position initiale**

Analysis of Variance Table						
Source		Sum of	Mean		Prob	Power
Term	DF	Squares	Square	F-Ratio	Level	(Alpha=0,05)
Sexe	1	1,548503E+07	1,548503E+07	7,07	0,056416	0,523396
Locuteurs	4	8756911	2189228	640,86	0,000000*	
Lieu d'articulation	6	4214369	702394,8	4,39	0,003937*	0,944859
Sexe/ Lieu d'articulation	6	580400,4	96733,4	0,60	0,723779	0,196451
Locuteurs/ Lieu (A)	24	3837904	159912,6	46,81	0,000000*	
Transitions formantiques	1	139925,1	139925,1	2,06	0,224527	0,199597
Sexe/ Transitions	1	161737,7	161737,7	2,38	0,197668	0,222811
Locuteurs/ Transitions (A)	4	271680,9	67920,23	19,88	0,000000*	
Lieu/ Transitions	6	793993,8	132332,3	9,15	0,000030*	0,999721
Sexe/ Lieu/ Transitions	6	148403,5	24733,93	1,71	0,161959	0,531098
Locuteurs/ Lieu/ Transitions (A)	24	347227,2	14467,8	4,24	0,000000*	
S	1356	4632199	3416,075			
Total (Adjusted)	1439	4,090874E+07				
Total	1440					

* Term significant at alpha = 0,05

**Tableau 11 : Résultats des analyses de variance du formant (F3)
Position initiale**

Analysis of Variance Table						
Source		Sum of	Mean		Prob	Power
Term	DF	Squares	Square	F-Ratio	Level	(Alpha=0,05)
Sexe	1	5,47941E+07	5,47941E+07	23,83	0,008152*	0,946659
Locuteurs (A)	4	9197968	2299492	500,98	0,000000*	
Lieu d'articulation	6	3740409	623401,5	8,19	0,000069*	0,999110
Sexe/ Lieu d'articulation	6	2323448	387241,3	5,09	0,001702*	0,972120
Locuteurs/ Lieu d'articulation (A)	24	1826879	76119,95	16,58	0,000000*	
Transitions formantiques	1	150533,8	150533,8	1,21	0,332697	0,137753
Sexe/ Transitions	1	167446,5	167446,5	1,35	0,310133	0,147710
Locuteurs/ Transitions (A)	4	496729,1	124182,3	27,06	0,000000*	
Lieu/ Transitions	6	1189350	198224,9	15,76	0,000000*	1,000000
Sexe/ Lieu/ Transitions	6	205942,5	34323,75	2,73	0,036403*	0,767503
Locuteurs Lieu/ Transitions (A)	24	301871,2	12577,97	2,74	0,000013*	
S	1356	6224018	4589,984			
Total (Adjusted)	1439	8,272266E+07				
Total	1440					

* Term significant at alpha = 0,05

**Tableau 12 : Résultats des analyses de variance du formant (F4)
Position initiale**

Analysis of Variance Table						
Source		Sum of	Mean		Prob	Power
Term	DF	Squares	Square	F-Ratio	Level	(Alpha=0,05)
Sexe	1	7,282458E+07	7,282458E+07	18,73	0,012374*	0,891493
Locuteurs (A):	4	1,555501E+07	3888752	717,47	0,000000*	
Lieu d'articulation	6	2594250	432374,9	1,53	0,209673	0,480445
Sexe/ Lieu d'articulation	6	1830398	305066,3	1,08	0,400449	0,341947
Locuteurs/ Lieu d'articulation (A)	24	6762093	281753,9	51,98	0,000000*	
Transitions formantiques	1	2852,002	2852,002	0,02	0,896594	0,051362
Sexe/ Transitions	1	191497,3	191497,3	1,29	0,320043	0,143192
Locuteurs/ Transitions (A)	4	595361,8	148840,5	27,46	0,000000*	
Lieu/ Transitions	6	425368,4	70894,73	1,55	0,204434	0,485527
Sexe/ Lieu/ Transitions	6	78626,08	13104,35	0,29	0,937450	0,111297

**Tableau 13 : Résultats des analyses de variance du formant (F1) pour le voisement
Position initiale**

Analysis of Variance Table						
Source		Sum of	Mean		Prob	Power
Term	DF	Squares	Square	F-Ratio	Level	(Alpha=0,05)
Voisement	1	132510,1	132510,1	13,27	0,021915*	0,775964
Locuteurs/ Voisement (A)	4	39948,25	9987,063	0,89	0,471318	
Voisement/ Lieu d'articulation	4	111200,5	27800,13	1,91	0,158171	0,451541
S	1140	1,284383E+07	11266,52			
Total (Adjusted)	1199	3,346431E+07				
Total	1200					
* Term significant at alpha = 0,05						

**Tableau 14 : Résultats des analyses de variance du formant (F2) pour le voisement
Position initiale**

Analysis of Variance Table						
Source		Sum of	Mean		Prob	Power
Term	DF	Squares	Square	F-Ratio	Level	(Alpha=0,05)
Voisement	1	451438	451438	8,44	0,043865*	0,593289
Locuteurs/ Voisement (A)	4	213867,6	53466,89	14,35	0,000000*	
Voisement/ Lieu d'articulation	4	259218,9	64804,73	1,68	0,203472	0,401106
S	1140	4247134	3725,556			
Total (Adjusted)	1199	2,933697E+07				
Total	1200					

* Term significant at alpha = 0,05

**Tableau 15 : Résultats des analyses de variance du formant (F3) pour le voisement
Position initiale**

Analysis of Variance Table						
Source		Sum of	Mean		Prob	Power
Term	DF	Squares	Square	F-Ratio	Level	(Alpha=0,05)
Voisement	1	44359,68	44359,68	0,63	0,472124	0,095226
Locuteurs/ Voisement (A)	4	282114,9	70528,72	14,90	0,000000*	
Voisement/ Lieu d'articulation	4	414405,8	103601,5	2,05	0,134856	0,482992
S	1140	5396724	4733,969			
Total (Adjusted)	1199	6,627213E+07				
Total	1200					

* Term significant at alpha = 0,05

**Tableau 16 : Résultats des analyses de variance du formant (F4) pour le voisement
Position initiale**

Analysis of Variance Table						
Source		Sum of	Mean		Prob	Power
Term	DF	Squares	Square	F-Ratio	Level	(Alpha=0,05)
Voisement	1	144,2133	144,2133	0,00	0,976008	0,050073
Locuteurs/ Voisement (A)	4	563462,8	140865,7	24,39	0,000000*	
Voisement/ Lieu d'articulation	4	75180,51	18795,13	0,39	0,816069	0,116138
S	1140	6583435	5774,943			
Total (Adjusted)	1199	1,044819E+08				
Total	1200					

* Term significant at alpha = 0,05

Interprétation des résultats des analyses de variance (ANOVA) de la position initiale

Lors de nos interprétations, nous aborderons tous les résultats significatifs des analyses de variance en observant le comportement de chacun des 4 formants. Toutefois, pour les interactions, nous présenterons uniquement l'analyse des résultats qui révèlent des indices phonétiques. En effet, pour la position initiale, nous avons obtenu les résultats suivants :

L'effet (1) *locuteurs* s'est montré significatif pour les fréquences des quatre premiers formants. Ainsi, pour les variables :

F1 (1) *locuteurs* [F(5,4)=296.17, p<0.0000] ;

F2 (1) *locuteurs* [F(5,4)=640.86, p<0.0000] ;

F3 (1) *locuteurs* [F(5,4)=500.98, p<0.0000] ;

F4 (1) *locuteurs* [F(5,4)=717.47, p<0.0000] ;

Les *locuteurs* ont un effet significatif sur les fréquences de F1, F2, F3 et F4 mesurés au début et au milieu de la voyelle [a:] suivant les fricatives, car il y a une variabilité entre les productions de ces locuteurs. Cette différence pourrait être attribuée à la différence de morphologie du conduit vocal, dont principalement la longueur.

L'effet (2) *sexe* s'est montré significatif pour les fréquences des formants F1, F3 et F4. En effet, pour les variables :

F1 (2) *Sexe* [F(5,1)=7.95, p<0.0479] ;

F3 (2) *Sexe* [F(5,1)=23.83, p<0.0082] ;

F4 (2) *Sexe* [F(5,1)=18.73, p<0.0124] ;

Le *sexe* a un effet significatif pour les fréquences des trois formants F1, F3 et F4 mesurés au début et au milieu de la voyelle suivant les fricatives. En effet, les hommes présentent des fréquences plus basses que celles des femmes pour tous les formants à l'exception du deuxième formant. Cela s'explique par le fait que les hommes ont en moyenne un conduit vocal plus long que celui des femmes (en particulier à cause de la position basse du larynx).

L'effet (3) *voisement* s'est révélé significatif pour les fréquences des deux premiers formants au début et milieu de la voyelle suivant la fricative non voisée et son homologue voisée. En conséquence, pour les variables :

F1 (3) *Voisement* [F(5,1)=13.27, p<0.0219] ;

F2 (3) *Voisement* [F(5,1)=8.44, p<0.0487]

Le *voisement* a un effet significatif pour les fréquences de F1 et F2 des débuts ainsi que des milieux de la voyelle longue [a:] qui suit les paires des fricatives suivantes : ([θ], [ð]), ([s], [z]), ([ʃ], [ʒ]), ([χ], [ʁ]) et ([h], [ɦ]), car les fréquences des fricatives non voisées sont supérieures à celles des voisées, pour les deux premiers formants.

L'effet (4) *lieu d'articulation* s'est révélé significatif pour les fréquences des trois premiers formants du début et milieu de la voyelle suivant toutes les fricatives de notre étude. En conséquence, pour les variables :

F1 (4) *Lieu d'articulation* [F(5,6)=49.70, p<0.0000] ;

F2 (4) *Lieu d'articulation* [F(5,6)=4.39, p<0.0039] ;

F3 (4) *Lieu d'articulation* [F(5,6)=8.19, p<0.0001]

Le *lieu d'articulation* a un effet significatif pour les fréquences des trois premiers formants F1, F2, F3 du début et milieu de la voyelle qui suit les fricatives, puisque les fréquences changent d'un lieu à l'autre.

L'effet (5) *Transitions formantiques* s'est révélé significatif pour les fréquences du premier formant au début et milieu de la voyelle longue [a:] suivant les fricatives.

Premier formant F1 (5) *Transitions formantiques* [F(5,1)=156.28, p<0.0002].

Les *Transitions formantiques* ont un effet significatif sur les fréquences du premier formant F1, car les fréquences au début de la voyelle longue [a:] diffèrent des fréquences au milieu de cette même voyelle [a:].

Comme attendu, les interactions entre les effets suivants se sont révélées significatives pour les fréquences des quatre premiers formants F1, F2, F3, et F4, au début et au milieu de la voyelle [a:] qui suit les fricatives :

(1) *Locuteurs* et (4) *Lieu d'articulation*

F1 (1) *Locuteurs* et (4) *Lieu d'articulation* [F(5,24)=17.49, p<0.0000] ;

F2 (1) *Locuteurs* et (4) *Lieu d'articulation* [F(5,24)=46.81, p<0.0000] ;

F3 (1) *Locuteurs* et (4) *Lieu d'articulation* [F(5,24)=16.58, p<0.0000] ;

F4 (1) *Locuteurs* et (4) *Lieu d'articulation* [F(5,24)=51.98, p<0.0000]

L'interaction entre les *locuteurs* et le *lieu d'articulation* a un effet significatif pour les fréquences des quatre premiers formants, que ce soit au début ou au milieu de la voyelle

longue [a:], puisque la moyenne des fréquences pour tous les locuteurs confondus et pour chacun des quatre formants se situant au début de la voyelle et à son milieu diffèrent d'un lieu d'articulation à l'autre.

(1) *Locuteurs et (5) Transitions formantiques*

F1 (1) *Locuteurs et (5) Transitions* [F(5,4)=23.44, p<0.0000] ;

F2 (1) *Locuteurs et (5) Transitions* [F(5,4)=19.88, p<0.0000] ;

F3 (1) *Locuteurs et (5) Transitions* [F(5,4)=27.06, p<0.0000] ;

F4 (1) *Locuteurs et (5) Transitions* [F(5,4)=27.46, p<0.0000]

L'interaction entre les effets *locuteurs* et *transitions formantiques* a un effet significatif pour les fréquences des quatre premiers formants du début et milieu de la voyelle suivant les fricatives, car si nous comparons la moyenne des fréquences entre la jonction de la fricative et la voyelle suivante pour tous les locuteurs confondus et celle du milieu de cette même voyelle, nous trouverons une différence pour chaque formant étudié.

Les interactions entre les effets ci-dessous se sont révélées également significatives pour les fréquences de quelques-uns des formants mesurés au début et au milieu de la voyelle qui suit les fricatives de notre étude :

(2) *Sexe et (4) Lieu d'articulation*, l'interaction entre ces deux effets ne s'est montrée significative que pour F1 et F3 ;

F1 (2) *Sexe et (4) Lieu d'articulation* [F(5,6)=3.42, p<0.0140] ;

F3 (2) *Sexe et (4) Lieu d'articulation* [F(5,6)=5.09, p<0.0017]

L'interaction entre le *sex*e et le *lieu d'articulation* a un effet significatif pour les fréquences du premier et du troisième formant, car la moyenne des fréquences chez les femmes pour ces deux formants, que ce soit au début ou au milieu de la voyelle, est différente de celle des hommes, et ce, pour chacun des lieux d'articulation de notre étude.

(1) *Locuteurs et (3) Voisement*, l'interaction entre ces deux effets ne s'est révélée significative que pour F3 et F4 ;

F3 (1) *Locuteurs et (3) Voisement* [F(5,4)=14.90, p<0.0000] ;

F4 (1) *Locuteurs et (3) Voisement* [F(5,4)=24.39, p<0.0000]

L'interaction entre les facteurs *locuteurs* et *voisement* a un effet significatif pour les fréquences des troisième et quatrième formants, au début et au milieu de la voyelle qui suit les

paires de fricatives suivantes ([θ], [ð]), ([s], [z]), ([ʃ], [ʒ]), ([χ], [ʁ]) et ([ħ], [ʕ]), car les moyennes obtenues pour les fréquences de F3 et F4 présentent une différence de valeur entre la fricative non voisée et son homologue voisée, pour tous locuteurs confondus.

(4) *Lieu d'articulation* et (5) *Transitions formantiques*, l'interaction entre ces deux effets ne s'est montrée significative que pour les trois premiers formants F1, F2, F3.

F1 (4) *Lieu d'articulation* et (5) *Transitions* [F(5,6)=24.86, p<0.0000] ;

F2 (4) *Lieu d'articulation* et (5) *Transitions* [F(5,6)=9.15, p<0.0000] ;

F3 (4) *Lieu d'articulation* et (5) *Transitions* [F(5,6)=15.76, p<0.0000]

L'interaction entre le *lieu d'articulation* et les *transitions formantiques* s'est montrée significative pour F1, F2 et F3, car les moyennes de fréquences pour chacun des lieux d'articulation présentent une différence entre le début de la voyelle qui suit les fricatives ayant un lieu d'articulation similaire et le milieu de cette voyelle, et ce, pour F1, F2 et F3.

3. 2. 1.2 Position intervocalique

En position intervocalique, la fricative est précédée de la voyelle longue [a:-] et suivie de la voyelle brève [-a]. En conséquence, les séquences ciblées par cette étude auront la forme suivante : [a:-C_{fricative}-a].

**Tableau 17 : Résultats des analyses de variance du premier formant (F1)
Position intervocalique**

Analysis of Variance Table						
Source		Sum of	Mean		Prob	Power
Term	DF	Squares	Square	F-Ratio	Level	(Alpha=0,05)
Sexe	1	4282682	4282682	3,76	0,124336	0,320020
Locuteurs (A):	4	4550337	1137584	480,32	0,000000*	
Lieu d'articulation	6	1,725337E+07	2875562	20,61	0,000000*	1,000000
Sexe/ Lieu d'articulation	6	728789,4	121464,9	0,87	0,530685	0,275990
Locuteurs/ Lieu d'articulation (A)	24	3348824	139534,3	58,92	0,000000*	
Transitions formantiques	1	2309405	2309405	72,28	0,001050*	0,999967
Sexe/ Transitions	1	26180,74	26180,74	0,82	0,416541	0,109079
Locuteurs/ Transitions (A)	4	127799,8	31949,96	13,49	0,000000*	
Lieu/ Transitions	6	1935356	322559,4	16,56	0,000000*	1,000000
Sexe/ Lieu/ Transitions	6	147720,4	24620,07	1,26	0,310593	0,398321
Locuteurs/ Lieu/ Transitions C5(A)	24	467517	19479,87	8,22	0,000000*	
S	1356	3211527	2368,383			
Total (Adjusted)	1439	3,90275E+07				
Total	1440					

* Term significant at alpha = 0,05

**Tableau 18 : Résultats des analyses de variance du deuxième formant (F2)
Position intervocalique**

Analysis of Variance Table						
Source		Sum of	Mean		Prob	Power
Term	DF	Squares	Square	F-Ratio	Level	(Alpha=0,05)
Sexe	1	7453730	7453730	4,09	0,113301	0,341780
Locuteurs (A):	4	7295875	1823969	614,17	0,000000*	
Lieu d'articulation	6	7025963	1170994	11,95	0,000003*	0,999992
Sexe/ Lieu d'articulation	6	117189,9	19531,64	0,20	0,973723	0,090776
Locuteurs/ Lieu d'articulation (A)	24	2351132	97963,81	32,99	0,000000*	
Transitions formantiques	1	7782,407	7782,407	0,39	0,567213	0,077770
Sexe/ Transitions	1	10472,01	10472,01	0,52	0,510052	0,087456
Locuteurs/ Transitions (A)	4	80277,2	20069,3	6,76	0,000022*	
Lieu/ Transitions	6	505224,4	84204,07	6,87	0,000245*	0,995875
Sexe/ Lieu/ Transitions	6	60326,75	10054,46	0,82	0,565185	0,260594
Locuteurs/ Lieu/ Transitions (A)	24	294170,8	12257,12	4,13	0,000000*	
S	1356	4027051	2969,801			
Total (Adjusted)	1439	3,028854E+07				
Total	1440					

* Term significant at alpha = 0,05

**Tableau 19 : Résultats des analyses de variance du troisième formant (F3)
Position intervocalique**

Analysis of Variance Table						
Source		Sum of	Mean		Prob	Power
Term	DF	Squares	Square	F-Ratio	Level	(Alpha=0,05)
Sexe	1	5,805174E+07	5,805174E+07	33,54	0,004419*	0,986964
Locuteurs (A):	4	6923485	1730871	402,62	0,000000*	
Lieu d'articulation	6	6768821	1128137	7,94	0,000087*	0,998808
Sexe/ Lieu d'articulation	6	3873363	645560,5	4,55	0,003256*	0,952410
Locuteurs/ Lieu d'articulation (A)	24	3408132	142005,5	33,03	0,000000*	
Transitions formantiques	1	552288,2	552288,2	38,31	0,003464*	0,993599
Sexe/ Transitions	1	32286,67	32286,67	2,24	0,208874	0,212573
Locuteurs/ Transitions (A)	4	57671,12	14417,78	3,35	0,009650*	
Lieu/ Transitions	6	861231,1	143538,5	6,65	0,000308*	0,994698
Sexe/ Lieu/ Transitions	6	277473,7	46245,62	2,14	0,085503	0,644434
Locuteurs/ Lieu/ Transitions (A)	24	518346,8	21597,79	5,02	0,000000*	
S	1356	5829542	4299,072			
Total (Adjusted)	1439	9,122569E+07				
Total	1440					

* Term significant at alpha = 0,05

**Tableau 20 : Résultats des analyses de variance du quatrième formant (F4)
Position intervocalique**

Analysis of Variance Table						
Source		Sum of	Mean		Prob	Power
Term	DF	Squares	Square	F-Ratio	Level	(Alpha=0,05)
Sexe	1	4,561519E+07	4,561519E+07	162,22	0,000219*	1,000000
Locuteurs (A):	4	1124768	281191,9	72,23	0,000000*	
Lieu d'articulation	6	1,60382E+07	2673034	11,14	0,000006*	0,999978
Sexe/ Lieu d'articulation	6	433339,5	72223,25	0,30	0,930257	0,114748
Locuteurs/ Lieu d'articulation (A)	24	5759152	239964,6	61,64	0,000000*	
Transitions formantiques	1	324993,1	324993,1	18,90	0,012179*	0,894067
Sexe/ Transitions	1	216780,7	216780,7	12,61	0,023780*	0,756235
Locuteurs/ Transitions (A)	4	68771,69	17192,92	4,42	0,001501*	
Lieu/ Transitions	6	355168,6	59194,77	3,95	0,006863*	0,917094
Sexe/ Lieu/ Transitions	6	82963,34	13827,22	0,92	0,495592	0,292414
Locuteurs/ Lieu/ Transitions (A)	24	359272,7	14969,69	3,85	0,000000*	
S	1356	5278915	3893,005			
Total (Adjusted)	1439	8,205368E+07				
Total	1440					

* Term significant at alpha = 0,05

**Tableau 21 : Résultats des analyses de variance du premier formant (F1) pour le voisement
Position intervocalique**

Analysis of Variance Table						
Source		Sum of	Mean		Prob	Power
Term	DF	Squares	Square	F-Ratio	Level	(Alpha=0,05)
Voisement	1	1960,963	1960,963	0,12	0,746866	0,058520
Locuteurs/ Voisement (A)	4	65569,8	16392,45	2,77	0,026323*	
Voisement/ Lieu d'articulation	4	583433,6	145858,4	13,18	0,000062*	0,999733
S	1140	6755330	5925,728			
Total (Adjusted)	1199	3,357686E+07				
Total	1200					

* Term significant at alpha = 0,05

**Tableau 22 : Résultats des analyses de variance du premier formant (F2) pour le voisement
Position intervocalique**

Analysis of Variance Table						
Source		Sum of	Mean		Prob	Power
Term	DF	Squares	Square	F-Ratio	Level	(Alpha=0,05)
Voisement	1	181843,3	181843,3	4,15	0,111324	0,345982
Locuteurs/ Voisement (A)	4	175298,6	43824,65	16,00	0,000000*	
Voisement/ Lieu d'articulation	4	248322,2	62080,56	1,74	0,191069	0,413772
S	1140	3122245	2738,811			
Total (Adjusted)	1199	2,47511E+07				
Total	1200					

* Term significant at alpha = 0,05

**Tableau 23 : Résultats des analyses de variance du premier formant (F3) pour le voisement
Position intervocalique**

Analysis of Variance Table						
Source		Sum of	Mean		Prob	Power
Term	DF	Squares	Square	F-Ratio	Level	(Alpha=0,05)
Voisement	1	184933,8	184933,8	2,35	0,200083	0,220531
Locuteurs/ Voisement (A)	4	314828,4	78707,1	16,07	0,000000*	
Voisement/ Lieu d'articulation	4	622186,7	155546,7	3,66	0,026652*	0,759493
S	1140	5584271	4898,483			
Total (Adjusted)	1199	7,444317E+07				
Total	1200					

* Term significant at alpha = 0,05

**Tableau 24 : Résultats des analyses de variance du premier formant (F4) pour le voisement
Position intervocalique**

Analysis of Variance Table						
Source		Sum of	Mean		Prob	Power
Term	DF	Squares	Square	F-Ratio	Level	(Alpha=0,05)
Voisement	1	32813,02	32813,02	0,24	0,650177	0,067104
Locuteurs/ Voisement (A)	4	547975,5	136993,9	32,79	0,000000*	
Voisement/ Lieu d'articulation	4	205497,2	51374,3	2,17	0,119155	0,507067
S	1140	4763333	4178,362			
Total (Adjusted)	1199	7,408344E+07				
Total	1200					

* Term significant at alpha = 0,05

Interprétation des résultats de la position intervocalique

Comme pour la position initiale, l'effet (1) *locuteurs* s'est révélé significatif pour la fréquence des quatre premiers formants, en position intervocalique. En effet, les résultats sont les suivants :

F1 (1) *locuteurs* [F(5,4)=480.32, p<0.0000] ;

F2 (1) *locuteurs* [F(5,4)=614.17, p<0.0000] ;

F3 (1) *locuteurs* [F(5,4)=402.62, p<0.0000] ;

F4 (1) *locuteurs* [F(5,4)=72.23, p<0.0000].

L'effet *locuteurs* s'est révélé significatif pour tous les formants F1, F2, F3 et F4, que ce soit au début ou au milieu de la voyelle brève [a] suivant les fricatives de l'arabe standard, puisqu'il existe une variabilité entre les productions des différents locuteurs. Nous suggérons que cette différence pourrait être attribuée à la différence de morphologie du conduit vocal des locuteurs ou à la différence des modalités de coarticulation.

Pour cette position, l'effet (2) *sexe* ne s'est montré significatif que pour les fréquences des formants F3 et F4. En conséquence, pour les variables :

F3 (2) *Sexe* [F(5,1)=33.54, p<0.0044] ;

F4 (2) *Sexe* [F(5,1)=162.22, p<0.0002].

Le *sexe* a un effet significatif sur les formants F3 et F4, car les valeurs de fréquences relevées chez les femmes sont plus élevées que celles des hommes pour ces deux formants, en raison de la taille réduite du conduit vocal chez les femmes par rapport aux hommes.

Pour la position intervocalique, l'effet (3) *voisement* ne s'est montré significatif pour aucun des quatre formants, ni au début, ni au milieu de la voyelle brève [a] suivant les fricatives, et ce, pour toutes les paires concernées par le voisement. Nous avons testé le voisement pour voir son effet, mais nous ne sommes pas étonnée du fait qu'il n'y ait pas de résultat significatif pour cette position.

L'effet (4) *lieu d'articulation* s'est montré significatif pour les fréquences des quatre premiers formants F1, F2, F3, F4, pour cette position.

F1 (4) *Lieu d'articulation* [F(5,6)=20.61, p<0.0000] ;

F2 (4) *Lieu d'articulation* [F(5,6)=11.95, p<0.0000] ;

F3 (4) *Lieu d'articulation* [F(5,6)=7.94, p<0.0000] ;

F4 (4) *Lieu d'articulation* [F(5,6)=11.14, p<0.0000].

Le *lieu d'articulation* a un effet significatif pour les fréquences des quatre premiers formants en position intervocalique, car les formants dépendent des résonances du conduit vocal à l'avant de la constriction (cf. Fant, 1960).

L'effet (5) *transitions formantiques* s'est montré significatif pour les fréquences des trois formants F1, F3 et F4, pour la position intervocalique. En effet, pour les variables :

F1 (5) *Transitions* [F(5,1)=72.28, p<0.0010] ;

F3 (5) *Transitions* [F(5,1)=38.31, p<0.0035] ;

F4 (5) *Transitions* [F(5,1)=18.90, p<0.0122].

Les *transitions formantiques* ont un effet significatif sur les formants F1, F3 et F4, car les valeurs correspondant aux fréquences des formants relevées entre la jonction de la fricative et la voyelle brève [a] qui la suit sont différentes de celles relevées au milieu de cette même voyelle brève.

En parallèle, les interactions entre les effets :

Locuteurs et *lieu d'articulation* ;

Locuteurs et *transitions formantiques* ;

Lieu d'articulation et *transitions formantiques* ;

Locuteurs et voisement;

se sont révélées significatives pour les quatre premiers formants F1, F2, F3 et F4. Ainsi, les interactions :

(1) Locuteurs et (4) Lieu d'articulation

F1 (1) *Locuteurs* et (4) *Lieu d'articulation* [F(5,24)=58.92, p<0.0000] ;

F2 (1) *Locuteurs* et (4) *Lieu d'articulation* [F(5,24)=32.99, p<0.0000] ;

F3 (1) *Locuteurs* et (4) *Lieu d'articulation* [F(5,24)=33.03, p<0.0000] ;

F4 (1) *Locuteurs* et (4) *Lieu d'articulation* [F(5,24)=61.64, p<0.0000].

L'interaction entre les *locuteurs* et le *lieu d'articulation* s'est montrée significative car les fréquences de chacun des formants F1, F2, F3 et F4, que ce soit au début ou au milieu de la voyelle postconsonantique, sont différentes d'un lieu d'articulation à l'autre, et ce pour chacun des six locuteurs.

(1) Locuteurs et (5) Transitions formantiques

F1 (1) *Locuteurs* et (5) *Transitions* [F(5,4)=13.49, p<0.0000] ;

F2 (1) *Locuteurs* et (5) *Transitions* [F(5,4)=6.76, p<0.0000] ;

F3 (1) *Locuteurs* et (5) *Transitions* [F(5,4)=3.35, p<0.0096] ;

F4 (1) *Locuteurs* et (5) *Transitions* [F(5,4)=4.42, p<0.0015].

L'interaction entre les *Locuteurs* et les *Transitions formantiques* a un effet significatif sur les fréquences des quatre premiers formants, car pour chaque locuteur les fréquences des formants F1, F2, F3 et F4 sont différentes à la jonction de la fricative et la voyelle postconsonantique [a] qu'à son milieu.

(4) Lieu d'articulation et (5) Transitions formantiques

Premier formant F1 (4) *Lieu d'articulation* et (5) *Transitions* [F(5,6)=16.56, p<0.0000] ;

Deuxième formant F2 (4) *Lieu d'articulation* et (5) *Transitions* [F(5,6)=6.87, p<0.0002];

Troisième formant F3 (4) *Lieu d'articulation* et (5) *Transitions* [F(5,6)=6.65, p<0.0003] ;

Quatrième formant F4 (4) *Lieu d'articulation* et (5) *Transitions* [F(5,6)=3.95, p<0.0069].

L'interaction entre les *lieux d'articulation* et les *transitions formantiques* a un effet significatif sur les fréquences des formants, car pour chaque lieu d'articulation les fréquences des quatre premiers formants ont des valeurs différentes, selon qu'elles sont au début de la voyelle qui suit les fricatives ou à son milieu.

(1) *Locuteurs* et (3) *Voisement* pour les cinq paires concernées par le voisement

F1 (1) *Locuteurs* et (3) *Voisement* [F(5,4)=2.77, p<0.0263] ;

F2 (1) *Locuteurs* et (3) *Voisement* [F(5,4)=16.00, p<0.0000] ;

F3 (1) *Locuteurs* et (3) *Voisement* [F(5,4)=16.07, p<0.0000] ;

F4 (1) *Locuteurs* et (3) *Voisement* [F(5,4)=32.79, p<0.0000].

L'interaction entre les *locuteurs* et le *voisement* a un effet significatif sur les quatre premiers formants F1, F2, F3 et F4, car pour chacun des locuteurs il existe une différence entre les fréquences des mêmes formants, selon que la fricative qui précède la voyelle [a] soit voisée ou non voisée.

Bien évidemment, les statistiques révèlent significative l'interaction entre les trois effets *Locuteurs*, *Lieu d'articulation* et *Transitions formantiques* pour les quatre premiers formants. Ainsi, les variables :

F1 (1) *Locuteurs* (4), *Lieu d'articulation* et (5) *Transitions* [F(5,24)=8.22, p<0.0000] ;

F2 (1) *Locuteurs* (4), *Lieu d'articulation* et (5) *Transitions* [F(5,24)=4.13, p<0.0000] ;

F3 (1) *Locuteurs* (4), *Lieu d'articulation* et (5) *Transitions* [F(5,24)=5.02, p<0.0000] ;

F4 (1) *Locuteurs* (4), *Lieu d'articulation* et (5) *Transitions* [F(5,24)=3.85, p<0.0000].

Par ailleurs, l'interaction entre le *sexe* et le *lieu d'articulation* ne s'est montrée significative que pour le formant F3. En conséquence, pour la variable :

Troisième formant F3 (2) *Sexe* et (4) *Lieu d'articulation* [F(5,6)=4.55, p<0.0033].

L'interaction entre le *sexe* et le *lieu d'articulation* s'est révélée significative car pour chaque lieu d'articulation, les valeurs correspondant aux fréquences du formant F3 sont plus élevées chez les femmes, par opposition aux hommes.

De même, l'interaction entre le *Lieu d'articulation* et *Voisement* ne s'est montrée significative que pour les formants F1 et F3. Ainsi, pour les variables :

Premier formant F1 (4) *Lieu d'articulation* et (3) *Voisement* [F(5,4)=13.18, p<0.0000] ;

Troisième formant F3 (4) *Lieu d'articulation* et (3) *Voisement* [F(5,4)=3.66, p<0.0267] ;

L'interaction entre le *lieu d'articulation* et le *voisement* a un effet significatif sur les fréquences des formants F1 et F3, car pour chacun des cinq lieux d'articulation concernés par le voisement, les fréquences de F1 d'une part, et celles de F3 d'autre part, diffèrent selon que la fricative précédant la voyelle [a] est voisée ou non voisée. En effet, les fréquences correspondant aux non voisées sont plus élevées que les voisées.

Résumé**Tableau 25 : Résultats des analyses statistiques obtenues pour les deux positions initiale et intervocalique**

Formants	Position initiale				Position intervocalique			
	F1	F2	F3	F4	F1	F2	F3	F4
<i>Locuteurs</i>	*	*	*	*	*	*	*	*
<i>Sexe</i>	*	/	*	*	/	/	*	*
<i>Lieu d'articulation</i>	*	*	*	/	*	*	*	*
<i>Voisement</i>	*	*	/	/	/	/	/	/
<i>Transitions formantiques</i>	*	/	/	/	*	/	*	*
<i>Locuteurs/ lieu d'articulation</i>	*	*	*	*	*	*	*	*
<i>Locuteurs/ Transitions</i>	*	*	*	*	*	*	*	*
<i>Sexe/ lieu d'articulation</i>	*	/	*	/	/	/	*	/
<i>Lieu/ Transitions</i>	*	*	*	/	*	*	*	*
<i>Lieu/ voisement</i>	/	/	/	/	*	/	*	/
<i>Locuteurs/ voisement</i>	/	/	*	*	/	/	/	/

Légende :

*	significatif
/	non significatif

3.2.2 Analyse des données

Nous proposons ci-dessous des analyses de nos données en nous référant aux résultats statistiques (ANOVA à mesures répétées) pour les fréquences des quatre premiers formants mesurées entre la fricative et la voyelle suivante et également au centre de cette voyelle dans les séquences CV, pour la position initiale et intervocalique.

3.2.2.1 Locuteurs

Les analyses de variance à mesures répétées ont révélé que l'effet *locuteurs* s'est montré significatif pour les fréquences des quatre premiers formants F1, F2, F3 et F4 pour les deux positions initiale et intervocalique.

Tout au début de l'étude de l'effet *locuteurs*, nous souhaitions observer le comportement des fricatives pour chacun des six locuteurs, afin de dégager les points similaires et divergents. Cependant, lors de nos observations des figures obtenues à travers le calcul des moyennes et des écarts-types des fréquences des quatre formants, nous avons remarqué qu'ils avaient les mêmes tendances, c'est pourquoi nous avons préféré résumer l'étude des fréquences des formants par rapport à l'effet *locuteurs*. Pour ce faire, nous avons effectué des calculs de moyennes et écarts-types pour chacun des formants F1, F2, F3 et F4, mais pour tous les locuteurs confondus, afin de nous focaliser sur la différence entre les fricatives et non celle entre les locuteurs.

La première observation redondante dans toutes les figures, que nous tenons à noter avant de commencer cette analyse, est l'importante baisse du F2 et la légère élévation de F1 des deux fricatives pharyngalisées. En effet, l'interdentale pharyngalisée [ð^ɣ] et l'alvéolaire pharyngalisée [s^ɣ] ont des fréquences de F2 plus basses et des fréquences de F1 plus élevées que leurs correspondantes non pharyngalisées, respectivement, [ð] et [s], et ce, au début et au milieu de la voyelle, pour les deux positions initiale et intervocalique, pour tous les locuteurs.

Position initiale

Pour la position initiale, nous remarquons que la moyenne des fréquences de F1 est la plus élevée pour les fricatives pharyngales non voisée [ħ] et voisée [ʁ] pour chacun des six locuteurs, mais également pour l'ensemble des locuteurs confondus, par opposition aux autres fricatives, et ce, que ce soit entre la fricative et la voyelle ou au milieu de cette dernière. En

effet, si nous prenons à titre d'exemple les moyennes de tous les locuteurs au milieu de la voyelle [a], elles sont de 766 Hz pour la pharyngale non voisée [h] et de 763 Hz pour la voisée [ɣ], avec des écarts-types faibles, respectivement, de 45 Hz et 46 Hz. Quant aux valeurs les plus basses, elles concernent la postalvéolaire voisée [ʒ], avec une moyenne de 600 Hz et un faible écart-type de 33Hz, suivie de l'alvéolaire voisée [z] et de la postalvéolaire non voisée [ʃ].

Quant aux fréquences de F2, nous remarquons que les postalvéolaires non voisée et voisée ont les valeurs les plus élevées. Cependant, les valeurs les plus faibles correspondent aux pharyngalisées, interdentale et alvéolaire, non voisées. En effet, la moyenne de fréquences pour [j] atteint 1915 Hz, avec un écart-type faible de 37 Hz entre la fricative et la voyelle ; et elle est de 1822 Hz avec un écart-type de 37 Hz pour [ʒ] au milieu de la voyelle [a]. Quant aux moyennes les plus faibles relevées au milieu de la voyelle [a], elles sont de 1281 Hz avec un écart-type peu élevé de 44 Hz pour l'interdentale pharyngalisée [ð^s] et de 1299 Hz avec un écart-type de 34 Hz pour l'alvéolaire pharyngalisée [s^s].

Les valeurs de fréquence de F4 atteignent des moyennes supérieures à 3900 Hz pour la labiodentale non voisée [f], l'alvéolaire voisée [z] et la glottale non voisée [h] avec des écarts-types peu élevés. En revanche, les moyennes les plus basses sont relevées entre les fricatives uvulaires et la voyelle [a]. Elles sont de 3798 Hz avec un écart-type faible de 47 Hz pour l'uvulaire non voisée [χ] et de 3773 Hz avec un écart-type de 60 Hz pour la voisée [ʁ].

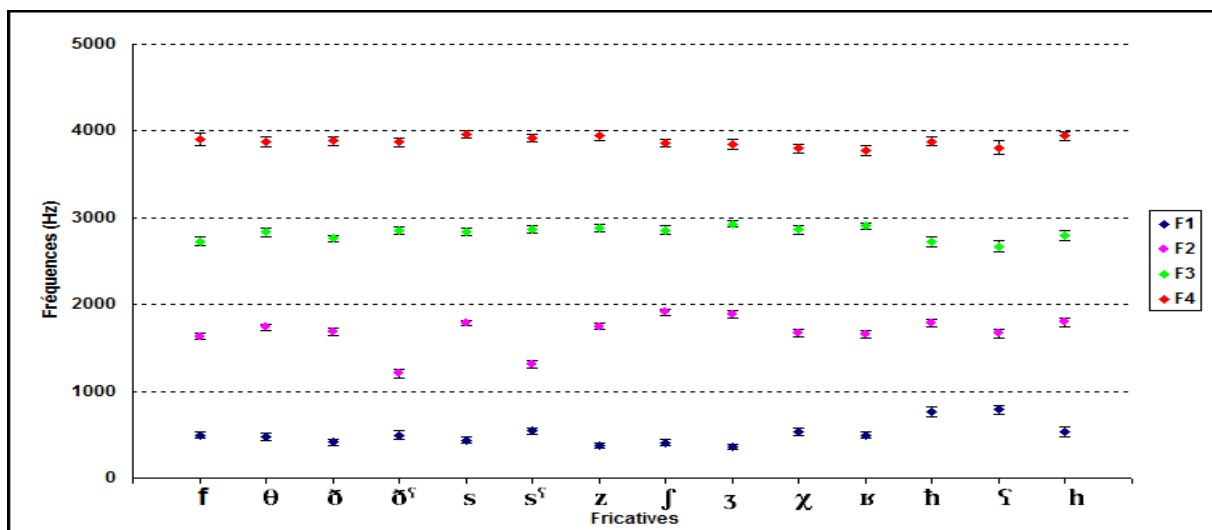


Figure 34 : Moyennes et écarts-types des fréquences des 4 premiers formants entre F et V
Tous locuteurs confondus/ Position initiale

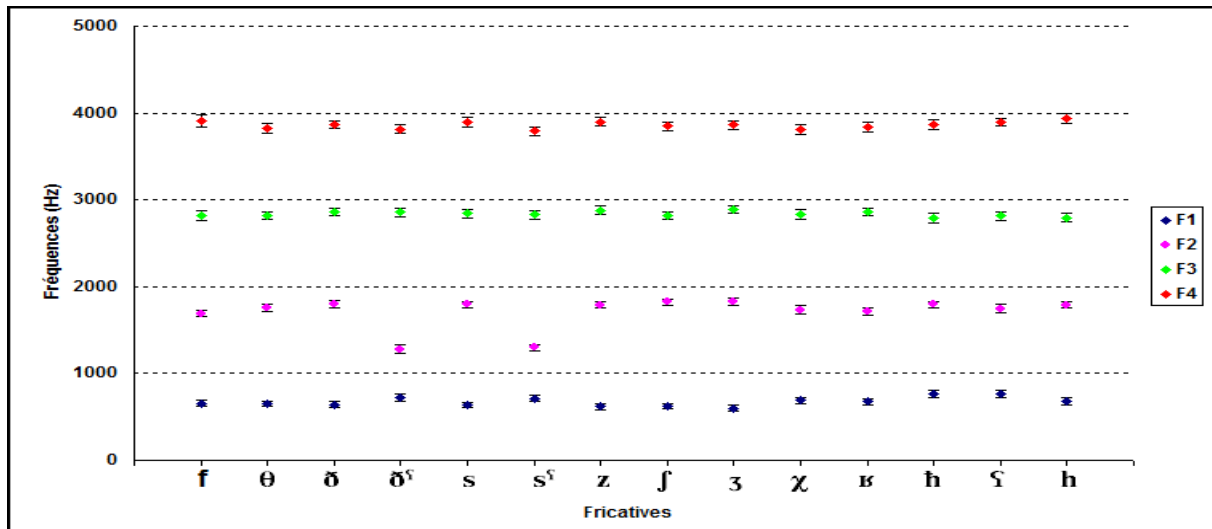


Figure 35 : Moyennes et écarts-types des 4 premiers formants au milieu de V
Tous locuteurs confondus/ Position initiale

Position intervocalique

Pour cette position, les remarques rejoignent la position initiale. En effet, les moyennes de fréquences du premier formant F1 sont élevées pour l'interdentale et l'alvéolaire pharyngalisées [ð^s] et [s^s], mais également pour les pharyngales non voisée [ɦ] et voisée [ɦ]. En effet, la moyenne pour la pharyngalisée [ð^s] est de 667 Hz avec un écart-type faible de 38 Hz, pour [s^s], la moyenne est de 630 Hz avec un écart-type peu élevé de 41 Hz. Quant à la pharyngale non voisée [ɦ], la moyenne de fréquences est de 709 Hz avec un écart-type de 37 Hz et sa correspondante voisée a une moyenne de fréquences de 773 Hz avec un écart-type de 42 Hz.

Pour F2, les fréquences des pharyngalisées sont nettement plus basses que celles des autres fricatives. Au milieu de la voyelle [a], les moyennes de fréquence sont de 1329 Hz pour l'interdentale pharyngalisée [ð^s] et de 1346 Hz pour l'alvéolaire pharyngalisée [s^s]. Quant aux écarts-types, ils sont généralement faibles et ne dépassent pas 50 Hz. En ce qui concerne les autres fricatives, les valeurs de moyennes les plus élevées sont aux postalvéolaires non voisée [ʃ] et voisée [ʒ]. Ainsi, au milieu de la voyelle, la moyenne de fréquences de [ʃ] est de 1731 Hz avec un écart-type très faible de 29 Hz et de 1748 Hz avec, également, un écart-type très faible de 22 Hz pour la voisée [ʒ]. En parallèle, pour la jonction entre la fricative et la voyelle, les moyennes de fréquences des postalvéolaires, non voisée et voisée, sont respectivement, de 1808 Hz et 1830 Hz avec des écart-types faibles de moins de 50 Hz.

Pour les fréquences de F3, nous n'observons pas d'importants écarts entre les valeurs correspondant aux différentes fricatives. En revanche, les moyennes de fréquences les plus

faibles relevées entre ces pharyngales et la voyelle suivante, sont relevées pour les fricatives pharyngales. En effet, elles sont de 2686 Hz pour la non voisée [h] avec un écart-type de 48 Hz et de 2626 Hz pour la voisée [ʕ] avec un écart-type peu élevé de 54 Hz. En ce qui concerne les valeurs relevées au milieu de la voyelle, elles sont très proches de celles relevées à la jonction de C et V. Par ailleurs, les moyennes de fréquences les plus élevées varient d'une fricative à l'autre, selon le lieu où elles ont été relevées, c'est-à-dire à la jonction ou au milieu de la voyelle, bien qu'elles ne dépassent jamais 3000 Hz.

Les moyennes de fréquences de F4 en position intervocalique varient entre 3700 Hz et 4200 Hz pour tous les locuteurs. En effet, entre l'alvéolaire non voisée [s] et la voyelle [a], la moyenne de fréquences arrive à 4183 Hz avec un écart-type faible de 52 Hz. Les fréquences atteignent quasiment les mêmes valeurs pour l'alvéolaire voisée [z]. Ainsi, la moyenne est de 4177 Hz entre cette fricative et la voyelle [a] et elle est de 4126 Hz au milieu de la voyelle en sachant que les écart-types sont très faibles. Les résultats pour chaque locuteur montrent globalement que, pour la position intervocalique, les valeurs les plus élevées reviennent à l'alvéolaire voisée [z]. Quant à la fréquence la plus faible, elle varie d'un locuteur à l'autre.

Pour cette position, les fréquences du quatrième formant F4 pour les pharyngalisées sont légèrement plus basses que celles des non pharyngalisées, pour chacun des locuteurs. Les valeurs obtenues pour tous les locuteurs confondus indiquent également la même relation. En effet, les fréquences relevées, à titre d'exemple, au milieu de la voyelle [a] affichent pour l'interdentale pharyngalisée [ðˤ] une moyenne de 3929 Hz avec un écart-type faible de 42 Hz, contre une moyenne de 4007 Hz avec un écart-type faible de 44 Hz pour sa correspondante non pharyngalisée [ð]. Quant à l'alvéolaire pharyngalisée [sˤ], elle a une moyenne de 3930 Hz avec un écart-type de 44 Hz et sa correspondante non pharyngalisée [s] a une moyenne de 4077 Hz avec un écart-type de 53 Hz, et ce au milieu de la voyelle suivant ces deux fricatives.

Nous tenons à signaler qu'en position initiale, les données qui concernent la légère baisse des pharyngalisées par rapport aux non pharyngalisées pour les fréquences du quatrième formant, n'ont été constatées que chez quatre locuteurs parmi les six, alors qu'en position intervocalique, elles ont été constatées chez tous les locuteurs. En conséquence, nous suggérons d'observer cet indice dans une étude ultérieure, mais avec les autres voyelles de l'arabe standard, à titre d'exemple le [i] ou le [u], afin de vérifier s'il pourrait être statistiquement significatif ou sinon tendanciel.

Par ailleurs, nous notons que pour chacun des six locuteurs, les résultats de fréquence des quatre premiers formants obtenus à partir des dix répétitions sont variables en position initiale et intervocalique, ce qui suggère qu'il existe une variabilité intra- et inter-locuteur.

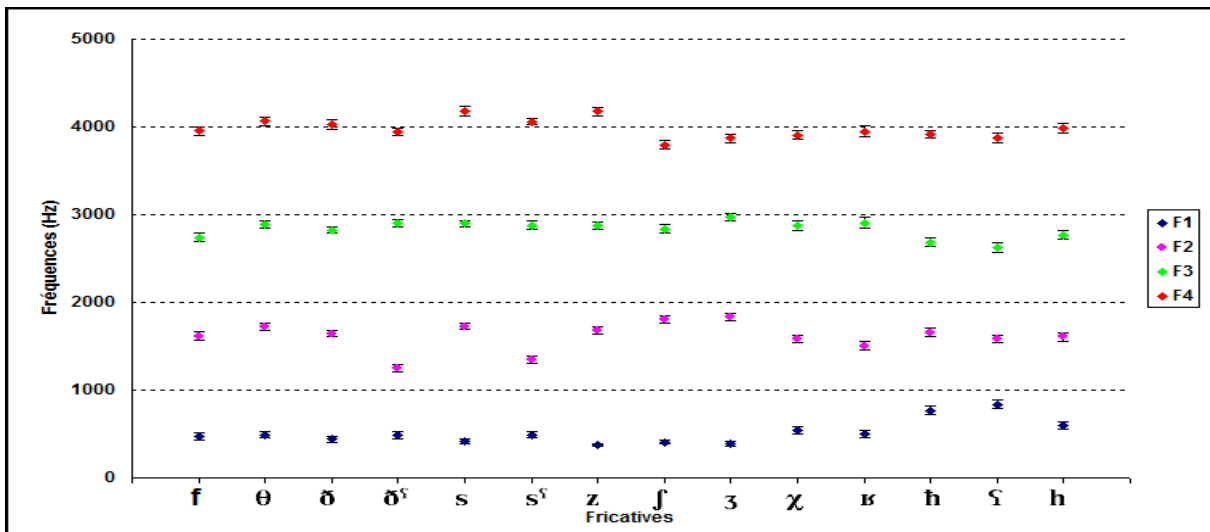


Figure 36 : Moyennes et écarts-types des fréquences des 4 premiers formants entre F et V
Tous locuteurs confondus/ Position intervocalique

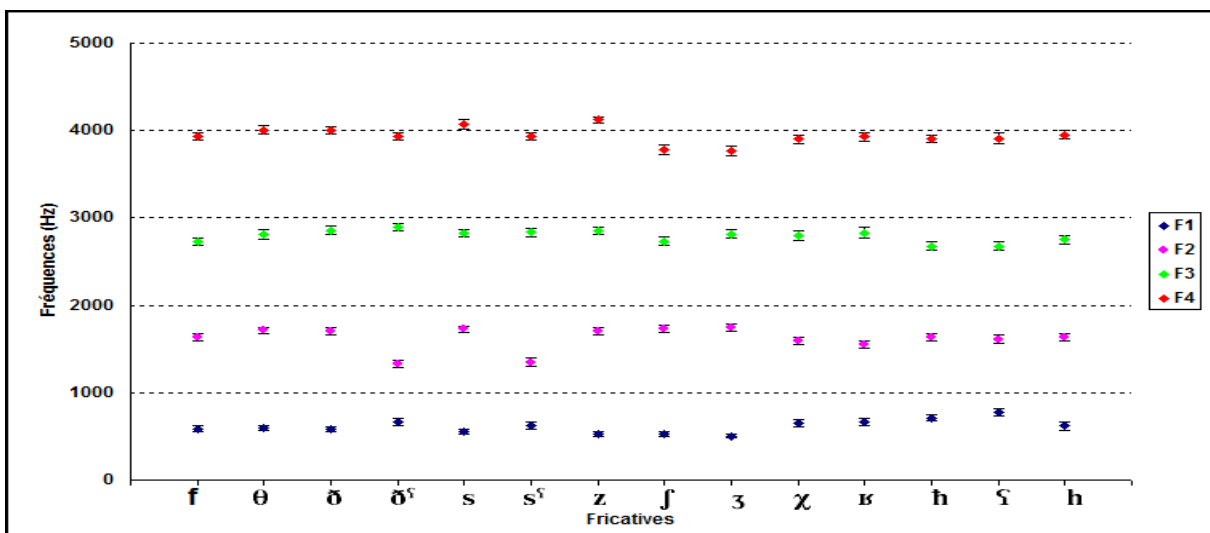


Figure 37 : Moyennes et écarts-types des 4 premiers formants au milieu de V
Tous locuteurs confondus/ Position intervocalique

Résumé

A l'appui des résultats de statistiques (ANOVA), nous pouvons dire que les valeurs moyennes correspondant aux fréquences des quatre premiers formants F1, F2, F3 et F4, relevées entre chaque fricative et la voyelle qui la suit, mais également au milieu de cette voyelle, varient au niveau intra-individuel mais également inter-individuel, pour les positions initiale et intervocalique.

Pour tous les locuteurs, les valeurs de fréquences de F1 sont légèrement plus élevées pour les pharyngalisées que leurs homologues non pharyngalisés. Cependant, les fréquences de F2 sont moins élevées pour les pharyngalisées que les non pharyngalisées pour les deux positions initiale et intervocalique.

Pour chacun des six locuteurs, les valeurs de fréquences les plus élevées du premier formant F1 sont attribuables aux pharyngales non voisée et voisée et les valeurs les plus basses sont partagées entre les postalvéolaires et les alvéolaires non voisées et voisées.

Pour la quasi-totalité des locuteurs, les valeurs les plus élevées pour les fréquences de F2 reviennent aux postalvéolaires non voisée et voisée. En revanche, les valeurs inférieures sont celles des pharyngalisées [ð^ʰ], [s^ʰ].

Pour F3, les valeurs moyennes de tous les locuteurs confondus indiquent que les fricatives pharyngales non voisée et voisée occupent les fréquences les plus basses.

Pour F4, les résultats pour tous les locuteurs confondus montrent globalement que les valeurs les plus élevées reviennent à l'alvéolaire voisée [z]. Quant à la fréquence la plus faible, elle varie d'une position à l'autre. Par ailleurs, en position intervocalique, les fréquences du quatrième formant F4 pour les pharyngalisées sont légèrement plus basses que celles des non pharyngalisées, pour chacun des locuteurs, mais également pour les valeurs obtenues pour tous les locuteurs confondus.

3.2.2.2 *Sexe*

L'effet *sex* s'est montré significatif pour les formants F1, F3 et F4 en position initiale et pour les F3 et F4 en intervocalique.

Pour examiner de plus près cet effet, nous avons calculé les moyennes et écarts-types des fréquences de chaque formant au début et au milieu de la voyelle pour le sexe féminin, d'une part et pour le sexe masculin d'autre part. De plus, nous avons élaboré des graphiques pour chaque formant, avec une échelle correspondante afin de mieux observer la distribution des fricatives par rapport aux fréquences des formants, ce qui faciliterait leur comparaison.

Position initiale

Pour la position initiale, nous observons sur tous les graphiques et pour toutes les fricatives que les fréquences des formants F1, F3 et F4 relevées entre la fricative et la voyelle ou au milieu de la voyelle sont plus élevées pour les femmes que les hommes.

En parallèle, nous remarquons une importante élévation des fréquences du premier formant pour la paire pharyngale non voisée [ħ] et voisée [ʕ] par opposition aux autres fricatives, pour les deux sexes. La différence de fréquence entre les hommes et les femmes est également bien prononcée pour cette paire de fricative. En effet, si nous prenons en guise d'exemple les valeurs relevées entre la fricative et la voyelle, on note pour les femmes des fréquences de 897 Hz avec un écart-type peu élevé de 61 Hz pour la non voisée [ħ], alors que les hommes ont une moyenne de 637 Hz avec un écart-type de 46 Hz. Quant à la pharyngale voisée [ʕ], sa moyenne chez les femmes est de 906 Hz avec un écart-type de 64 Hz et celle des hommes n'est que de 672 Hz avec un faible écart-type de 33 Hz. Par ailleurs, nous remarquons que l'alvéolaire voisée [z] et les postalvéolaires non voisée [ʃ] et voisée [ʒ] ont les fréquences les plus basses.

Nous remarquons aussi, dans les figures 38 et 39, une élévation dans les fréquences des pharyngalisées [ð^ʕ] et [s^ʕ], par opposition à leurs correspondantes non pharyngalisées [ð] et [s], pour les locuteurs masculins et féminins.

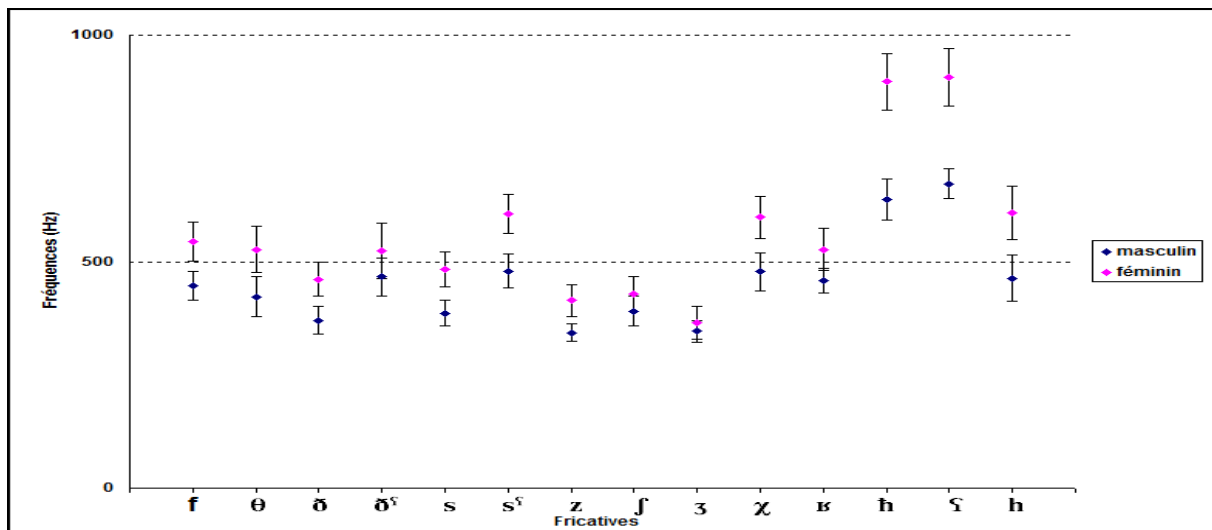


Figure 38 : Moyennes et écarts-types des fréquences du premier formant F1 entre F et V Sexe/ Position initiale

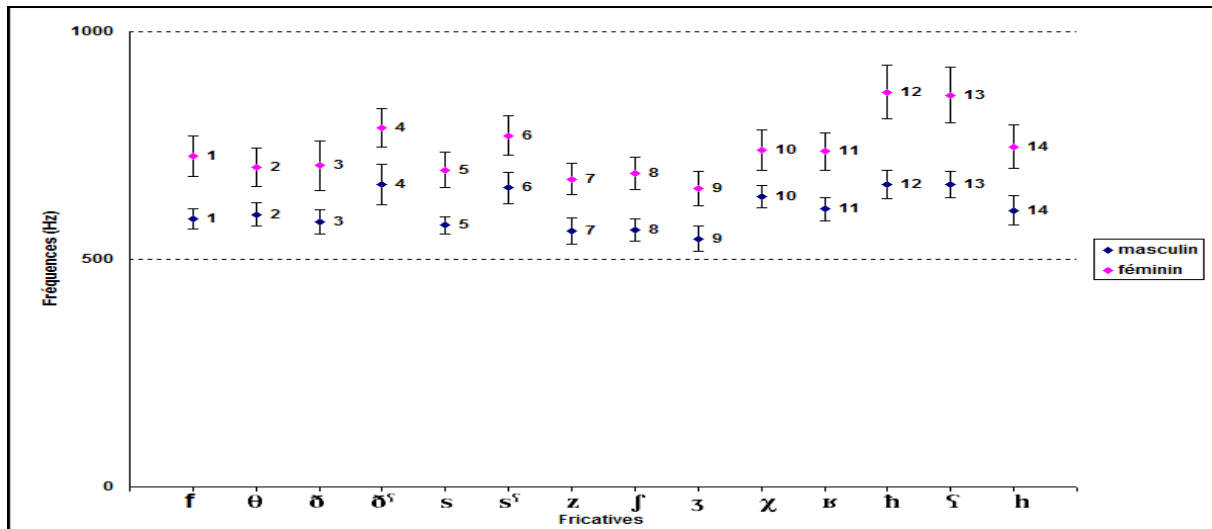


Figure 39 : Moyennes et écarts-types des fréquences du premier formant F1 au milieu de V
Sexe/ Position initiale

En ce qui concerne les fréquences de F3, nous observons une certaine régularité, notamment au milieu de la voyelle [a], pour les deux sexes, en ce qui concerne toutes les fricatives. Toutefois, les moyennes de fréquences sont les plus élevées, chez les locuteurs masculins pour l'alvéolaire voisée [z] et la postalvéolaire voisée [ʒ]. Elles atteignent les valeurs de 2698 Hz avec un écart-type très faible de 38 Hz pour [z] et 2752 Hz avec un écart-type également faible de 39 Hz pour [ʒ]. Nous remarquons pour ces deux fricatives [z] et [ʒ] que la différence de fréquence de F3 entre les hommes et les femmes est moins importante que celle des autres fricatives. Cependant, et contrairement au formant F1, les fréquences des fricatives pharyngales pour F3 sont parmi les plus basses pour les deux sexes, notamment pour les hommes. Elles arrivent à 2460 Hz avec un écart-type de 60 Hz entre la pharyngale non voisée [h] et la voyelle [a:] et 2456 Hz avec un écart-type de 66 Hz entre la voisée [ħ] et la voyelle longue [a:].

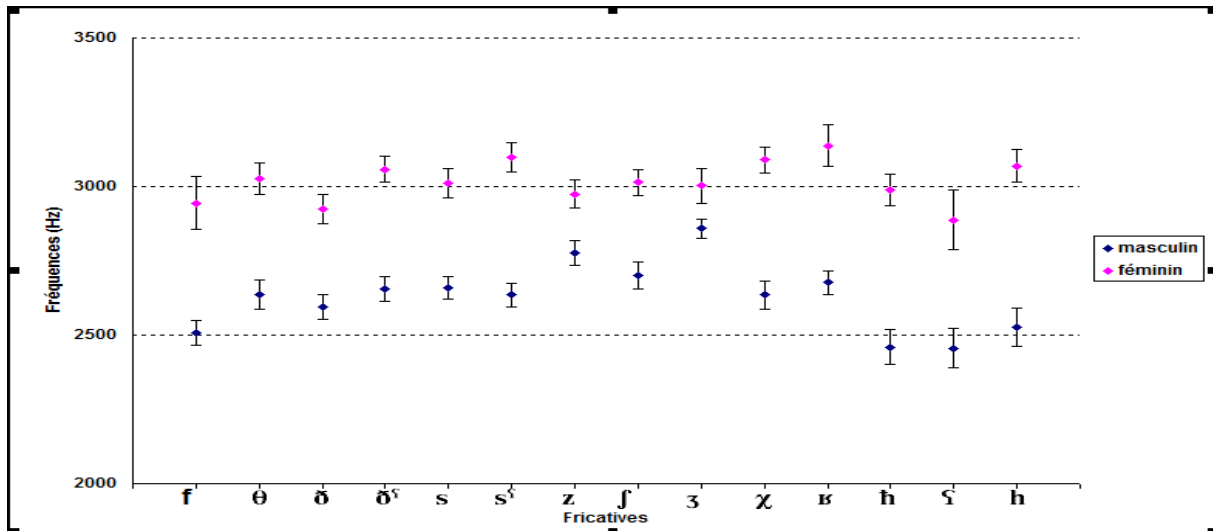


Figure 40 : Moyennes et écarts-types des fréquences de F3 entre F et V
Sexe/ Position initiale

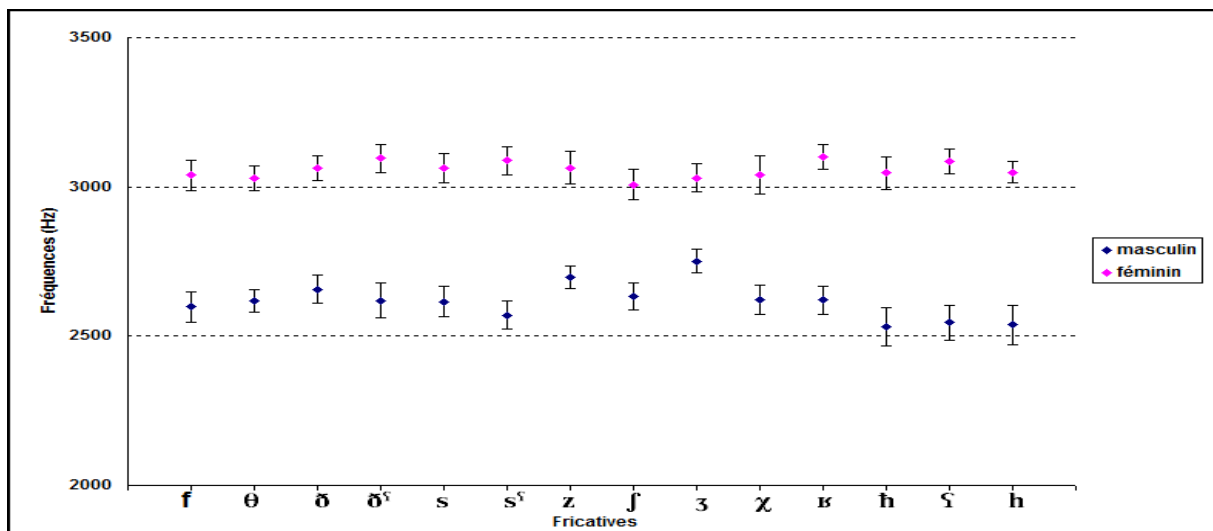


Figure 41 : Moyennes et écarts-types des fréquences de F3 au milieu de V
Sexe/ Position initiale

Pour les fréquences de F4, nous remarquons qu'entre la fricative et la voyelle, mais également au milieu de la voyelle [a:], il y a une élévation pour la labiodentale non voisée [f] et une baisse de fréquence pour les fricatives voisées uvulaire [κ] et pharyngale [ʕ], chez les hommes. En conséquence, la différence de fréquence entre les femmes et les hommes est considérablement moins élevée pour cette fricative. Pour les hommes, la moyenne de fréquences pour [f] au milieu de la voyelle est de 3720 Hz avec un écart-type peu élevé de 98 Hz, alors que l'uvulaire voisée [κ] a la valeur la plus basse de toutes les fricatives, de 3565 Hz avec un faible écart-type de 55 Hz. En parallèle, chez les femmes, nous remarquons que les fréquences des alvéolaires non voisée et voisée sont les plus élevées par rapport aux autres

fricatives. Effectivement, pour l'alvéolaire non voisée [s], la moyenne au milieu de la voyelle est très élevée, de 4182 Hz avec un écart-type de 53 Hz. Nous remarquons également que les fréquences élevées pour les fricatives non pharyngalisées par rapport aux pharyngalisées est un fait présent chez les femmes, mais ne l'est pas chez les hommes, pour cette position.

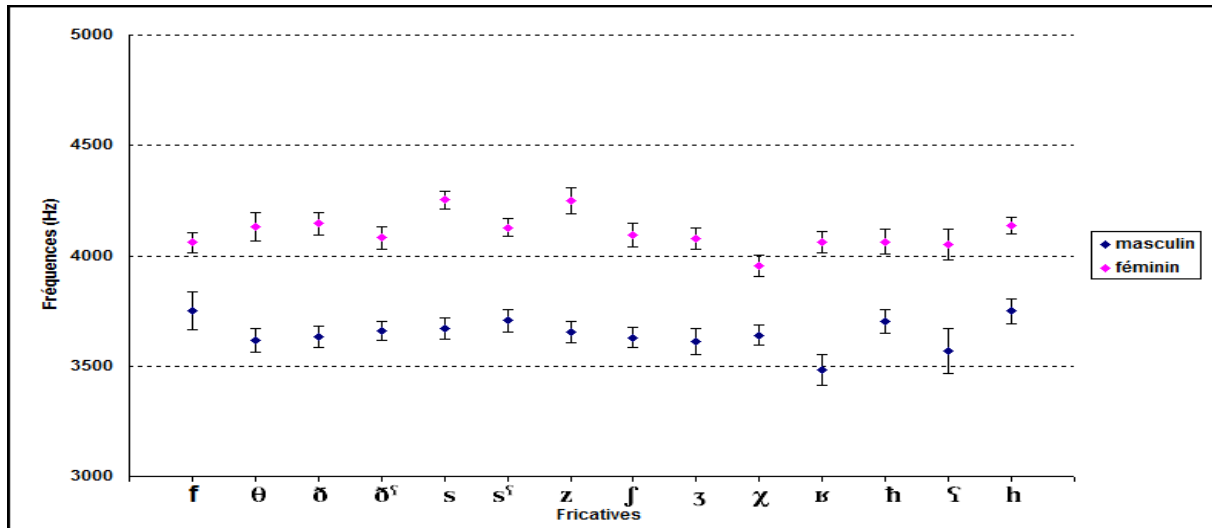


Figure 42 : Moyennes et écarts-types des fréquences de F4 entre F et V
Sexe/ Position initiale

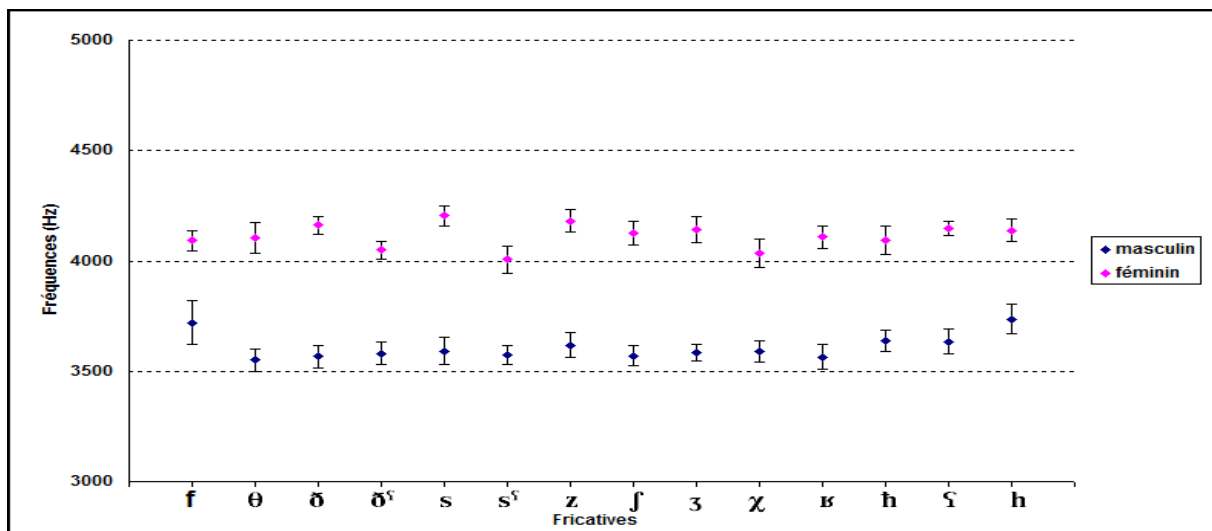


Figure 43 : Moyennes et écarts-types des fréquences de F4 au milieu de V
Sexe/ Position initiale

Position intervocalique

Deux remarques méritent d'être effectuées pour la position intervocalique. D'une part, toutes nos données qui concernent les fréquences des formants F3 et F4 relevées entre la fricative et la voyelle ou au milieu de la voyelle indiquent des valeurs plus élevées chez le sexe féminin par opposition au masculin pour toutes les fricatives. D'autre part, entre la

fricative et la voyelle brève [a], nous remarquons que chez les femmes les moyennes de fréquences de F3 pour la paire uvulaire (non voisée, voisée) sont les plus élevées parmi toutes les fricatives. Effectivement, elles atteignent 3146 Hz avec un écart-type faible de 57 Hz pour l'uvulaire non voisée [χ] et 3172 Hz avec un écart-type de 65 Hz pour la voisée [ʁ]. En revanche, chez les hommes, les valeurs les plus élevées, relevées au milieu de la voyelle [a], concernent l'alvéolaire voisée [z] et la postalvéolaire voisée [ʒ]. Elles arrivent à 2686 Hz avec un écart-type très faible de 32 Hz pour [z] et à 2692 Hz avec un écart-type de 36 Hz pour [ʒ]. Nous remarquons que la différence des fréquences entre le sexe féminin et masculin pour F3 est faible en ce qui concerne la postalvéolaire [ʒ] par opposition aux autres fricatives. Cependant, les moyennes les plus basses relevées au début et au milieu de la voyelle [a] pour les deux sexes féminin et masculin reviennent à la paire pharyngale [h] et [ɦ]. En effet, elles sont, à titre d'exemple chez les hommes au milieu de la voyelle [a], de 2416 Hz avec un faible écart-type de 47 Hz pour la pharyngale non voisée [h] et de 2442 Hz avec également un faible écart-type de 42 Hz pour la pharyngale voisée [ɦ].

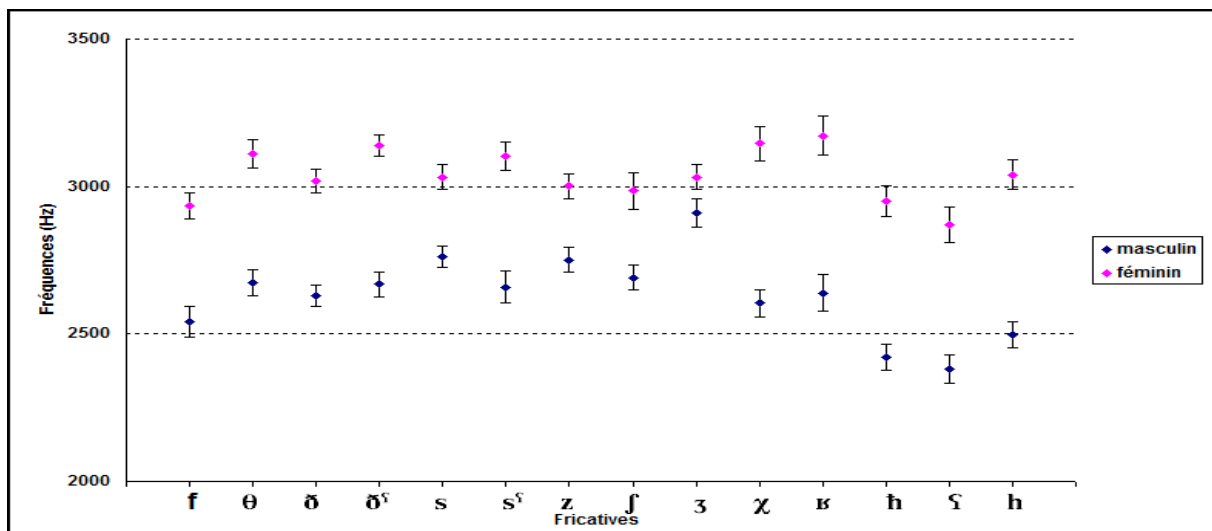


Figure 44 : Moyennes et écarts-types des fréquences de F3 entre F et V
Sexe/ Position intervocalique

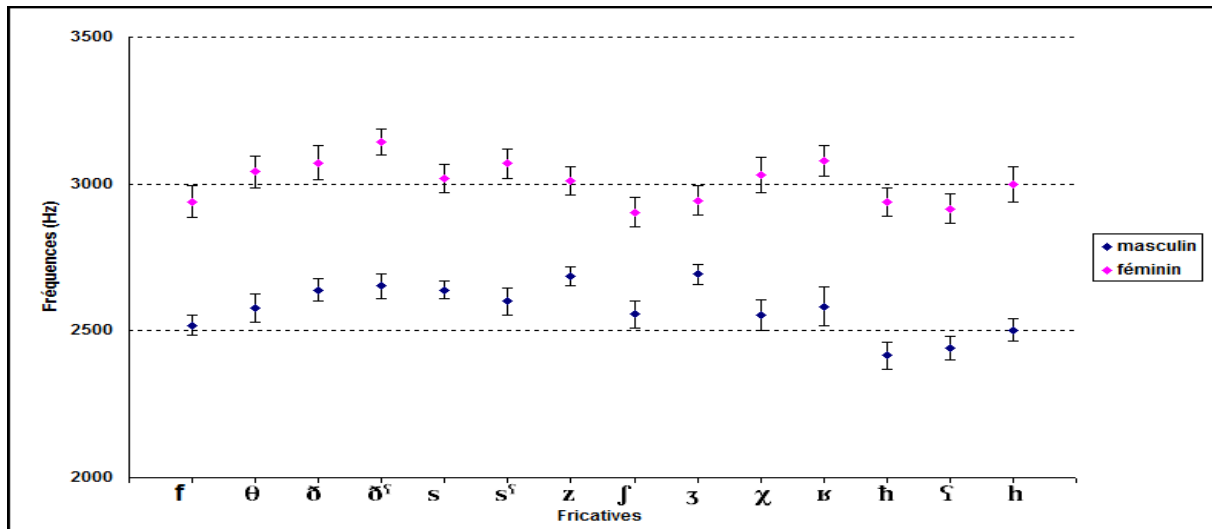


Figure 45 : Moyennes et écarts-types des fréquences de F3 au milieu de V
Sexe/ Position intervocalique

En ce qui concerne les fréquences de F4 pour cette position, les moyennes les plus élevées de toutes les fricatives reviennent aux alvéolaires non voisée et voisée pour les deux sexes féminin et masculin. En effet, chez les hommes la moyenne relevée entre l'alvéolaire non voisée [s] et la voyelle [a] est de 3851 Hz avec un faible écart-type également faible de 39 Hz et entre la voisée [z] et la voyelle [a], la moyenne est de 3896 Hz avec un écart-type également faible de 32 Hz. Toutefois, chez les femmes, les moyennes sont supérieures, elles sont de 4302 Hz avec un écart-type de 68 Hz pour [s] et de 4355 Hz avec un écart-type de 41 Hz pour [z]. Nous pouvons donc déduire que, pour cette position, l'alvéolaire voisée [z] détient pour le formant F4 moyennes de fréquences les plus élevées. Quant aux valeurs les plus basses relevées au début ou au milieu de la voyelle [a], pour les deux sexes, elles reviennent aux postalvéolaires non voisée et voisée [j] et [ʒ]. Effectivement, les moyennes les moins élevées sont 3571 Hz avec un très faible écart-type de 35 Hz pour la postalvéolaire non voisée [j] et 3573 Hz avec un écart-type faible de 51 Hz pour la voisée [ʒ], relevées pour aux hommes et relevées au milieu de la voyelle [a].

Par ailleurs, la différence entre les fricatives pharyngalisées et non pharyngalisées de la même paire est bien présente pour les deux sexes. En effet, les fréquences de F4 pour les fricatives non pharyngalisées [ð] et [s] sont plus élevées que celles des non pharyngalisées [ð^h] et [s^h] chez les femmes et les hommes en position intervocalique.

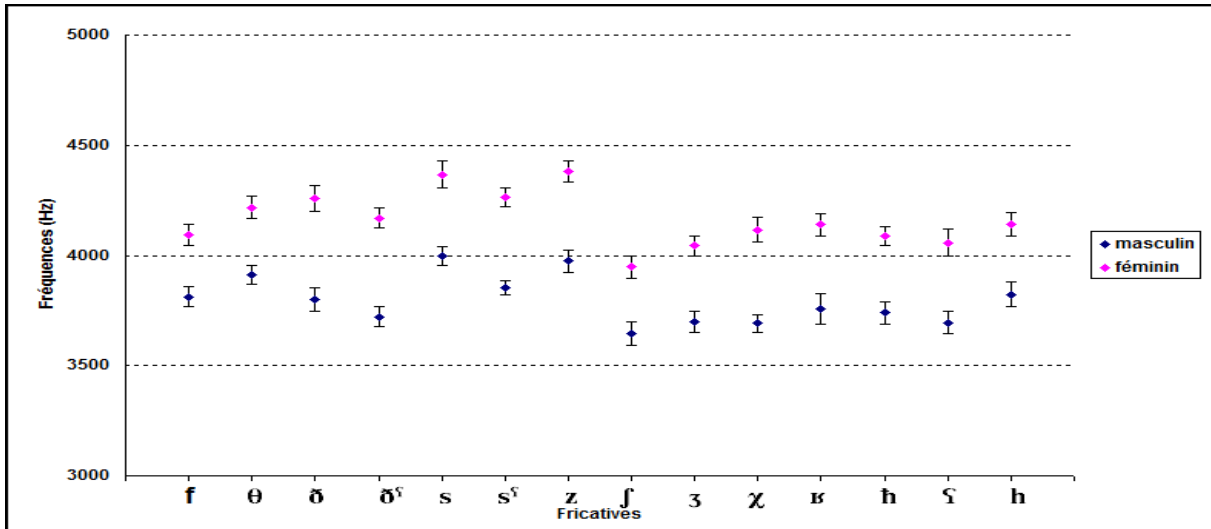


Figure 46 : Moyennes et écarts-types des fréquences de F4 entre F et V
Sexe/ Position intervocalique

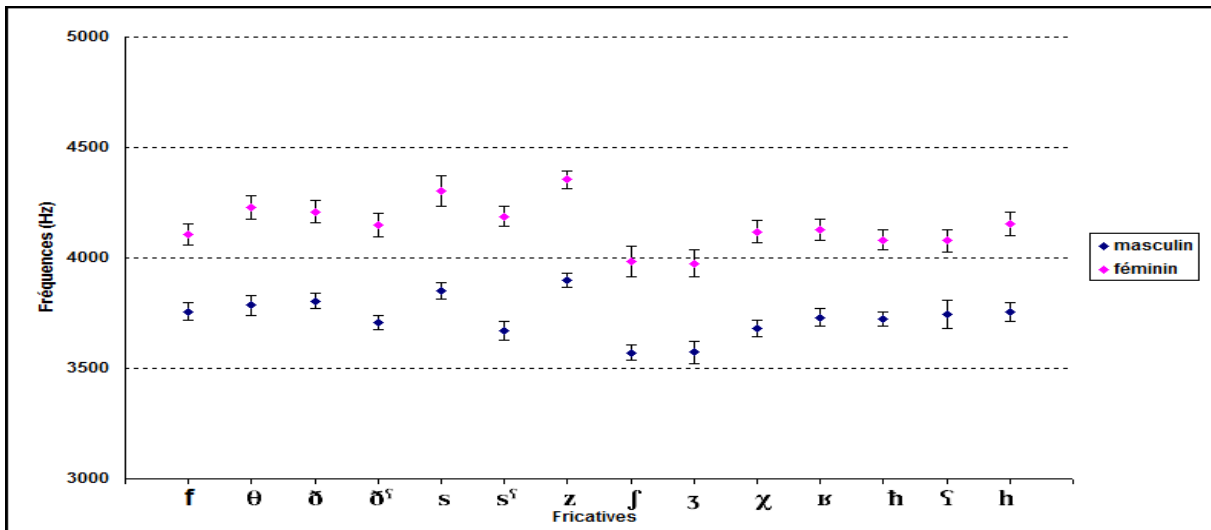


Figure 47 : Moyennes et écarts-types des fréquences de F4 au milieu de V
Sexe/ Position intervocalique

Résumé

Pour toutes les fricatives, les fréquences des formants F1, F3 et F4 sont plus élevées pour les femmes que les hommes pour la position initiale et pour F3 et F4 en position intervocalique.

Les traits saillants que nous décelons dans nos données sont :

Pour le premier formant, outre l'importante élévation des fréquences pour la paire pharyngale non voisée [h] et voisée [ɣ] par opposition aux autres fricatives pour les deux sexes, en position initiale, la différence de sexe est bien prononcée.

La différence de fréquence du formant F3 entre les hommes et les femmes est moins importante pour l'alvéolaire [z] et la postalvéolaire [ʒ] en position initiale et pour [ʒ] en position intervocalique, comparativement aux autres fricatives.

Pour F4, la différence de fréquence entre les deux sexes est considérablement moins élevée pour la labiodentale non voisée [f], en position initiale. En revanche, les fréquences du quatrième formant F4, pour les deux sexes sont les plus élevées pour les alvéolaires non voisée et voisée [s] et [z] et les valeurs les plus basses reviennent aux postalvéolaires non voisée et voisée [ʃ] et [ʒ], en position intervocalique.

3.2.2.3 Trait de voisement des fricatives

Nous tenons à rappeler que le voisement n'a été étudié, bien évidemment, que pour les cinq paires de fricatives qui suivent la règle (non voisée, voisée). En conséquence, il ne concerne que les interdentes ([θ], [ð]), les alvéolaires ([s], [z]), les postalvéolaires ([ʃ], [ʒ]), les uvulaires ([χ], [ʁ]) et les pharyngales ([h], [ɣ]).

Les résultats des analyses (ANOVA) ont révélé que l'effet *voisement* s'est montré significatif pour les deux premiers formants F1 et F2, en position initiale. En revanche, il ne s'est montré significatif pour aucun des quatre formants en position intervocalique, pour les cinq paires de fricatives.

En ce qui concerne le premier formant F1, nous remarquons que les fréquences qui correspondent aux fricatives non voisées sont plus élevées que celles des voisées. Toutefois, pour la paire pharyngale, la fricative voisée dépasse de peu sa correspondante non voisée. Effectivement, pour cette paire, la moyenne relevée entre la pharyngale non voisée [h] et la voyelle [a:] est de 767 Hz avec un écart-type peu élevé de 54 Hz et elle est de 789 Hz avec un

écart-type faible de 49 Hz pour la pharyngale voisée [ɣ]. De plus, nous remarquons que la différence entre les valeurs correspondant aux fréquences est très faible au milieu de la voyelle postconsonantique, notamment pour la paire interdentale et pharyngale. Ainsi, elle est de 7 Hz entre les interdentales non voisée et voisée et elle est de 3 Hz de plus pour la pharyngale non voisée comparativement à la voisée. En effet, les résultats de variance concordent avec ces observations puisqu'elles indiquent pour ce premier formant une valeur proche du seuil alpha, c'est-à-dire proche de 0,05 :

Premier formant F1 (3) Voisement [F(5,1)=13.27, $p < 0.0219$] ;

Par ailleurs, nous remarquons que les pharyngales non voisée et voisée détiennent les moyennes les plus élevées et qu'elles sont suivies des uvulaires non voisée et voisée, tandis que la paire postalvéolaire a les moyennes les plus basses, et ce, au début et au milieu de la voyelle [a:].

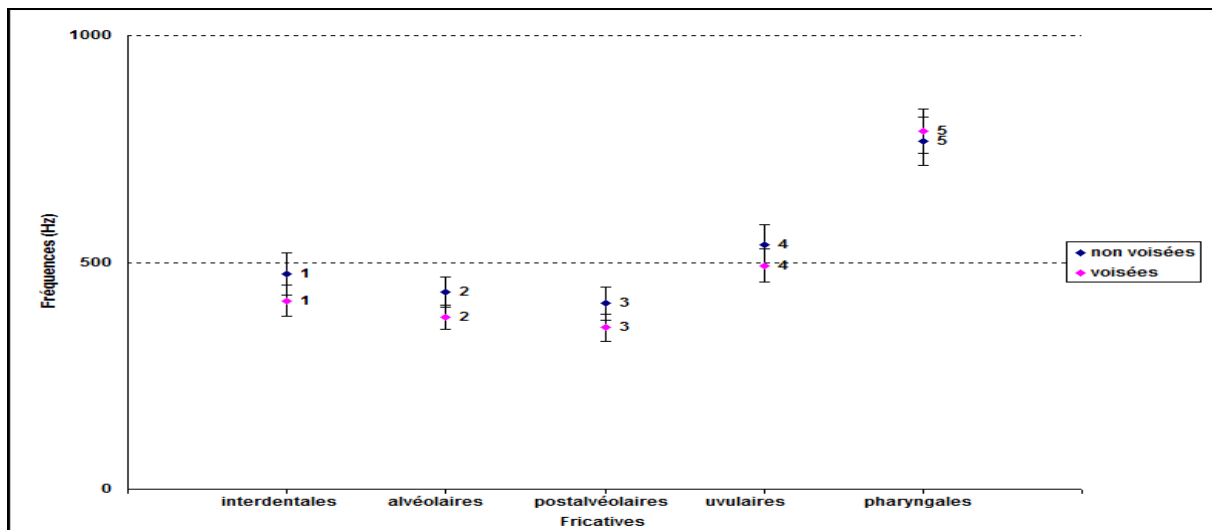


Figure 48 : Moyennes et écarts-types des fréquences de F1 entre F et V
Voisement/ Position initiale

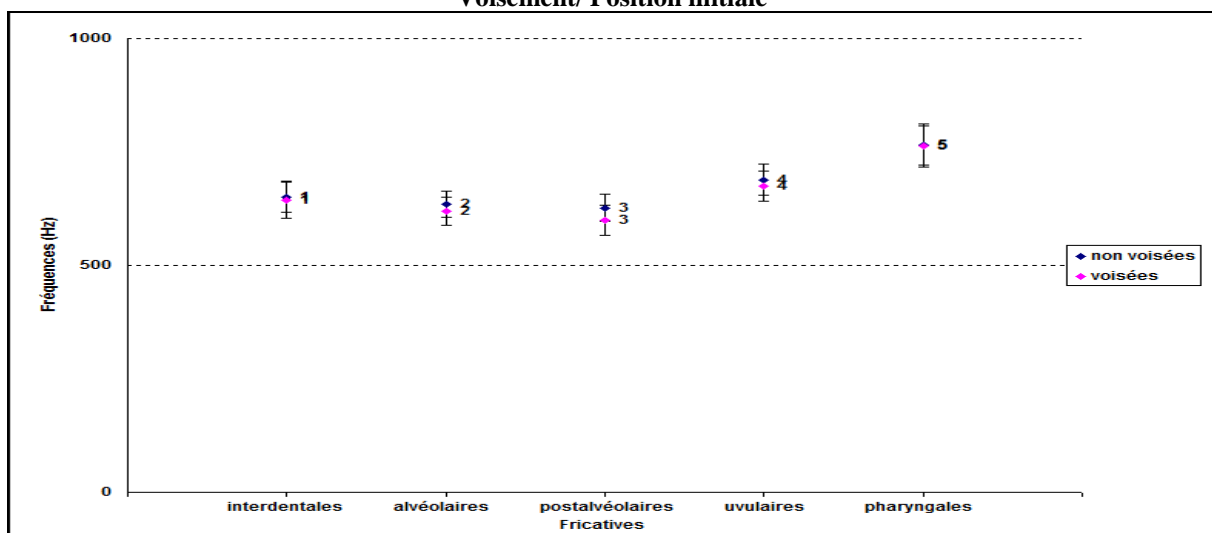


Figure 49 : Moyennes et écarts-types des fréquences de F1 au milieu de V
Voisement/ Position initiale

Pour ce qui est de F2, les fréquences correspondant aux fricatives non voisées sont supérieures à celles des voisées, entre la fricative et la voyelle et au milieu de celle-ci. Nous remarquons que la différence de fréquences entre les non voisées et les voisées est minimale pour les paires postalvéolaires et alvéolaires. Effectivement, au milieu de la voyelle longue [a:], la moyenne de l'alvéolaire non voisée [s] est de 1796 Hz avec un faible écart-type de 37 Hz tandis qu'elle est de 1788 Hz avec un écart-type de 31 Hz pour sa correspondante voisée [z]. En parallèle, pour la paire postalvéolaire, les moyennes de la non voisée [ʃ] et la voisée [ʒ] sont identiques, elles sont de 1822 Hz avec un écart-type de 37 Hz pour la non voisée et de 41 Hz pour la voisée. Encore une fois, les valeurs de fréquence de l'interdentale voisée dépassent celle de la non voisée. En effet, la moyenne relevée pour F2 au milieu de la voyelle [a] est de 1795 Hz avec un faible écart-type de 40 Hz pour la voisée [ð], alors qu'elle est de 1759 avec un faible écart-type de 38 Hz, c'est-à-dire qu'elle est inférieure pour la non voisée [θ]. En réalité et comme il a été cité *supra*, les analyses de variance ont annoncé un seuil proche d'alpha, pour cet effet :

Deuxième formant F2 (3) Voisement [F(5,1)=8.44, **p<0.0439**]

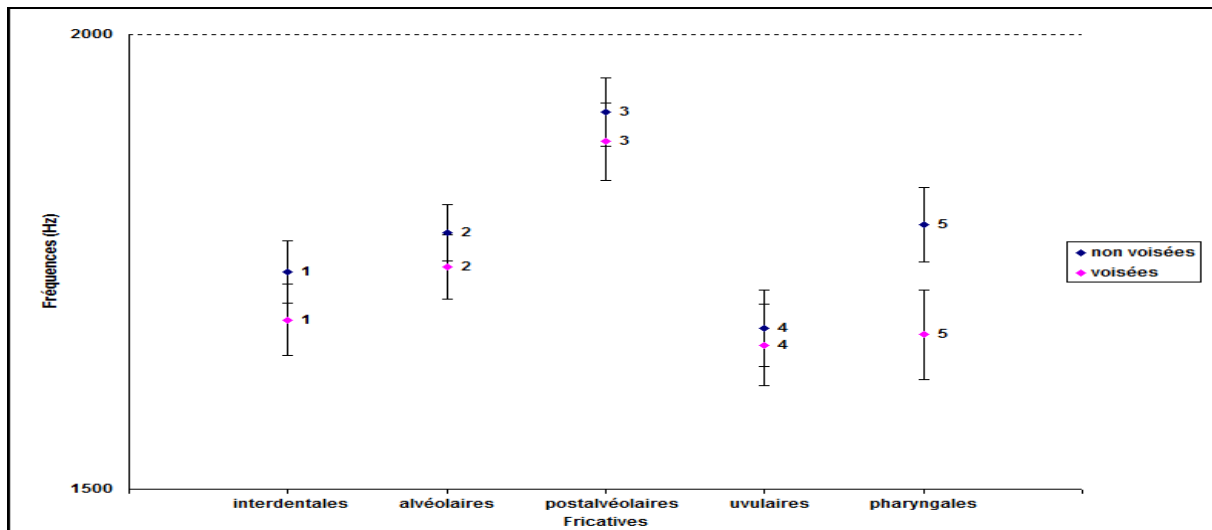


Figure 50 : Moyennes et écarts-types des fréquences de F2 entre F et V
Voisement/ Position initiale

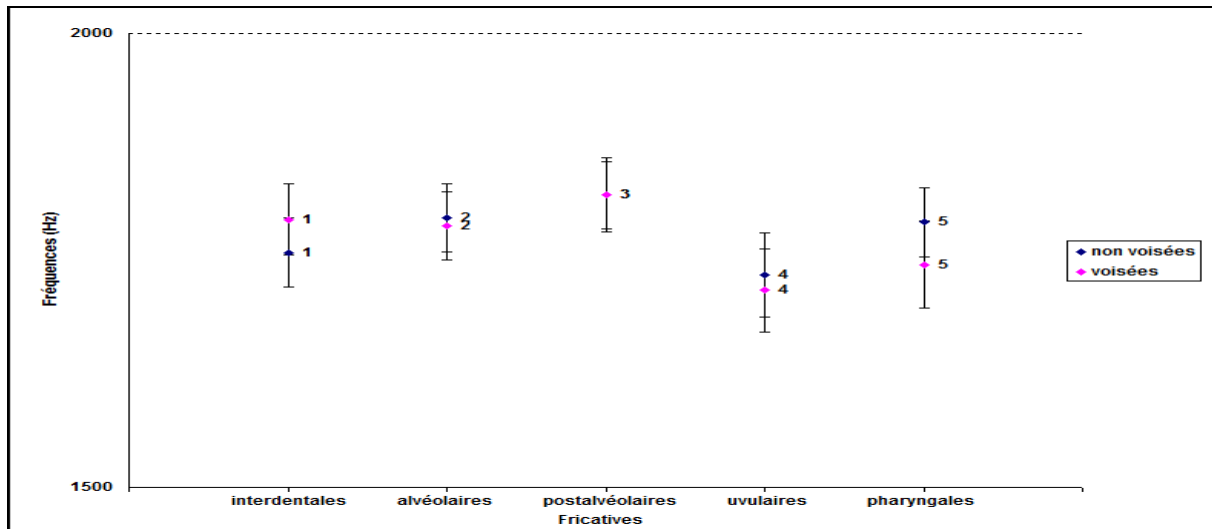


Figure 51 : Moyennes et écarts-types des fréquences de F2 au milieu de V
Voisement/ Position initiale

Résumé

Pour les cinq paires suivantes : l'interdentale ([θ], [ð]), l'alvéolaire ([s], [z]), la postalvéolaire ([ʃ], [ʒ]), l'uvulaire ([χ], [ʁ]) et la pharyngale ([ħ], [ʕ]), le *voisement* a un effet significatif sur les deux premiers formants F1 et F2, mais uniquement en position initiale puisque les fréquences correspondant aux fricatives non voisées sont, généralement, plus élevées que celles de leurs correspondantes voisées.

3.2.2.4 Lieu d'articulation

L'effet *Lieu d'articulation* s'est montré significatif pour les trois premiers formants F1, F2 et F3 en position initiale et pour les quatre premiers formants F1, F2, F3 et F4 en position intervocalique.

Les lieux d'articulation, objets de notre étude sont : le lieu labiodental pour [f], l'interdental pour [θ] et [ð], l'alvéolaire pour [s] et [z], le postalvéolaire pour [ʃ] et [ʒ], l'uvulaire pour [χ] et [ʁ], le pharyngal pour [ħ] et [ʕ] et le laryngal pour [h]. Des valeurs moyennes ainsi que des écarts-types de chaque lieu d'articulation ont été calculés à partir des valeurs correspondant aux fricatives qui lui appartiennent. Cependant, pour notre analyse, nous avons préféré observer des graphiques, avec des échelles appropriées pour chaque formant afin de mieux visualiser la distribution des lieux d'articulation.

Position initiale

Pour les fréquences du premier formant F1 en position initiale, nous remarquons que le lieu d'articulation pharyngal se démarque des autres lieux en occupant la tête des moyennes de fréquence. En revanche, le lieu postalvéolaire présente les plus petites valeurs, pour ce qui est des valeurs retenues entre la fricative et la voyelle longue [a:]. Effectivement, les moyennes pour ces deux lieux sont respectivement de 778 Hz avec un écart-type de 51 Hz et de 383 Hz avec un faible écart-type de 33 Hz. Quant au milieu de la voyelle, les moyennes sont toujours les plus élevées pour le lieu pharyngal avec 764 Hz et un écart-type de 45 Hz. En revanche, la moyenne la moins élevée est de 496 Hz avec un écart-type de 38 Hz pour le lieu labiodental. Pour les valeurs de fréquence relevées au début et au milieu de la voyelle postconsonantique, le lieu pharyngal est suivi du lieu uvulaire, avec une moyenne de 681 Hz et un écart-type de 34 Hz au milieu de la voyelle.

Pour ce qui est de F2, cette fois, c'est le lieu postalvéolaire qui marque les fréquences les plus élevées pour les deux positions initiale et intervocalique. En effet, la moyenne calculée à partir des fréquences relevées entre les fricatives et la voyelle est de 1898 Hz avec un faible écart-type de 40 Hz et celle du milieu de la voyelle est de 1822 Hz avec un écart-type de 39 Hz. Par ailleurs, nous remarquons que les moyennes de fréquences pour les lieux labiodentale, interdentale et alvéolaire sont différentes mais très proches ; et celles des lieux uvulaire, pharyngale et laryngale ont également des valeurs proches entre elles, notamment pour les valeurs relevées au milieu de la voyelle [a:].

Pour le troisième formant F3, les fréquences les plus basses relevées entre les fricatives et la voyelle reviennent aux lieux pharyngal et labiodental, avec respectivement des moyennes de 2698 avec un faible écart-type de 61 Hz et de 2726 Hz avec un écart-type de 51 Hz. En revanche, le lieu postalvéolaire occupe les valeurs de fréquences les plus élevées que ce soit à la jonction des fricatives et la voyelle ou au milieu de la voyelle. En effet, il atteint la moyenne de 2894 Hz avec un écart-type de 44 Hz au début de la voyelle [a:].

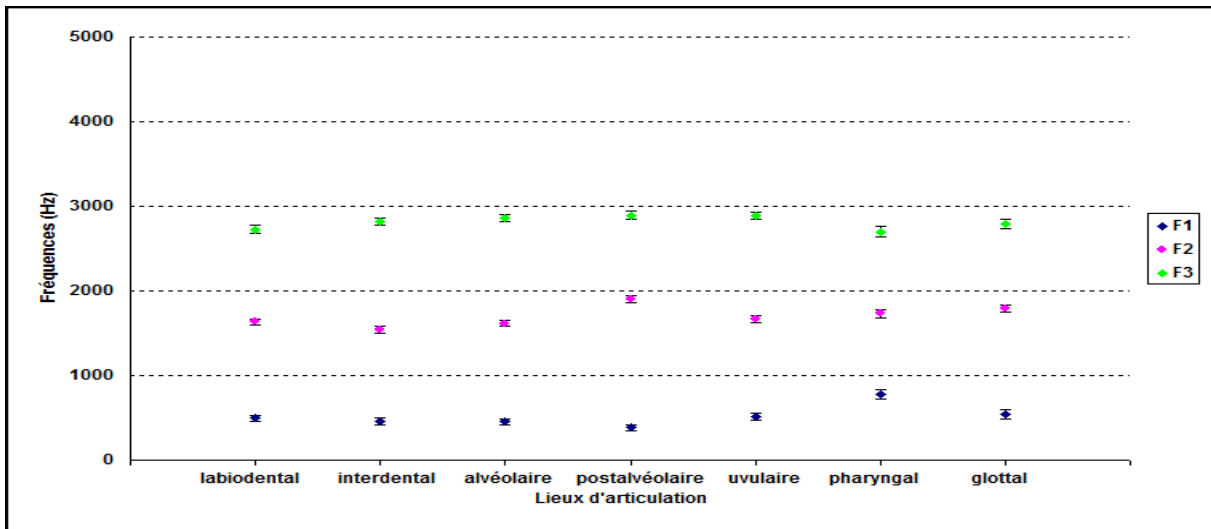


Figure 52 : Moyennes et écarts-types des fréquences des formants F1, F2 et F3 entre F et V
Lieu d'articulation/ Position initiale

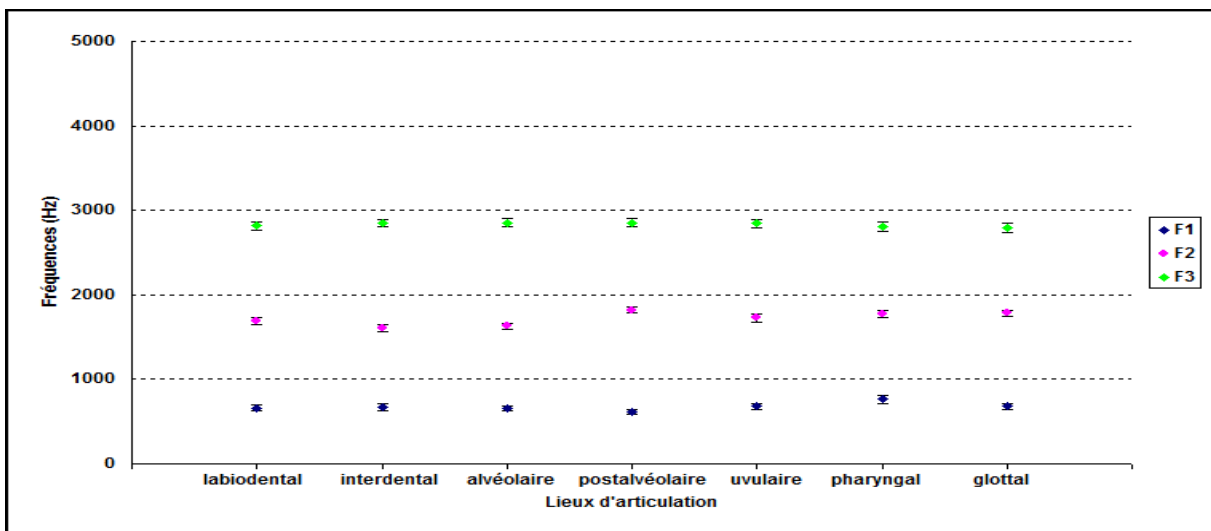


Figure 53 : Moyennes et écarts-types des fréquences des formants F1, F2 et F3 au milieu de V
Lieu d'articulation/ Position initiale

Position intervocalique

Le premier formant F1 en position intervocalique est marqué par des fréquences élevées du lieu pharyngal et puis laryngal et uvulaire que ce soit au début ou au milieu de la voyelle postconsonantique [a]. En effet, les moyennes relevées au milieu de la voyelle sont de 741 Hz pour le lieu pharyngal avec un écart-type peu élevé de 40 Hz, de 656 Hz pour l'uvulaire avec un écart-type de 42 Hz et de 620 Hz pour le laryngal avec un écart-type de 47 Hz. Le lieu postalvéolaire, quant à lui, occupe les plus basses fréquences avec une moyenne relevée au milieu de la voyelle de 513 Hz et un faible écart-type de 26 Hz.

Quant au deuxième formant F2, le lieu postalvéolaire change de rôle en occupant les valeurs les plus élevées. Ainsi, entre les fricatives et la voyelle qui les suit, la moyenne est de 1819 Hz avec un écart-type faible de 42 Hz et au milieu de la voyelle la moyenne est de 1739 Hz avec un écart-type de 46 Hz. Les valeurs de fréquence des autres lieux d'articulation restent proches, avec une légère élévation pour le lieu pharyngal, qui marque 1622 Hz comme moyenne au milieu de la voyelle avec un faible écart-type de 45 Hz.

En ce qui concerne le troisième formant F3, les fréquences du lieu pharyngal et labiodental sont les plus basses. En effet, leurs moyennes relevées, à titre d'exemple, entre les fricatives et la voyelle [a] sont de 2656 Hz avec un faible écart-type de 51 Hz pour le lieu pharyngal et de 2739 Hz avec un écart-type faible de 48 Hz pour le lieu labiodental. En revanche, le lieu postalvéolaire atteint les moyennes les plus élevées de 2904 Hz avec un faible écart-type de 49 Hz, entre la fricative et la voyelle. Cependant, au milieu de la voyelle, la moyenne supérieure de 2854 Hz avec un écart-type faible de 48 Hz revient au lieu interdental. Ce dernier est suivi du lieu alvéolaire dont la moyenne et l'écart-type sont différents, mais proches.

Au sujet du formant F4, les fréquences du lieu postalvéolaire sont les plus basses. En effet, la moyenne relevée entre les fricatives et le milieu de la voyelle [a] est de 3834 Hz avec un écart-type de 50 Hz et au milieu de la voyelle, elle est de 3776 Hz avec un écart-type de 54 Hz. Cependant, les fréquences du lieu alvéolaire sont les plus élevées. Elles atteignent une moyenne supérieure de 4140 Hz avec un écart-type faible de 45 Hz entre la jonction des fricatives et la voyelle [a]. Pour les autres lieux, les valeurs de moyennes se situent entre 3907 Hz et 3981 Hz avec de faibles écarts-types au milieu de la voyelle.

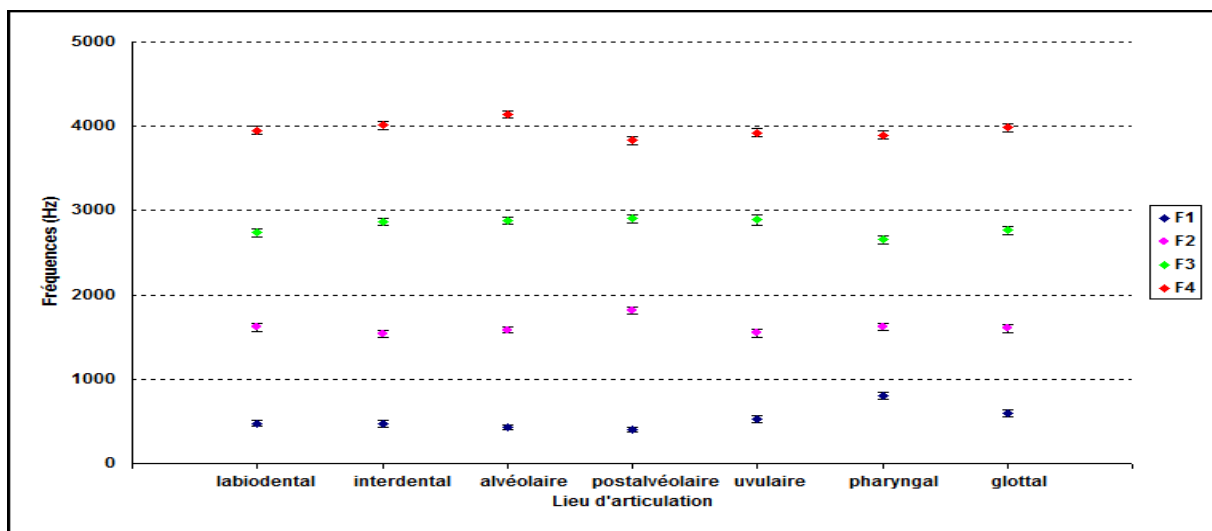


Figure 54 : Moyennes et écarts-types des fréquences des formants F1, F2, F3 et F4 entre F et V
Lieu d'articulation/ Position intervocalique

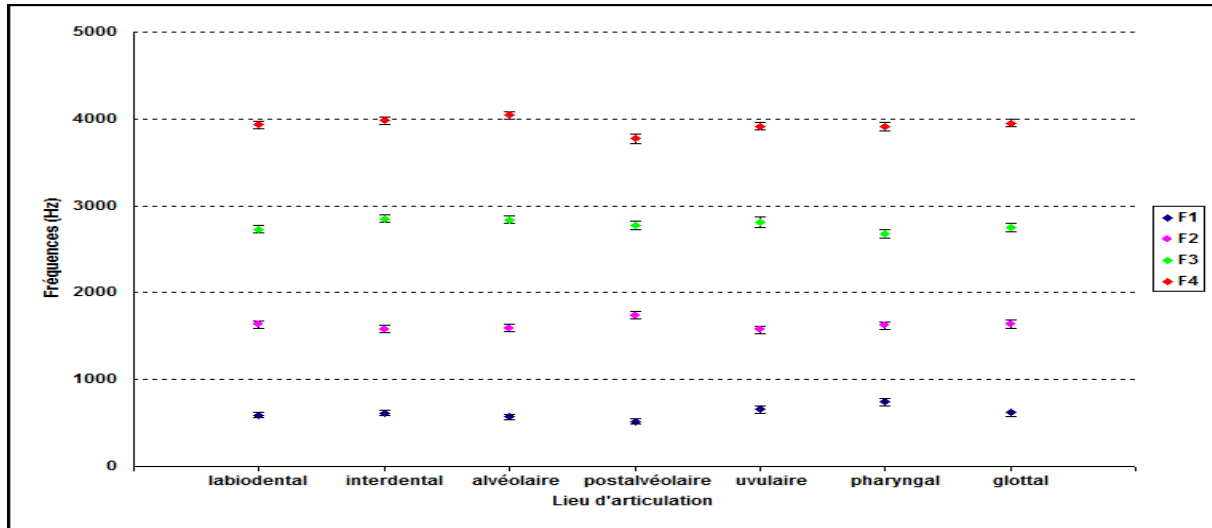


Figure 55 : Moyennes et écarts-types des fréquences des formants F1, F2, F3 et F4 au milieu de V
Lieu d'articulation/ Position intervocalique

Résumé

Le *lieu d'articulation* a un effet statiquement significatif pour les trois premiers formants F1, F2 et F3 en position initiale et pour les quatre premiers formants F1, F2, F3 et F4 en position intervocalique. En effet, nos données ont montré pour les deux positions que pour le formant :

F1 : Le lieu pharyngal occupe les fréquences les plus élevées de tous les lieux, que ce soit pour le début ou le milieu de la voyelle postconsonantique. En revanche, pour les deux positions initiale et intervocalique, le lieu postalvéolaire se place dans les fréquences les plus basses, avec parfois le lieu labiodental.

F2 : Le lieu postalvéolaire occupe les fréquences les plus élevées pour les deux positions initiale et intervocalique ;

F3 : Les fréquences correspondant aux lieux pharyngal et labiodental sont les plus basses. En revanche, le lieu postalvéolaire occupe les valeurs de fréquences les plus élevées, notamment à la jonction des fricatives et de la voyelle suivante.

F4 : Ce formant ne concerne que la position intervocalique, pour laquelle les fréquences du lieu postalvéolaire sont les plus basses.

3.2.2.5 Transitions formantiques

Cet effet s'est révélé significatif pour le premier formant F1 en position initiale et pour les formants F1, F3 et F4 en position intervocalique.

Position initiale

Pour le premier formant F1, les fréquences relevées au milieu de la voyelle sont plus élevées que celles relevées entre la jonction de la fricative et de la voyelle, pour toutes les fricatives à l'exception de la paire pharyngale voisée. En effet pour la pharyngale voisée [ɣ] la moyenne de fréquences au début de la voyelle [a:] est plus élevée qu'à son milieu. Toutes les moyennes relevées pour chacun des six locuteurs appuient ces résultats. De plus, les fréquences de la pharyngale non voisée [ħ] sont peu élevées au début de la voyelle comparativement à son milieu.

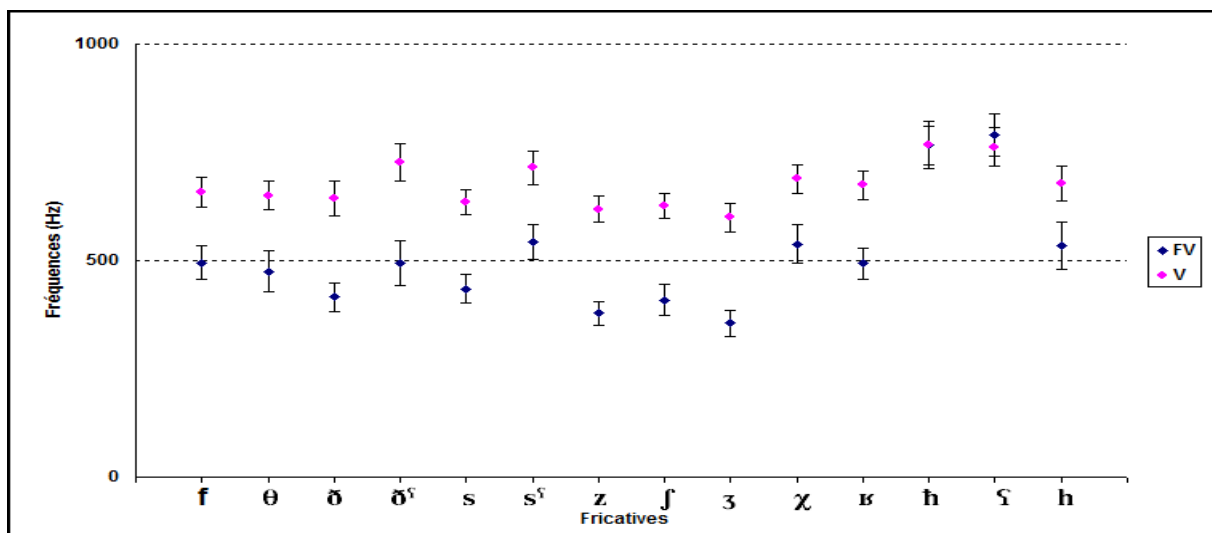


Figure 56 : Moyennes et écarts-types des fréquences des transitions du formant F1
Transitions formantiques/ Position initiale

Position intervocalique

Pour les fréquences du premier formant F1, relevées en position intervocalique, nous observons les mêmes remarques qu'en position initiale. En effet, toutes les fréquences mesurées au milieu de la voyelle [a] sont supérieures à celles mesurées à son début, mis à part la paire pharyngale pour laquelle la moyenne au début de la voyelle est de 770 Hz avec un écart-type de 48 Hz pour la pharyngale non voisée, alors qu'elle est de 709 Hz avec un écart-type de 37 Hz à son milieu. Similairement, pour la pharyngale voisée, la moyenne est de 835 Hz avec un écart-type de 48 Hz au début de la voyelle, mais elle est de 773 Hz avec un écart-type de 42 Hz à son milieu. Notons que ces valeurs sont les plus élevées de toutes les

fricatives. Par ailleurs, nous remarquons que la différence de valeur entre les moyennes obtenues au début et au milieu de la voyelle pour la glottale [h] n'est pas aussi importante que celle obtenue pour les autres fricatives, puisqu'elle ne représente que 19 Hz.

En ce qui concerne les fréquences du formant F3, elles sont supérieures au début de la voyelle, en comparaison avec son milieu, pour toutes les fricatives, excepté l'interdentale non voisée [ð] et la pharyngale voisée [ʕ] pour lesquelles les fréquences sont inférieures au début de la voyelle comparativement à son milieu. En revanche, les valeurs correspondant aux moyennes du début et du milieu de la voyelle sont très proches pour la labiodentale [f], l'interdentale pharyngalisée [ð^s] et la pharyngale non voisée [ħ].

Pour ce qui est du quatrième formant F4, les fréquences relevées entre les fricatives et la voyelle [a] qui les suit sont supérieures à celles obtenues au milieu de cette voyelle, à l'exception de la fricative pharyngale voisée [ʕ] pour laquelle la règle ne s'applique pas. En effet pour [ʕ], la moyenne relevée entre cette fricative et la voyelle [a] est de 3876 Hz avec un faible écart-type de 57 Hz et elle est supérieure au milieu de la voyelle puisqu'elle atteint 3903 Hz avec un écart-type de 39 Hz. Nous remarquons également que pour l'uvulaire non voisée [χ], la différence entre les fréquences du début et du milieu de la voyelle est minime. En effet, cette différence n'est que de 4 Hz puisqu'au début de la voyelle la moyenne est de 3904 Hz avec un faible écart-type de 48 Hz et au milieu elle est de 3900 Hz avec également un faible écart-type de 43 Hz.

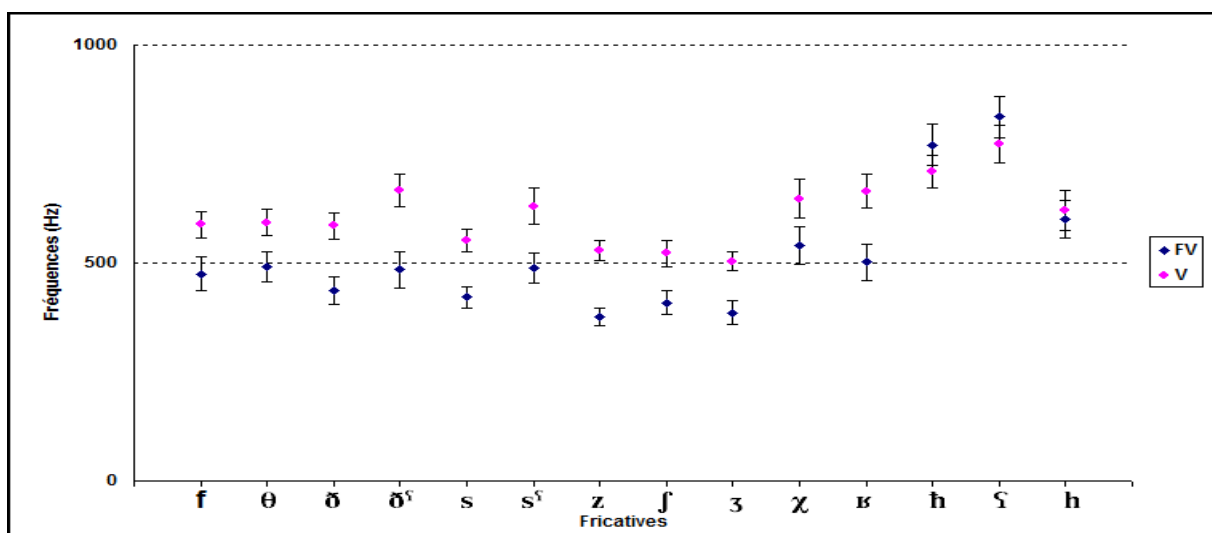


Figure 57 : Moyennes et écarts-types des fréquences des transitions du formant F1
Transitions formantiques/ Position intervocalique

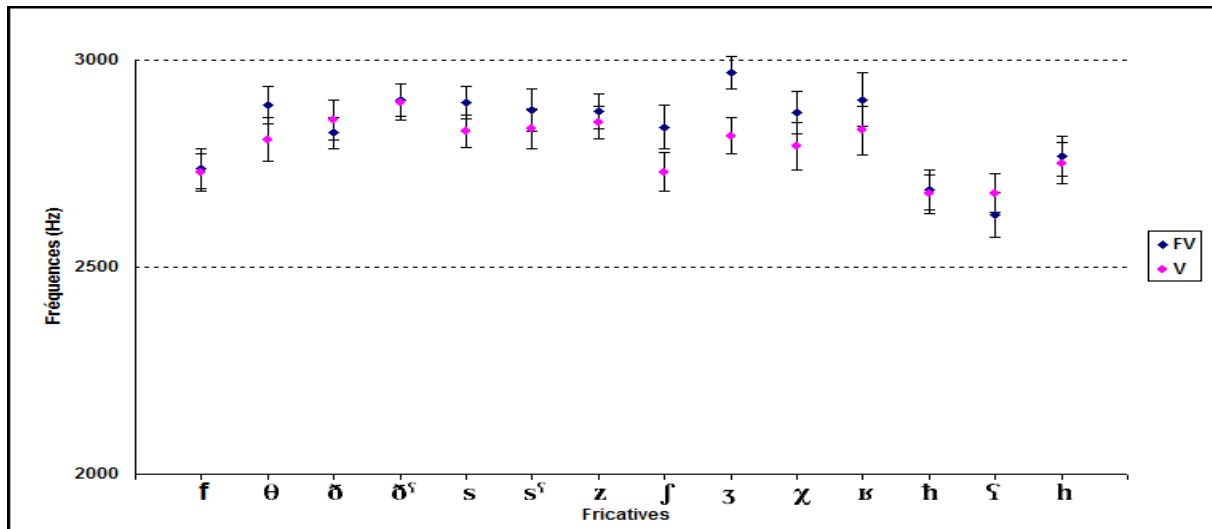


Figure 58 : Moyennes et écarts-types des fréquences des transitions du formant F3
Transitions formantiques/ Position intervocalique

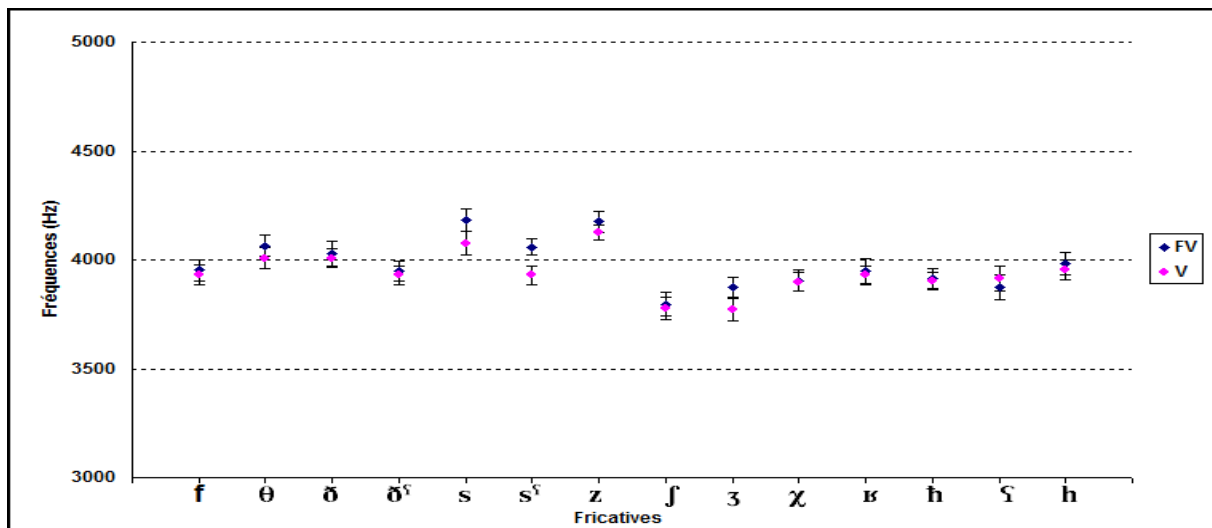


Figure 59 : Moyennes et écarts-types des fréquences des transitions du formant F4
Transitions formantiques/ Position intervocalique

Résumé

Selon les résultats statistiques, les transitions formantiques ont un effet significatif sur les fréquences du premier formant F1, pour la position initiale et sur les fréquences des trois formants F1, F3, et F4 pour la position intervocalique.

Nous pouvons déduire de nos résultats que les transitions formantiques du F1, pour les deux positions initiale et intervocalique, sont montantes pour toutes les fricatives, à l'exception de la paire pharyngale pour laquelle elles sont descendantes. Par ailleurs, les pentes pour ce formant F1 sont généralement plus hautes que celles des formants F3 et F4. Pour les formant F3 et F4, les transitions sont quasiment toutes descendantes, avec une

différence dans le degré de leurs pentes variant d'une fricative à l'autre. Toutefois, elles sont montantes pour l'interdentale non voisée [ð] et la pharyngale voisée [ʕ] pour F3 ; et pour la pharyngale voisée [ʕ] pour F4.

3.2.2.6 Interactions des effets

L'interaction signifie que la combinaison des variables produit un effet significatif qui peut se produire même si l'une des deux ou les deux variables, prises séparément, ne produisent pas d'effet significatif.

Pour notre étude, les analyses (ANOVA) ont révélé que les interactions entre les effets ci-dessous se sont montrées significatives pour les fréquences des quatre premiers formants F1, F2, F3 et F4, pour les 2 positions initiale et intervocalique :

Locuteurs et lieu d'articulation ;

Locuteurs et transitions formantiques ;

L'interaction entre les effets *locuteurs* et *lieu d'articulation* ou *locuteurs* et *transitions formantiques* a été traitée au sein de ces trois variables séparément, puisque nous avons d'ores et déjà constaté que les locuteurs suivaient quasiment le même parcours, mais bien sûr, avec des variations intra- et inter-individuelles.

Locuteurs, lieu d'articulation et transitions formantiques ;

Cette interaction est traitée pour sa majeure partie dans les variables *lieu d'articulation* et *transitions formantiques* qui suivent le même cheminement.

Quant à l'interaction entre le *sexe* et le *lieu d'articulation*, elle ne s'est montrée significative que pour F1 et F3, en initiale et que pour F3 en position intervocalique.

L'interaction entre le *sexe* et le *lieu d'articulation* est incluse dans celle du *sexe* pour chaque fricative, puisque lorsque l'on traite les fricatives, on parle assurément de leur lieu d'articulation.

L'interaction entre *locuteurs* et *voisement* ne s'est révélée significative que pour F3 et F4 en initiale.

Le but de notre étude n'est pas de traiter l'effet du *voisement* pour chacun des locuteurs séparément, car il ne s'agit pas là d'une étude de pathologie où l'examen du cas par cas est important. Il est vrai que dans le cadre thérapeutique on s'intéresse à la réalisation particulière d'une personne pour l'amener à surmonter son trouble. Ici, nous sommes, dans une perspective générale où l'on veut savoir comment les fricatives sont réalisées dans cette

langue, c'est pourquoi nous nous limitons dans cette interaction à suivre le modèle, déjà vu, de l'effet du voisement pour tous les locuteurs confondus.

Lieu d'articulation et *voisement* ne s'est montrée significative que pour F1 et F3, en intervocalique.

Dans l'étude du voisement, pour chacune des fricatives, nous avons également vu le comportement de cet effet comparativement aux différents lieux d'articulation auxquels ces fricatives appartiennent. Ainsi, nous vous renvoyons à l'étude de cet effet pour cette interaction.

▪ **Interaction lieux d'articulation/ transitions formantiques**

En ce qui concerne l'interaction entre le *lieu d'articulation* et les *transitions formantiques*, elle ne s'est montrée significative que pour les trois premiers formants F1, F2, F3 en initiale et pour les quatre premiers formants en intervocalique.

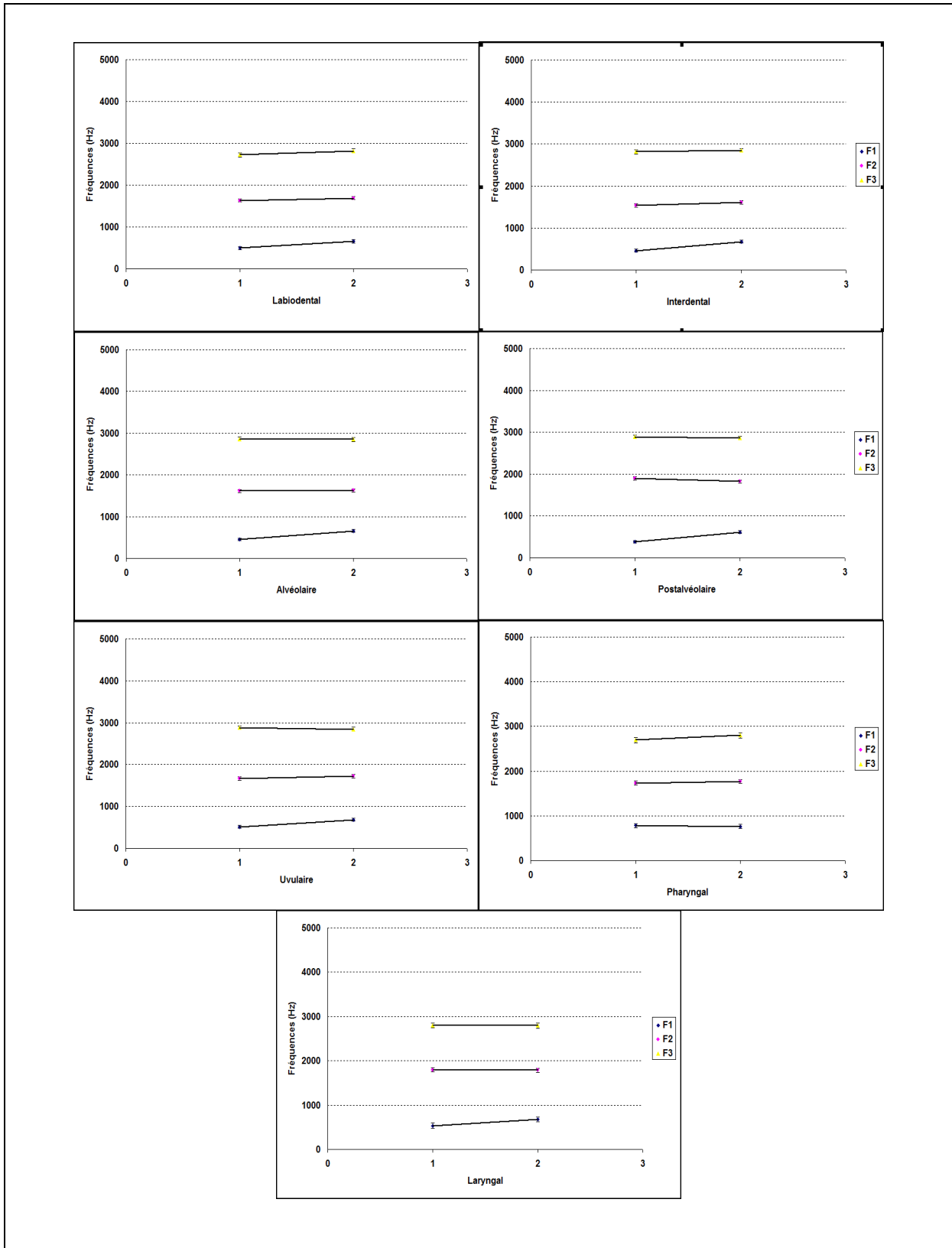
Nous traiterons ci-dessous cette interaction, car les résultats statistiques révèlent plus de formants à traiter pour l'interaction que pour chaque effet étudié séparément. En effet, pour chaque lieu d'articulation nous avons élaboré des graphiques pour la position initiale et intervocalique afin de voir de plus près comment les transitions formantiques réagissent.

Position initiale

Pour cette position, les transitions du premier formant F1, nous remarquons que pour tous les lieux d'articulation les transitions sont montantes à l'exception du lieu pharyngal pour lequel elle est descendante.

Pour les *transitions* du deuxième formant F2, nous remarquons que les pentes sont montantes, hormis le lieu postalvéolaire et laryngal pour lesquels les pentes sont descendantes.

Pour le formant F3, les *transitions* sont descendantes pour tous les lieux sauf pour le labiodental, l'interdental et le pharyngal, qui sont montants.



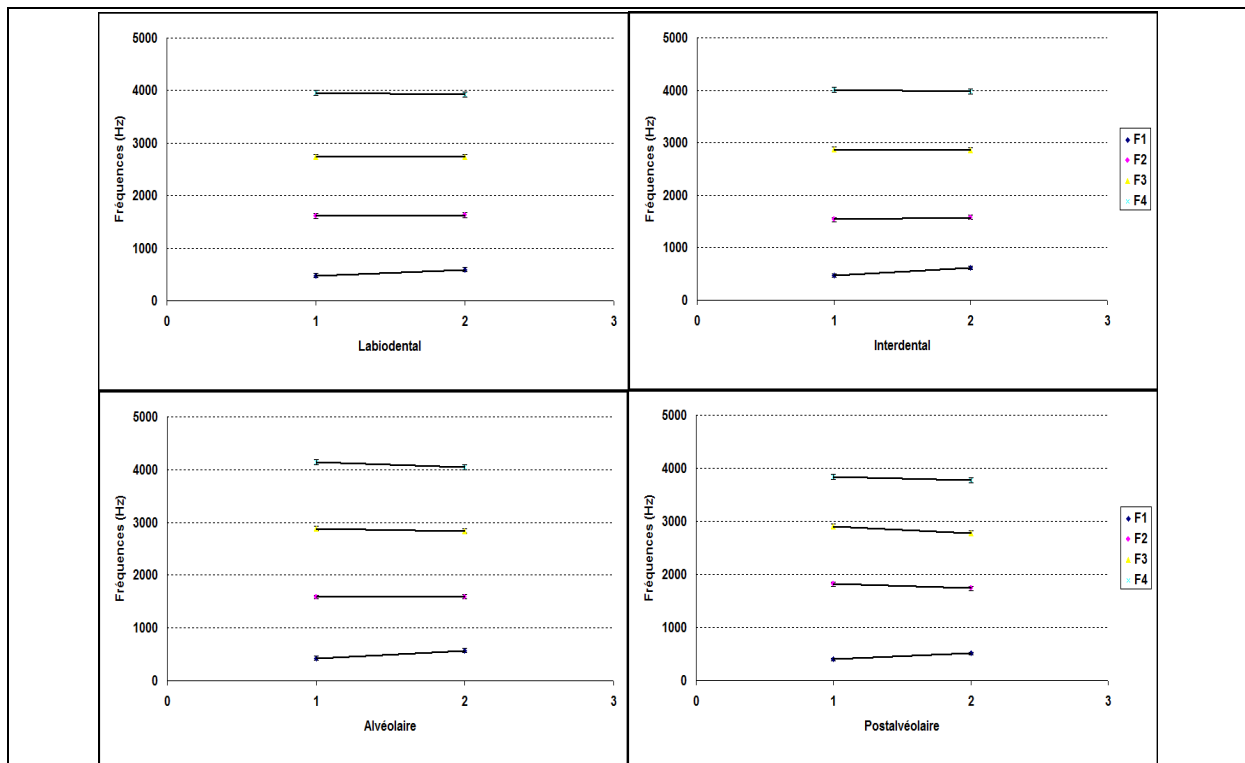
Figures 60 : Moyennes et écarts-types des fréquences des transitions formantiques par rapport aux lieux d'articulation
Position initiale/ Tous locuteurs confondus

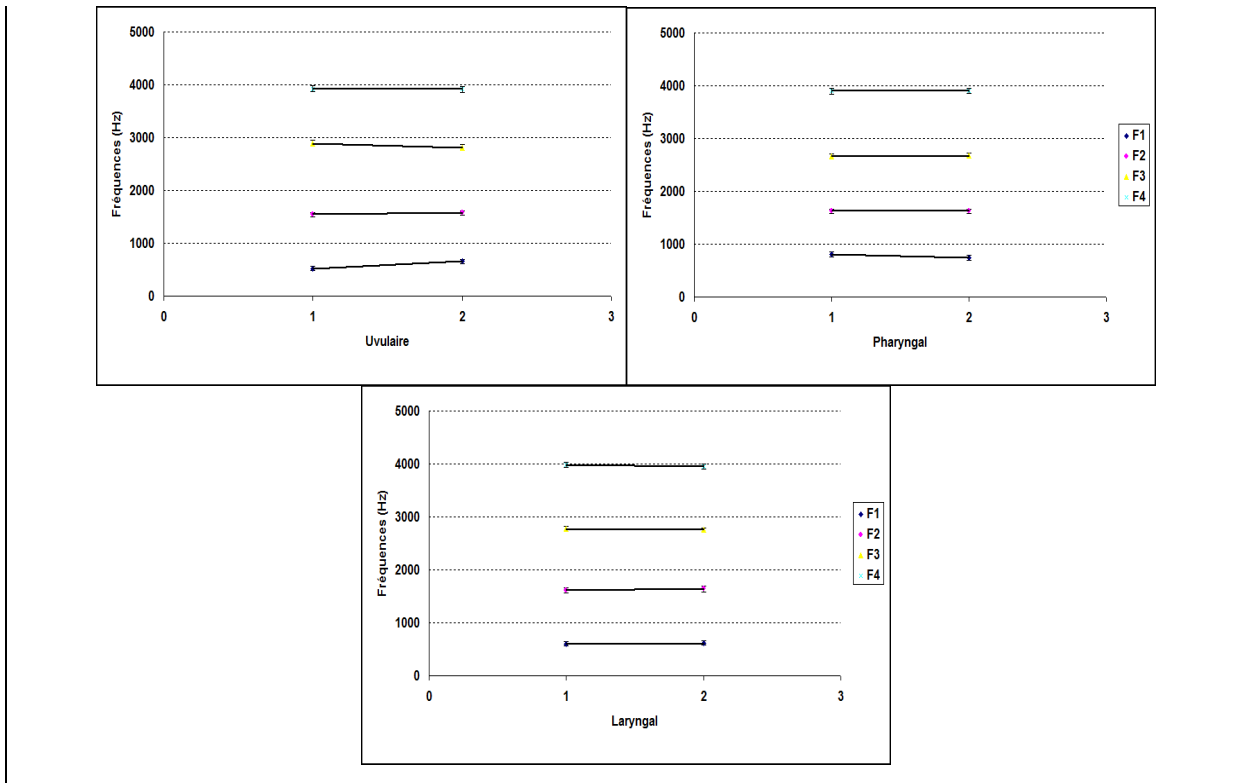
Position intervocalique

Pour la position intervocalique, les transitions formantiques pour le premier formant F1 sont montants pour tous les lieux, excepté le lieu pharyngal où ils sont descendants.

Pour le deuxième formant F2, tous les transitions sont montants, hormis le lieu postalvéolaire pour lequel il est descendant.

Pour les fréquences du troisième et quatrième formant F3 et F4, tous les transitions formantiques sont descendants, sauf ceux du lieu pharyngal, qui sont montants.





**Figures 61 : Moyennes et écarts-types des fréquences des transitions formantiques par rapport aux lieux d’articulation
Position intervocalique/ Tous locuteurs confondus**

Résumé

Le tableau 26 résume les résultats de l’interaction lieux d’articulation et transitions formantiques pour les deux positions initiale et intervocalique. Les flèches ascendantes ou descendantes indiquent le sens des transitions.

**Tableau 26 : Interaction lieux d’articulation/ transitions formantiques
Position initiale et intervocalique**

Transitions formantiques Lieu d’articulation	Position initiale			Position intervocalique			
	F1	F2	F3	F1	F2	F3	F4
Labiodental	↗	↗	↗	↗	↗	↘	↘
Interdental	↗	↗	↗	↗	↗	↘	↘
Alvéolaire	↗	↗	↘	↗	↗	↘	↘
Postalvéolaire	↗	↘	↘	↗	↘	↘	↘
Vélaire	↗	↗	↘	↗	↗	↘	↘
Pharyngal	↘	↗	↗	↘	↗	↗	↗
Laryngal	↗	↘	↘	↗	↗	↘	↘

3.2.3 Distribution de la voyelle [a] brève ou [a :] longue, suivant les fricatives, dans les espaces (F1/F2) et (F3/F4).

Nous avons estimé judicieux de voir la distribution de la voyelle qui suit les fricatives, dans un espace (F2 en abscisse et F1 en ordonnée) et (F3 en abscisse et F4 en ordonnée), afin de voir les indices qui ressortent de la relation entre ces paires de formants, pour ce qui est des résultats de tous les locuteurs confondus.

Pour la dispersion F1/F2, le champ est plus dispersé lorsqu'il s'agit de mesures effectuées entre la fricative et la voyelle, et ce, pour les deux positions. En revanche, celui-ci est plus regroupé lorsque les mesures sont faites au centre de la voyelle. Cela pourrait être dû à l'influence de l'articulation de la consonne, considérée plus faible à distance de la voyelle.

Par ailleurs, notre perception est orientée en premier lieu vers les fricatives pharyngales et pharyngalisées, puisque dans le champ de dispersion où les valeurs moyennes sont extrêmes, celles-ci s'écartent nettement des autres fricatives dans toutes les positions et tous les points de mesure. En effet, les pharyngales [h] et [ʕ] sont biaisées à cause du F1 élevé, quoiqu'en position intervocalique, notamment au milieu de la voyelle, l'écart soit moins prononcé. Delattre (1963) révèle qu'au niveau de la perception du lieu d'articulation, les transitions du premier formant servent à distinguer les consonnes pharyngales des consonnes buccales. Quant aux pharyngalisées, interdentale [ð^ʕ] et alvéolaire [s^ʕ], elles s'éloignent du groupe de fricatives, en raison du F2 bas et F1 légèrement élevé, (Yeou, 1996). Ces dernières diffèrent des pharyngales [h] et [ʕ] en raison du F1 et F2 plus bas.

Par ailleurs, nous remarquons que les points relatifs aux fricatives à spectre diffus [f], [θ], [ð] restent très proches dans leur zone de dispersion, notamment pour les valeurs relevées au centre de la voyelle. Quant aux points correspondant aux fricatives sibilantes [s], [z], [ʃ], [ʒ] sur le graphique, ils se regroupent avec un F1 bas et un F2 élevé. De plus, pour la postalvéolaire voisée [ʒ], le F1 est le plus bas et le F2 est parmi les plus élevés ; sa correspondante non voisée [ʃ] a un F2 élevé. Par ailleurs, la laryngale [h] et les uvulaires [χ] et [ʁ] sont proches entre elles, mais elles s'éloignent nettement des postalvéolaires et alvéolaires pour F1 et F2. Cette opposition entre les formants de la voyelle pourrait être influencée par la prédominance de la partie haute ou basse de la zone du bruit de la fricative qui la précède.

Ainsi, hormis les pharyngales et les pharyngalisées, nous proposons de classer les fricatives de l'arabe selon leur distribution en trois groupes : les fricatives antérieures ([f], [θ], [ð]), les postérieures ([χ], [ʁ], [h]) et les fricatives intermédiaires ([s], [z], [ʃ], [ʒ]), Strevens (1960) et Heinz et Stevens (1961) pour les antérieures et celles du milieu.

Pour la corrélation F3/ F4, les graphiques correspondant (F3 en abscisse et F4 en ordonnée) étaient moins révélateurs (*cf. Annexes, figures 99, 100, 101, 102*). En effet, nous remarquons que la dispersion relative aux formants de la voyelle à proximité des fricatives est plus étroite en position initiale que celle en position intervocalique. De plus, les points sur le graphique se regroupent davantage lorsqu'il s'agit de mesures effectuées au milieu de la voyelle. Par ailleurs, les résultats pour tous les locuteurs confondus montrent que les valeurs de F3 les plus basses reviennent aux pharyngales qui sont nettement différentes des postalvéolaires et des uvulaires. Pour F4, les valeurs les plus élevées reviennent souvent à l'alvéolaire voisée [z], qui se sépare distinctement de [ʃ]. Quant aux pharyngales, elles sont proches de la labiodentale non voisée en position initiale et en intervocalique les alvéolaires se distinguent des postalvéolaires au niveau du F4. En ce qui concerne la laryngale, elle garde approximativement la même position pour les deux positions et toutes les mesures. Pour ce qui est des interdentes, la non voisée se distingue de la voisée au niveau de F3 de la voyelle suivante.

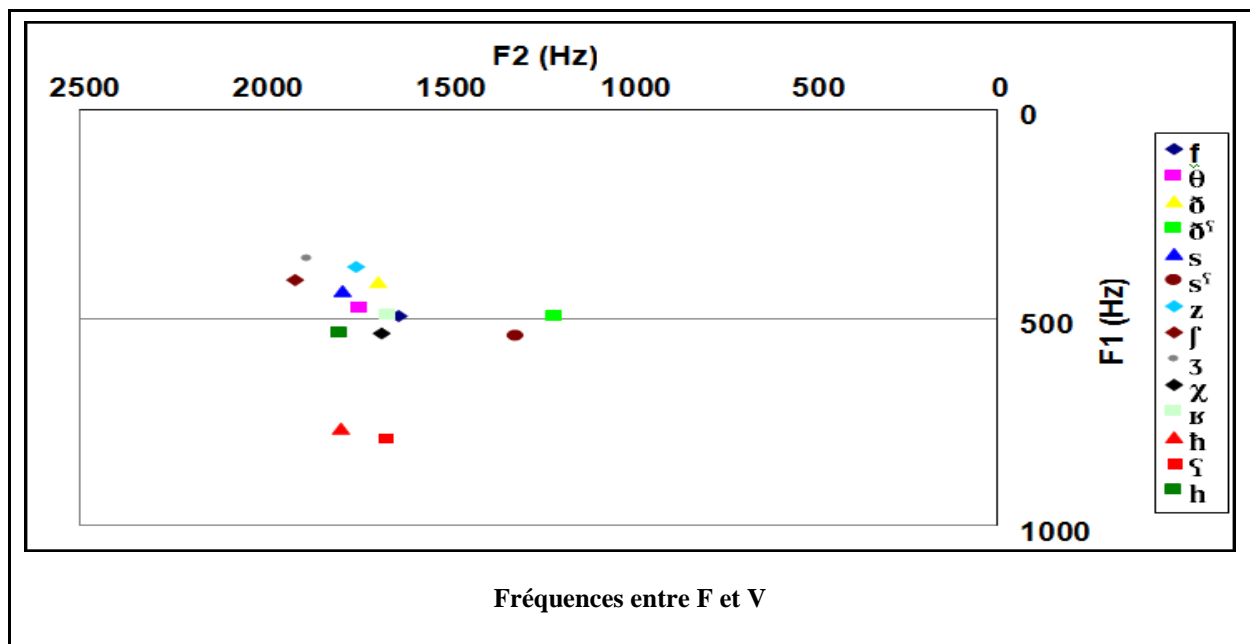


Tableau 27 : Différence des fréquences moyennes entre les formants F2 et F1

	Position initiale				Position intervocalique			
	entre F et V		au centre de V		entre F et V		au centre de V	
	F2-F1	Ecart-type	F2-F1	Ecart-type	F2-F1	E-type	F2-F1	E-type
f	1137	39	1033	36	1141	43	1044	36
θ	1264	41	1108	36	1230	36	1118	34
ð	1271	37	1151	40	1206	34	1114	35
ð^s	709	48	555	43	764	42	663	40
s	1347	32	1162	33	1307	33	1175	32
s^s	769	38	584	36	858	39	716	45
z	1366	31	1169	34	1305	28	1178	32
ʃ	1506	37	1196	33	1399	35	1209	38
ʒ	1526	36	1222	37	1445	34	1245	33
ʒ	1139	43	1045	40	1044	41	948	44
ʀ	1165	41	1043	40	1005	45	888	40
h	1024	47	1026	42	888	46	924	38
ɣ	881	49	983	47	750	46	837	46
h	1259	50	1108	38	1005	45	1017	46

Légende

	Différence faible (< 1000 Hz)
	Différence intermédiaire (entre 1000 Hz et 1300 Hz)
	Différence importante (> 1300Hz)

3.3 Discussion

Nous procédons à la discussion de cette étude par l'examen des fréquences des quatre premiers formants de la voyelle suivant chacune des fricatives de l'arabe, pour les effets suivants : *Locuteurs, sexe, voisement, lieu d'articulation, transitions formantiques et l'interaction entre le lieu d'articulation et les transitions formantiques*. De manière générale, nous mettrons en ordre les faits qui nous ont permis de parvenir à cette synthèse. Toutefois, nous tenons à préciser que lorsque les résultats qui concernent ces variables sont incohérents, nous estimons qu'ils peuvent être sans profit pour essayer de caractériser les spectres acoustiques des fricatives. Par ailleurs, nous tenons à signaler que nos résultats sont en rapport avec l'inventaire vocalique restreint [a] bref et [a:] long. Ainsi, si certaines fricatives se différencient du reste soit par F1, soit par F2, cela risquerait d'interférer avec à la fois les traits d'aperture, d'antériorité ou de labialité si le système vocalique serait plus riche.

1. L'effet des locuteurs

Les résultats de statistiques (ANOVA) ont mis en exergue le fait que les valeurs correspondant aux fréquences des quatre premiers formants F1, F2, F3 et F4, relevées entre chaque fricative et la voyelle qui la suit, mais également au centre de cette voyelle, sont statistiquement significatives pour la variable *locuteurs*.

Pour tous les locuteurs, les valeurs de fréquences de F1 sont légèrement plus élevées pour les pharyngalisées que leurs homologues non pharyngalisées. En revanche, les fréquences de F2 sont moins élevées pour les pharyngalisées que les non pharyngalisées pour les deux positions initiale et intervocalique. Ainsi, acoustiquement, le trait qui caractérise les consonnes pharyngalisées est leur effet de coarticulation sur les segments adjacents, il se traduit par une importante baisse de F2 et une légère élévation de F1, comme observé également par Yeou (1996).

Par ailleurs, les valeurs de fréquences du premier formant F1 les plus élevées pour chacun des six locuteurs reviennent à l'interdentale et l'alvéolaire pharyngalisées [ð^ɣ] et [s^ɣ], suivies des pharyngales non voisée [h] et voisée [ʕ]. Quant aux valeurs les plus basses, elles se partagent entre les fricatives postalvéolaires [ʃ] et [ʒ] et alvéolaires [s] et [z]. Nous remarquons également que pour le F1, la valeur entre la fricative et la voyelle qui suit est plus faible pour les uvulaires [χ] et [ʁ] que les pharyngales [h] et [ʕ], pour les deux positions, ce qui est en concordance avec les observations d'El-Halees (1985) et May (1981).

Pour les fréquences de F2, les valeurs les plus élevées reviennent aux postalvéolaires non voisée et voisée pour la quasi-totalité des locuteurs. En revanche, les valeurs les plus basses sont celles des pharyngalisées [ð^s], [s^s]. En ce qui concerne le formant F3, les valeurs moyennes de tous les locuteurs confondus indiquent que les fricatives pharyngales non voisée et voisée occupent les fréquences les plus basses. Quant au F4, les résultats pour tous les locuteurs confondus montrent globalement que les valeurs les plus élevées reviennent à l'alvéolaire voisée [z]. Quant à la fréquence la plus faible, elle varie d'une position à l'autre. En effet, en position initiale, les fréquences du quatrième formant F4 atteignent des moyennes supérieures pour la labiodentale non voisée [f], l'alvéolaire voisée [z], et la glottale non voisée [h] avec des écart-types peu élevés. Pour la position intervocalique, les résultats pour chaque locuteur montrent que les valeurs les plus élevées reviennent globalement à l'alvéolaire voisée [z].

Dans une étude des fricatives pharyngalisées de l'arabe parlé au Caire, Norlin (1983) a trouvé que les alvéolaires [s], [s^s] et les interdentes [ð], [ð^s] sont caractérisées par d'importants pics dans les fréquences élevées et que les pic des pharyngalisées sont plus étendus que les non pharyngalisées. En effet, dans notre étude, nous avons remarqué qu'en position intervocalique, les fréquences de F4 sont légèrement plus basses pour les pharyngalisées que pour les non pharyngalisées, pour chacun des locuteurs, mais également pour tous les locuteurs confondus. Néanmoins, les résultats (ANOVA) ne sont pas significatifs, ils indiquent (p=ns) pour cette variable. Ainsi, aucune affirmation générale ne peut être énoncée.

Même si les écart-types restent faibles presque tout au long de l'étude des formants, il est à noter que les valeurs des fréquences obtenues pour le même locuteur sont variables pour les positions initiale et intervocalique, notamment pour la locutrice Seloua où la variabilité intra-individuelle est la plus prononcée. Du fait que le même constat est observé également d'un locuteur à l'autre, nous suggérons qu'il existerait une variabilité intra- et inter-individuelle pour la production des fricatives de l'arabe standard. Cette variation peut être attribuée à la différence de morphologie du conduit vocal, dont principalement la longueur (un conduit vocal féminin est en moyenne 15% plus court qu'un conduit masculin typique), à la coarticulation, c'est-à-dire l'influence qu'exerce un son sur son entourage, mais également aux latitudes variables de réalisation au plan linguistique (*in* Calliope, 1989).

2. L'effet du sexe du locuteur

Les résultats statistiques ont révélé que les fréquences des formants sont significativement plus élevées pour les femmes que les hommes pour les formants F1, F3 et F4 en position initiale et pour F3 et F4 en position intervocalique.

La légère élévation dans les fréquences de F1 des pharyngalisées [ð^ɣ] et [s^ɣ] par opposition à leurs correspondantes non pharyngalisées [ð] et [s] est observée pour les locuteurs masculins, mais également féminins en position initiale et intervocalique. En parallèle, une importante élévation des fréquences du premier formant pour la paire pharyngale non voisée [h] et voisée [ɣ] par opposition aux autres fricatives, est observée pour les deux sexes en position initiale. De plus, pour cette paire, la différence de sexe est bien prononcée.

Pour le troisième formant F3, nous observons une certaine régularité dans les différences de sexe en position initiale, notamment au milieu de la voyelle [a], et ce pour toutes les fricatives hormis l'alvéolaire voisée [z] et la postalvéolaire voisée [ʒ]. En effet, la différence de fréquence de F3 entre les hommes et les femmes est moins importante pour ces deux fricatives en position initiale, mais également pour la voisée [ʒ] en position intervocalique. En revanche, les moyennes de fréquence des fricatives pharyngales pour le formant F3 relevées au début et au milieu de la voyelle [a] sont parmi les plus basses pour les deux sexes, mais elles sont beaucoup plus basses pour les hommes.

Pour les fréquences du quatrième formant F4, nous remarquons qu'en position initiale les fréquences de l'alvéolaire non voisée [s] et voisée [z] sont les plus élevées chez les femmes. En revanche, nous constatons chez les hommes une élévation des fréquences pour la labiodentale non voisée [f] et la glottale [h] par rapport aux autres fricatives. De plus, la différence de fréquence entre les femmes et les hommes est considérablement moins élevée pour la labiodentale non voisée [f] en position initiale. Quant à la position intervocalique, les fréquences les plus élevées du formant F4 reviennent aux alvéolaires non voisée et voisée [s] et [z] pour les deux sexes féminin et masculin. Toutefois, les valeurs les plus basses relevées au début ou au milieu de la voyelle [a], pour les deux sexes reviennent aux postalvéolaires non voisée [ʃ] et voisée [ʒ]. Par ailleurs, les fréquences de F4 pour les fricatives pharyngalisées [ð^ɣ] et [s^ɣ] sont plus basses que celles des non pharyngalisées [ð] et [s] chez les deux sexes en position intervocalique, alors qu'en position initiale elles ne le sont que chez les femmes.

Pour conclure, nous avons remarqué, d'une part, que les fréquences de F1, en position initiale sont proches du seuil alpha ($p < 0.05$). En effet, les analyses statistiques ANOVA à

mesures répétées ont donné les résultats suivants : le premier formant F1 (2) *Sexe* [F(5,1)=7.95, p<0.0479]. D'autre part, l'effet sexe pour ce formant F1 n'est pas significatif pour la position intervocalique. En conséquence, il nous semble que le F1 n'est pas assez robuste pour être un indice discriminatif pour la distinction entre les hommes et les femmes pour toute l'étude. Nous nous limiterons donc à dire que pour les deux positions initiale et intervocalique, le *sexe* a un effet statistiquement significatif pour les fréquences des deux formants F3 et F4. Ces variations sont dues aux tailles des résonateurs qui sont naturellement plus larges pour les hommes. Dans cette même optique, Pentz et al. (1979), dans leurs recherches sur les propriétés acoustiques des fricatives de l'anglais, ont attribué la majeure partie des différences au fait que les hommes adultes ont le plus long conduit vocal mais de résonance de basse fréquence, tandis que les enfants ont un conduit vocal court et des résonances élevées et les femmes adultes se situent entre les deux. Ainsi, la longueur du conduit vocal du point de constriction aux lèvres est liée inversement à la fréquence du pic dans le spectre Hughes et Halle (1956).

3. L'effet du voisement des fricatives

Pour les paires de fricatives interdentale ([θ], [ð]), alvéolaire ([s], [z]), postalvéolaire ([ʃ], [ʒ]), uvulaire ([χ], [ʁ]) et pharyngale ([h], [ʕ]), l'effet du *voisement* est statistiquement significatif pour les deux premiers formants F1 et F2 en position initiale, mais il ne l'est pour aucun formant pour la position intervocalique.

En effet, pour la position initiale les fréquences des fricatives non voisées sont, dans la plupart des cas, plus élevées que celles de leurs homologues voisées. Pour le premier formant F1, les fréquences des fricatives non voisées sont plus élevées que celles des voisées. Néanmoins, pour la paire pharyngale, la fricative voisée [ʕ] dépasse de peu sa correspondante non voisée [h]. Par ailleurs, la différence entre les valeurs moyennes de fréquences entre les non voisées et les voisées est très faible au milieu de la voyelle postconsonantique, notamment pour la paire interdentale et pharyngale. Nous remarquons également que les pharyngales non voisée et voisée détiennent les moyennes les plus élevées, suivies des uvulaires non voisée et voisée, tandis que la paire postalvéolaire a les moyennes les plus basses, et ce, au début et au milieu de la voyelle [a:].

Pour le deuxième formant F2, les fréquences des fricatives non voisées sont également supérieures à celles des voisées. En revanche, nous remarquons que la différence de fréquence entre les non voisées et les voisées est peu élevée pour les paires postalvéolaires et alvéolaires. De plus, pour la paire postalvéolaire, les moyennes de la non voisée [ʃ] et la

voisée [ʒ] sont identiques, et les valeurs de fréquence de l'interdentale voisée [ð] dépassent celles de la non voisée [θ].

Au début de notre étude, nous avons estimé qu'il pourrait être intéressant de présenter l'effet de voisement pour toutes les fricatives de la langue arabe se caractérisant par certains lieux d'articulation. En effet, May (1981) a trouvé que les fricatives uvulaires et pharyngales non voisées ont des fréquences de F2 et F3 plus élevées que les voisées dans les séquences VFV pour l'arabe égyptien. Toutefois, nos données statistiques n'ont affiché de résultats significatifs que pour une position (la position initiale). De plus, nos valeurs de voisement pour les formants sont les seuls de toute la thèse qui sont également proches du seuil alpha (0,05) :

Premier formant F1 (3) *Voisement* [F(5,1)=13.27, **p<0.0219**] ;

Deuxième formant F2 (3) *Voisement* [F(5,1)=8.44, **p<0.0439**]

Ainsi, nous suggérons que le voisement a un effet léger sur les formants, ce qui suggère une légère différence articulatoire entre les non voisées et les voisées.

4. L'effet du lieu d'articulation

Les résultats (ANOVA) ont révélé que le *lieu d'articulation* a un effet significatif pour les trois premiers formants F1, F2 et F3 en position initiale et pour les quatre premiers formants F1, F2, F3 et F4 en position intervocalique.

En effet, pour le formant F1 : le lieu pharyngal occupe les fréquences les plus élevées tandis que le lieu postalvéolaire se place dans les fréquences les plus basses avec parfois le lieu labiodental, et ce, pour les deux positions.

F2 : le lieu postalvéolaire change de rôle en occupant les fréquences les plus élevées pour les deux positions initiale et intervocalique ;

F3 : contrairement au F1, les fréquences du lieu pharyngal sont les plus basses. Le lieu labiodental garde, quant à lui, la même position que celle pour F1 en se situant, avec les fréquences les plus basses. En revanche, le lieu postalvéolaire occupe les valeurs de fréquences les plus élevées en suivant la même stratégie suivie pour F2, notamment à la frontière entre la fricative et la voyelle qui suit.

F4 : pour ce formant, les statistiques n'ont révélé le lieu d'articulation significatif que pour la position intervocalique. En effet, les fréquences du lieu postalvéolaire sont les plus basses de tous les lieux, et ce, comme elles l'ont été pour le F1.

En traitant cette variable, nous voulions souligner l'effet du lieu d'articulation et de la dimension de la cavité de résonance. Dans les consonnes, les formants (zones de fréquences

où le bruit est renforcé) dépendent des résonances du conduit vocal en avant de la constriction Fant (1960). Nous remarquons que les lieux pharyngal, postalvéolaire, labiodental et parfois laryngal se démarquent des autres lieux puisqu'ils occupent souvent des valeurs extrêmes, qu'elles soient supérieures ou inférieures. Par ailleurs, nous remarquons que les autres lieux d'articulation divergent dans leurs valeurs de fréquences mais que leurs formants occupent, dans la plupart des cas, des zones intermédiaires sur le spectre. Cela s'appliquerait pour tous les lieux de notre étude hormis les pharyngalisées pour lesquelles nous avons trouvé, *supra*, que nos constats concordent avec la littérature.

5. L'effet des transitions formantiques

Les résultats statistiques (ANOVA) affichent que les *transitions formantiques* ont un effet significatif sur les fréquences du premier formant F1 pour la position initiale ; et les fréquences des formants F1, F3, et F4 pour la position intervocalique.

Nos résultats indiquent que les pentes correspondant aux résultats des *transitions formantiques* de F1 sont montantes, quasiment pour toutes les fricatives en position initiale et intervocalique. Pour la glottale [h] en particulier, Zawaydeh (1997) a constaté le même résultat en arabe jordanien. Néanmoins, la paire pharyngale fait exception puisque ces pentes sont descendantes. En parallèle, les pentes pour le formant F1 sont généralement plus hautes que celles des formants F3 et F4.

Quant aux résultats du formant F3, ils montrent que les transitions sont dans la plupart des cas montants, mais bien sûr, avec des degrés de pente qui diffèrent d'une fricative à l'autre. Cependant, pour l'interdentale voisée [ð] et la pharyngale voisée [ʕ], les pentes sont descendantes.

Pour F4, toutes les *transitions* sont montantes pour les fricatives avec des degrés différentiels, hormis la pharyngale voisée [ʕ] pour laquelle les pentes sont descendantes.

Au premier abord, les transitions formantiques de la fricative pharyngale voisée [ʕ] ont un comportement opposé aux fricatives de notre étude, et ce, pour les fréquences des trois formants, pour les deux positions initiale et intervocalique. Ainsi, nous suggérons que les transitions des formants F1, F3 et F4 servent à distinguer cette fricative.

6. L'effet de l'interaction entre le lieu d'articulation et les transitions formantiques

L'interaction entre les deux effets *lieux d'articulation* et *transitions formantiques* s'est révélée statistiquement significative pour les trois premiers formants en position initiale et les quatre premiers formants en position intervocalique.

Pour F1, tous les lieux suivent le même sens d'transition pour les deux positions, sauf le lieu pharyngal qui a une pente descendante au lieu d'ascendante. D'une part, au niveau de la perception du lieu d'articulation, Delattre (1963) affirme que les transitions du premier formant servent à distinguer les consonnes pharyngales des consonnes buccales, ce qui corrobore nos résultats. D'autre part, il déclare que la fonction des transitions du premier formant est partagée, le premier formant permet de distinguer le lieu aussi bien que le mode d'articulation. En conséquence, nous supposons que cette différence au niveau de F1 pourrait revenir particulièrement aux fréquences de la pharyngale voisée [ʕ]. Ainsi, le [ʕ] pourrait appartenir à un mode différent du mode constrictif, confortant ainsi les résultats d'Al-Ani (1970), qui affirme que le [ʕ] est une occlusive non voisée, la correspondante de la glottale [ʔ]. De plus, dans l'étude de May (1981), le [ʕ] en position intervocalique apparaît comme un glissement continu des formants des voyelles adjacentes, accompagné parfois de friction, mais en position initiale, il paraît dans certains cas comme une fricative non voisée ou une occlusive non voisée. Par ailleurs, certains grammairiens arabes classent cette fricative parmi les sons dits «médiums», à savoir des consonnes qui auraient des caractéristiques à la fois constrictives et occlusives. Toutefois, nous restons prudente vis-à-vis de telles affirmations qui concernent cette consonne. En ce qui concerne le F2, tous les lieux suivent le même sens des pentes ascendantes à l'exception du lieu postalvéolaire et laryngal (en position initiale) qui ont des pentes descendantes. Pour F3, toutes les pentes sont descendantes hormis celles des lieux labiodental, interdental et pharyngal en position initiale et celles du lieu pharyngal en position intervocalique qui sont montantes. Pour F4, seule la pente du lieu pharyngal fait exception. En conséquence, nous suggérons que F1 sert à distinguer le lieu pharyngal ou le mode de la consonne [ʕ] ; le F2 et F3 sont, sans doute, des indices de distinction entre les lieux d'articulation et le F4 qui ne concerne que la position intervocalique distingue le lieu pharyngal des autres lieux. Par ailleurs, nous remarquons parfois que les transitions sont contradictoires entre les différents lieux d'articulation comme c'est le cas pour le lieu postalvéolaire et pharyngal. Nous suggérons donc que les différences fréquentielles des formants de notre étude peuvent servir à distinguer ces deux lieux puisqu'ils n'ont jamais le même sens ou la même direction de pente.

Les transitions formantiques dépendent de l'entourage vocalique, pour cet effet nous voulions comparer les différents lieux d'articulation par rapport aux deux positions. En effet, nous avons remarqué qu'au niveau de F1 tous les lieux ont le même sens de pente pour les deux positions. Pour F2, la laryngale [h] change de sens de pente d'une position à l'autre. Ainsi, elle se distingue des autres lieux, avec une pente descendante au lieu d'ascendante en

position initiale. Pour F3, les lieux labiodental et interdental changent de sens de pente, montantes au lieu de descendantes en position initiale. Quant à F4, qui ne concerne que la position intervocalique, il suit le même scénario que F3 pour la même position.

3.4 Conclusion

Notre étude repose sur des analyses acoustiques. Cette approche acoustique nous a permis d'inférer, autant que possible des renseignements relatifs à l'articulation. Toutefois, nous essaierons d'éviter de systématiquement confondre l'observation acoustique avec ses origines articulatoires présumées, étant donnée la relation non-linéaire entre le niveau articulatoire et le niveau acoustique (Stevens, 1972, 1989).

1. Les locuteurs

Les locuteurs présentent un effet statistiquement significatif sur les fréquences des 4 premiers formants pour les positions initiale et intervocalique puisqu'il existe une variation intra- et inter-individuelle dans les données. Grâce à cette dernière, nous avons pu savoir quels sont les indices phonétiques qui sont d'ordre général et quels sont ceux qui ne semblent pas très pertinents du point de vue phonétique, parce qu'ils varient en fonction des locuteurs. Le locuteur semble s'adapter aux contextes, en déployant ses propres stratégies (Lindblom, 1987).

2. Le sexe des locuteurs

Pour les deux positions initiale et intervocalique, nous nous sommes restreinte à dire que le *sexe* a un effet statistiquement significatif uniquement pour les fréquences des deux formants F3 et F4, en excluant ainsi, F1 qui ne concerne que la position initiale. De manière générale, les fréquences formantiques de F3 et F4 des femmes sont plus élevées que celles des hommes. En effet, la différence de fréquence de F3 entre les hommes et les femmes est assez régulière pour quasiment toutes les fricatives, à l'exception de l'alvéolaire voisée [z] en position initiale et de la postalvéolaire voisée [ʒ] en position initiale et intervocalique, pour lesquelles, elle est moins importante. En ce qui concerne le formant F3, nos données révèlent une différence entre les deux sexes, la moins prononcée pour l'alvéolaire et la postalvéolaire voisées respectivement [z] et [ʒ]. Pour le F4, la différence de sexe la plus prononcée est celle de la paire alvéolaire et la moins prononcée est celle de la labiodentale [f] et de la glottale [h].

3. Le trait phonologique du voisement des fricatives

Cet effet ne concerne que les paires de fricatives interdentale, alvéolaire, postalvéolaire, uvulaire et pharyngale. En effet, les analyses de variance ont révélé que cet effet est statistiquement significatif pour ces paires de fricatives, mais uniquement pour les deux premiers formants F1 et F2 en position initiale. Nos résultats ont montré que pour F1, la différence moyenne entre les fréquences des non voisées et des voisées est très faible au centre de la voyelle, notamment pour la paire interdentale et pharyngale. En revanche, pour F2, la différence entre les non voisées et les voisées est peu élevée pour les paires postalvéolaires et alvéolaires et elle est minime, voire nulle, pour la paire postalvéolaire. De plus, les valeurs de fréquence de l'interdentale voisée [ð] dépassent, contre toute attente, celles de la non voisée [θ]. Par ailleurs, les résultats (ANOVA) ont affiché des valeurs proches d'alpha pour cet effet. Ainsi, nous estimons que nous ne pourrions pas généraliser l'effet significatif du voisement à toute l'étude, car même si l'opposition phonologique de voisement peut avoir une influence sur l'articulation, cet effet reste isolé et limité.

4. Le lieu d'articulation

Cet effet s'est montré statistiquement significatif pour les trois premiers formants F1, F2 et F3 en position initiale et pour les quatre premiers formants F1, F2, F3 et F4 en position intervocalique.

De manière générale, les lieux pharyngal, postalvéolaire, labiodental et parfois glottal se distinguent des autres lieux avec souvent des valeurs de fréquence extrêmes. Les lieux pharyngal et postalvéolaire sont souvent opposés et changent de rôle entre des valeurs supérieures ou inférieures selon le formant. Par ailleurs, nous remarquons que les autres lieux d'articulation hormis les pharyngalisées divergent dans leurs valeurs de fréquences mais que leurs formants occupent, dans la plupart des cas, les mêmes zones intermédiaires sur le spectre. Quant aux pharyngalisées, elles se procurent les valeurs les plus basses de F2 de toute l'étude et elles se distinguent des non pharyngalisées par leur F1 légèrement plus élevés.

5. Les transitions formantiques

Les transitions formantiques obtenus à partir des mesures relevées au début de la voyelle et à son milieu ont révélé un effet statistiquement significatif pour les fréquences du

premier formant F1 pour la position initiale et les fréquences des formants F1, F3, et F4 pour la position intervocalique.

Pour les fréquences de F1, nos données ont affiché des transitions ascendantes quasiment pour toutes les fricatives en position initiale et intervocalique, à l'exception de la paire pharyngale, qui a des pentes descendantes. Quant aux fréquences de F3, les pentes sont montantes, hormis l'interdentale voisée [ð] et la pharyngale voisée [ɣ] pour lesquelles les pentes sont descendantes. Pour F4, toutes les pentes sont montantes, exceptée la pharyngale voisée [ɣ] pour laquelle les pentes sont descendantes. Nous remarquons bien que la pharyngale voisée [ɣ] se démarque des autres fricatives quant à la différence entre le début et faire la distinction entre les fricatives le milieu de ses formants. Par ailleurs, les différences de fréquences de F1 sont un bon indice discriminatif pour la distinction entre les fricatives, que ce soit pour la position initiale ou intervocalique. Ainsi, l'transition formantique appuie les résultats déjà obtenus pour faire la distinction entre les fricatives.

6. L'interaction entre le lieu d'articulation et les transitions formantiques

La corrélation entre les différences formantiques et les lieux d'articulation s'est montrée statistiquement significative pour les formants F1, F2 et F3 en position initiale et pour F1, F2, F3 et F4 en position intervocalique.

Nos résultats pour tous les locuteurs confondus ont montré que le premier formant F1 a servi à distinguer le lieu pharyngal des autres lieux, avec une pente descendante, et ce, pour les 2 positions initiale et intervocalique. Quant au deuxième formant F2, il a permis de différencier le lieu postalvéolaire et laryngal, avec des pentes descendantes en position initiale. Le troisième formant F3 a montré que toutes les pentes sont descendantes, hormis celles des lieux labiodental, interdental et pharyngal en position initiale et celles du lieu pharyngal en position intervocalique qui sont montantes. Pour le quatrième formant F4, seul le lieu pharyngal a été différencié des autres lieux, avec une pente montante.

Pour résumer :

Nous présentons ici un récapitulatif de notre étude, relatif aux résultats des fréquences de formants **associant** les deux positions initiale et intervocalique, pour ce qui est des indices phonétiques discriminatifs dans les séquences d'ordre CV :

- Les 4 premiers formants F1, F2, F3 et F4 représentent des indices discriminants pour les *locuteurs* puisqu'il existe une variabilité inter- et intra-individuelle ;
- Les deux formants F3 et F4 représentent des indices discriminatifs pour la distinction du *sexe* du locuteur. En effet, les fréquences relatives aux femmes sont plus élevées que celles des hommes ;
- Il n'existe aucun formant associant les deux positions initiale et intervocalique qui pourrait être considéré comme un indice discriminatif lié au *voisement* des fricatives ;
- Les trois premiers formants F1, F2 et F3 sont des indices discriminatifs du *lieu d'articulation* des fricatives de notre étude, car leurs fréquences varient d'un lieu à l'autre ;
- Le premier formant F1 représente un indice discriminatif en ce qui concerne les *transitions formantiques*. En effet, les transitions pour toutes les fricatives sont ascendantes à des degrés différentiels, excepté la pharyngale non voisée [ħ] et la voisée [ʕ] pour lesquelles ils sont descendantes ;
- Les trois premiers formants F1, F2 et F3 représentent des indices discriminatifs pour l'interaction entre le *lieu d'articulation* et les *transitions formantiques*, car le sens directionnel des transitions change d'un lieu d'articulation à un autre.

CHAPITRE 4 : CARACTÉRISTIQUES ACOUSTIQUES RELATIVES AUX LIEUX D'ARTICULATION ET AU TRAIT DE VOISEMENT DES FRICATIVES DE L'ARABE STANDARD

**(Durée, intensité relative, HNR et formants F1 F2 face à la
pharyngalisation)**

Dans ce chapitre, nous aborderons les caractéristiques acoustiques liées aux lieux d'articulation, à la pharyngalisation et au trait de voisement des fricatives de l'arabe standard. D'abord, nous étudierons la durée absolue, puis relative, ainsi que l'intensité relative des fricatives et de leurs lieux d'articulation. Nous comparerons, par la suite, les résultats de l'Harmonics-to-Noise Ratio (HNR) avec la durée absolue et l'intensité relative, pour la manifestation phonétique liée au trait phonologique du voisement des fricatives. Enfin, nous étudierons l'effet des formants F1 et F2 de la voyelle postconsonantique pour la discrimination des fricatives (non pharyngalisée, pharyngalisée), pour ce qui est de la paire interdentale et alvéolaire.

4.0 Introduction

Dans ce chapitre, nous procèderons à des études phonétiques acoustiques complémentaires à celles entreprises dans les deux précédents chapitres (*cf. Partie 2*), dans le but d'apporter davantage de précisions aux caractéristiques des fricatives de l'arabe standard. En effet, nous avons retenu des paramètres qui pourraient participer à la discrimination de ces sons. Ainsi, nous ciblerons principalement le lieu d'articulation et le trait de voisement des fricatives, en abordant les points suivants :

- Les durées absolue et relative ;
- L'intensité relative ;
- L'harmonicité : Harmonics-to-Noise Ratio (HNR) ;
- Les fréquences de F1 et F2

La durée

En étudiant la durée des fricatives, nous souhaitons, d'une part, montrer que ces mesures peuvent servir à différencier les divers lieux d'articulation. D'autre part, nous tâcherons de savoir si ces paramètres permettent la distinction phonologique par rapport au trait phonologique de voisement des fricatives. Autrement dit, nous pensons qu'il devrait y avoir une différence de durée entre les fricatives voisées et non voisées ayant un même lieu d'articulation. En outre, la différence de durée entre les fricatives des mêmes paires devrait être plus importante pour certains lieux d'articulation que pour d'autres, en raison de la variation dans la mobilité des articulateurs. Par ailleurs, nous souhaitons observer si la durée varie en fonction du sexe du locuteur et selon le contraste, fricative pharyngalisée *vs.* non pharyngalisée. Il sera également question d'étudier s'il existe une relation entre la durée de la fricative et son entourage vocalique.

L'intensité relative

Il est utile de savoir qu'un son est plus intense qu'un autre son ou qu'une catégorie de sons est plus intense que d'autres, et d'ordre général, lorsque l'on souhaite les différencier on pourrait s'intéresser à leur intensité relative. En outre, du point de vue de la perception de la parole, il est plus intéressant d'estimer l'importance relative d'un son que son intensité absolue.

Pour notre étude, nous souhaitons observer si des classes, parmi celles connues habituellement dans les langues à nombre de lieux d'articulations réduit, vont émerger.

Le HNR (Harmonics-to-Noise Ratio ; Rapport Harmoniques/Bruit)

La mesure du HNR, réservée aux voyelles pour les cas de parole pathologique, est considérée comme un indice de raucité, puisqu'elle renseigne sur le rapport bruit/harmoniques dans le spectre d'une voyelle, notamment les voyelles soutenues (Baer, 1982, Fauth, 2012). Plus le ratio baisse, plus le signal est envahi par le bruit.

Etant donné que le HNR nous renseigne sur la proportion d'harmoniques dans le signal et le taux de voisement du son (Akposan, 2010), nous avons souhaité examiner ce paramètre pour les fricatives de l'arabe standard, afin d'observer, tout particulièrement, la manifestation phonétique liée au trait phonologique du voisement. En outre, cette mesure pourrait constituer un indice du voisement.

En effet, nous mesurerons le HNR des fricatives voisées mais également des fricatives non voisées, afin d'observer le taux de voisement au niveau phonétique pour les deux cas. Autrement dit, nous observerons si les fricatives voisées phonologiquement sont effectivement plus voisées au niveau phonétique que les fricatives non voisées. Pour cela nous comparerons nos résultats avec ceux de Jacques (1990) qui a montré, pour le français de Montréal, que la fricative [v], située en position intervocalique est voisée dans toute sa durée, alors qu'elle ne l'est pas dans d'autres positions. En outre, le voisement est absent pour la fricative [ʒ] lorsqu'elle est située en position initiale et il est dévoisé dans la majeure partie de la consonne, lorsque celle-ci est placée en position finale. En effet, les segments voisés ne sont pas nécessairement accompagnés de voisement sur la totalité de leur durée. En outre, l'opposition de voisement ne repose pas uniquement sur la présence du voisement pendant l'intervalle même, mais peut également se manifester dans l'aspiration, comme c'est le cas de l'anglais. Ce qui permettrait à l'opposition de voisement de rester active, c'est l'écart qui est maintenu entre entité non voisée et entité voisée. En conséquence, nous souhaitons voir à travers cette étude, si le HNR pourrait contribuer à la distinction entre les fricatives non voisées et voisées.

+ le <i>HNR</i> est élevé + le son est voisé
--

Les formants F1 et F2 des voyelles suivant les fricatives concernées par la pharyngalisation.

Il est vrai que nous avons étudié les fréquences des quatre premiers formants pour toutes les fricatives, dans un chapitre précédent. En revanche, il sera question ici de cibler les fricatives pharyngalisées et leurs correspondantes non pharyngalisées, afin de déceler leurs effets éventuels, en ce qui concerne les fréquences des deux premiers formants. En effet, les consonnes non pharyngalisées s'opposent aux pharyngalisées, car elles nécessitent un déplacement secondaire de l'articulation principale vers le palais mou ou le pharynx, créant, au niveau acoustique, une baisse des fréquences de F2 et une élévation de celles de F1 de la voyelle qui suit la consonne pharyngalisée.

Enfin, dans ce chapitre, nous considérons séparément les caractéristiques acoustiques relatives d'une part au trait phonologique de voisement des fricatives, et d'autre part, à leurs lieux d'articulation, car les différents lieux d'articulation caractérisent le système consonantique de la langue arabe et l'opposition de voisement peut reposer sur divers indices. En effet, pour l'anglais, par exemple, le VOT (délai d'établissement du voisement) caractérise l'opposition entre les non voisées et les voisées (*cf.* Lisker et Abramson, 1970), tandis qu'en français, la durée du voisement, proprement dit, en est un indice phonétique pertinent. Dans cette optique, les consonnes « voisées » de l'anglais pourraient être considérées comme des « sourdes », si l'on ne se focalisait que sur un seul paramètre. En revanche, dans les deux langues, la durée des non voisées est supérieure à celle des voisées. En outre, les apprenants non arabophones de l'arabe manifestent des difficultés à percevoir l'opposition non voisées/voisées pour les lieux uvulaire et pharyngal. Nous pouvons donc légitimement nous demander si l'opposition de voisement ne repose pas sur un autre indice acoustique autre que ceux habituellement retenus. Afin de déterminer par quels indices se manifeste l'opposition de voisement en arabe, nous avons eu recours à l'étude du HNR et à la durée pour quantifier le degré de voisement. Quant à l'étude de F1 et de F2 pour les fricatives (non pharyngalisée, pharyngalisée), nous souhaitons apporter des précisions reposant sur les données de l'arabe standard prononcé par des locuteurs algériens.

4.1 Méthode

Pour cette étude, relative aux fricatives de l'arabe standard [f], [θ], [ð], [ð^ʕ], [s], [s^ʕ], [z], [ʒ], [ʒ], [χ], [ʁ], [ħ], [ʕ], [h], situées dans les positions : initiale, intervocalique et finale et répétées au moins dix fois, nous avons effectué quatre mesures différentes à l'aide du logiciel Praat :

1. La durée ;
2. L'intensité relative ;
3. L'harmonicité : Harmonics-to-Noise Ratio (HNR) ;
4. Les formants F1 et F2 des voyelles suivant les fricatives concernées par la pharyngalisation.

1. La durée

Pour l'étude de la durée, nous avons mesuré la durée de la fricative et celle des voyelles environnantes. En position initiale, nous avons mesuré la durée absolue de la fricative et la voyelle [a:] suivante (*cf.* Figure 64). En position intervocalique, nous avons mesuré la durée de la fricative, la voyelle [a:] qui la précède et la voyelle [a] suivante (*cf.* Figure 65). Quant à la position finale, nous avons mesuré la fricative et la voyelle brève [a] la précédant. Lors de ces mesures, nous avons pris en considération l'intervalle entre l'apparition et la disparition des structures formantiques clairement définies (*i.e.* Klatt, 1975). A partir des durées absolues obtenues, nous avons calculé la durée relative pour chaque fricative (nous donnerons des exemples de ces mesures effectuées sur les signaux ci-après) :

$$\text{Durée absolue de la fricative} / \text{durée de (la fricative + voyelle suivante)} \times 100.$$

Enfin, pour la position initiale et finale, nous avons mesuré la durée de quatorze fricatives et quatorze voyelles répétées dix fois par six locuteurs

(14 fricatives + 14 voyelles) X 2 positions X 10 répétitions X 6 locuteurs = 3360 occurrences.

Quant à la position intervocalique, nous avons mesuré la durée de quatorze fricatives et vingt-huit voyelles répétées dix fois, par six locuteurs :

(14 fricatives + 28 voyelles) X 1 position X 10 répétitions X 6 locuteurs = 2520 occurrences.

Ainsi le total des occurrences de durée est la somme des 3 positions, soit **5880 occurrences**.

2. L'intensité relative

Nous tenons d'abord à rappeler que lors des enregistrements de notre corpus, la distance à laquelle les locuteurs étaient assis du microphone (environ 20 cm) était sensiblement la même pour tous les locuteurs. Le lieu et la date des enregistrements étaient les mêmes.

Pour les mesures, nous avons calculé l'intensité relative des fricatives à partir des résultats obtenues grâce au script proposé par Gendrot (Boersma, 2001). Nous avons d'abord relevé les valeurs de l'intensité de la fricative et la voyelle suivante, relevées au milieu de ces dernières. Ensuite, nous avons calculé la différence entre ces deux valeurs pour les dix répétitions. C'est-à-dire :

$$\text{Intensité de la fricative (à son milieu)} - \text{intensité de la voyelle suivante (à son milieu)} = \text{intensité relative de la fricative}$$

Pour l'intensité relative, nous avons donc fait des mesures pour quatorze fricatives et quatorze voyelles subséquentes situées dans deux positions différentes (initiale et intervocalique) et répétées dix fois par six locuteurs :

(14 fricatives + 14 voyelles) X 2 positions X 10 répétitions X 6 locuteurs = **3360 occurrences**.

3. L'harmonicité : Harmonics-to-Noise Ratio (HNR)

Pour cette étude, nous avons relevé les valeurs du HNR à l'aide du logiciel PRAAT© (Boersma, 2001). Le HNR est mesuré au milieu des fricatives, de façon automatique.

L'harmonicité est exprimée en dB : si 99% de l'énergie du signal se trouve dans la partie périodique du signal et que 1% soit du bruit, le HNR est de :

$$10 \times \log_{10} (99/1) = 20 \text{ dB}$$

Ainsi, un HNR de 0 dB signifie qu'il y a autant d'énergie dans les harmoniques que dans le bruit. L'harmonicité peut être retenue comme une mesure du rapport (ratio) signal-sur-bruit pour tout phénomène qui génère un signal périodique, PRAAT© (Boersma, 2001).

Enfin, nous avons effectué des analyses de HNR pour quatorze fricatives situées dans trois positions différentes et répétées dix fois par six locuteurs :

14 fricatives X 3 positions X 10 répétitions X 6 locuteurs = **2520 occurrences**.

Notons que, pour ce chapitre, nous avons restreint les résultats des répétitions à dix au lieu de douze, en écartant les quelques valeurs erratiques. Par la suite, nous les avons soumis à des analyses de statistique, à l'aide des logiciels SPSS et R. Pour finir, des moyennes et écarts-types ont été calculés, pour chacun des six locuteurs, mais également pour tous les locuteurs confondus, et ont été illustrés par des tableaux et graphiques.

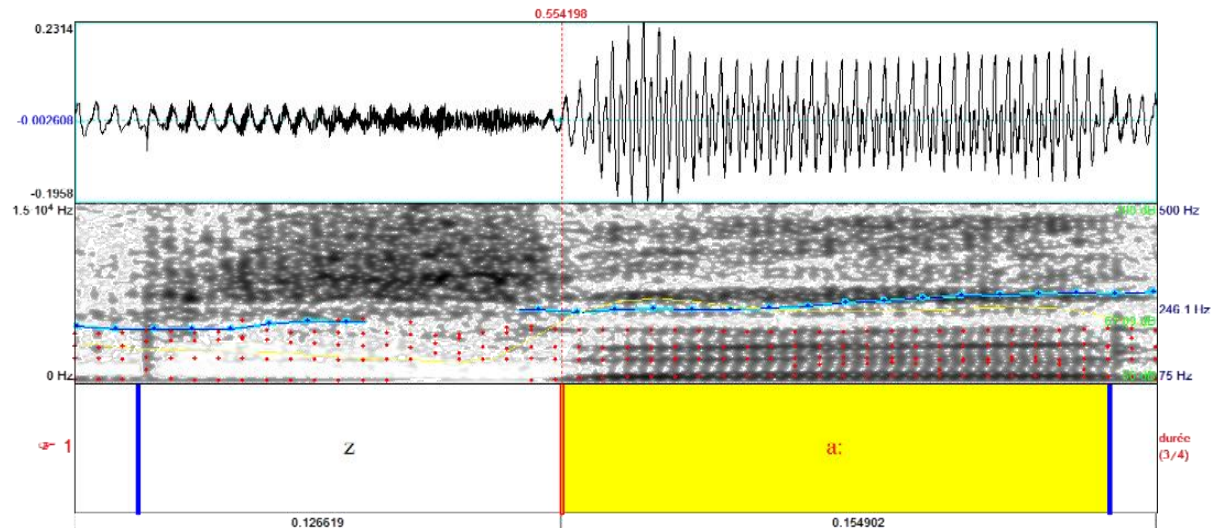


Figure 64 : Signal acoustique/ illustration des mesures de durée (ms)

L'alvéolaire voisée [z] suivie de la voyelle longue [a:]
Position initiale

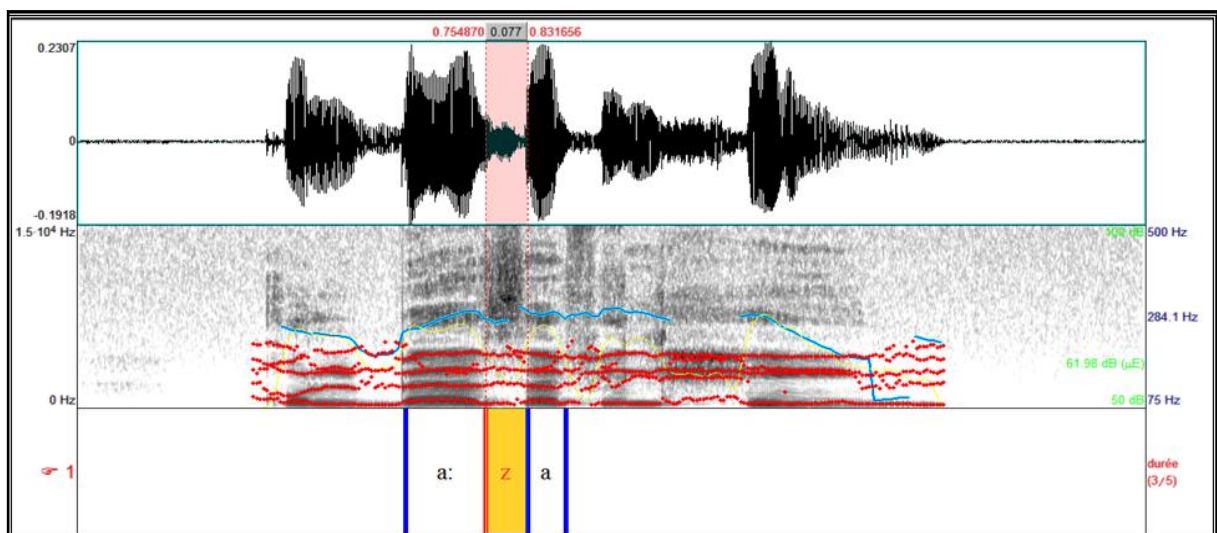


Figure 65 : Signal acoustique/ illustration des mesures de durée (ms)

L'alvéolaire voisée [z] précédée par la voyelle longue [a:] et suivie de la voyelle brève [a]
Position intervocalique

2.4.2 Résultats

2.4.2.1 Caractéristiques acoustiques relatives aux lieux d'articulation des fricatives de l'arabe standard : durée et intensité relative

2.4.2.1.1 Étude de la durée des fricatives

Pour l'étude de la durée absolue et relative des fricatives de l'arabe standard (cf. Figures 66 à 71), nous remarquons que les valeurs moyennes pour tous les locuteurs confondus sont les plus élevées pour l'alvéolaire non voisée [s], l'alvéolaire pharyngalisée [s^ʕ], l'uvulaire non voisée [χ] et la pharyngale non voisée [ħ], pour les trois positions initiale, intervocalique et finale. En effet, les durées moyennes absolues pour tous les locuteurs confondus atteignent, pour l'alvéolaire non voisée [s], la moyenne de 146 ms avec un écart-type peu élevé de 15 ms en position initiale, et des valeurs proches pour sa correspondante pharyngalisée [s^ʕ], avec une moyenne de 145 ms et un écart-type de 13 ms dans la même position. En effet, pour les trois positions, nous ne relevons pas de différence importante entre les valeurs des fricatives [s] et [s^ʕ], opposées par la pharyngalisation. En parallèle, la paire interdentale voisée ([ð], [ð^ʕ]), marque des valeurs moyennes proches, d'une position à l'autre. Les valeurs les moins élevées sont, respectivement, de 61 ms (6 ms) et 56ms (6 ms) pour [ð] et [ð^ʕ]. Ainsi, constatons nous qu'il n'y a pas de différence de durée importante entre les fricatives non pharyngalisées et leurs correspondantes pharyngalisées de l'arabe standard, chose qui avait été déjà révélée par les résultats statistiques.

Par ailleurs, l'uvulaire non voisée [χ] atteint une moyenne de 143 ms, avec un écart type faible de 19 ms, en position initiale. La pharyngale non voisée [ħ] est également marquée par une durée longue comparativement aux autres fricatives, puisqu'elle atteint 155 ms, avec un écart-type de 18 ms en position intervocalique. En revanche son homologue voisée [ʁ] et l'uvulaire voisée [ʁ] occupent les valeurs les moins élevées, pour toutes les positions. Elles ont, respectivement, une durée de 67 ms (15 ms) et 68 ms (13 ms), en position initiale. Ainsi, nous remarquons que la différence de durée entre la voisée et la non voisée de la même paire de fricatives est plus importante pour les uvulaires et les pharyngales que les autres lieux d'articulation.

Les valeurs relatives consolident nos constats quant à la durée des fricatives puisque celles-ci occupent moins de 50% de la durée totale de la séquence (F+V2) en position initiale et occupent plus de 50% en position finale pour (V1+F). Enfin, les taux correspondant à la durée de la fricative comparativement à la séquence (F+V2) sont variables d'une fricative à l'autre, en position intervocalique. Les taux varient entre 26% pour la laryngale non voisée [h] et 49% pour l'uvulaire sourde [χ] en position initiale. En position intervocalique, le taux le plus faible est de 37% pour la pharyngale voisée [ʕ] et le plus élevé est de 62% pour la pharyngale non voisée [ħ]. Rappelons que les durées relatives permettent de normaliser les données à travers les locuteurs, prenant ainsi en considération les variations de vitesse d'élocution suivant le locuteur.

Nous remarquons également que, dans la même séquence, il existerait une tendance à l'isochronie, où une relation de compensation de durée entre la fricative et les voyelles sous-jacentes est installée. Autrement dit, dans la même séquence, lorsque la fricative est de courte durée, la voyelle subséquente est de longue durée et vice versa, c'est-à-dire : la séquence (FV2) pour les positions initiale et intervocalique, et la séquence (V1F) pour la position finale (*i.e.* Voir les détails de nos résultats dans les *tableaux 40, 41, 42* dans la *partie Annexe.*).

A ce propos, Embarki (2008 : 601) dit :

« La littérature phonétique montre que le contraste consonantique de voisement, par exemple dans les séquences syllabiques /as/ vs /az/, se traduit par des effets temporels inversement proportionnels sur la voyelle et sur la consonne. En contexte consonantique non voisé (/s/), la durée de la consonne est longue, mais celle de la voyelle (/a/) est abrégée ; tandis qu'en contexte consonantique voisé (/z/), la durée de la consonne est abrégée, mais celle de la voyelle est allongée. »

De manière générale, nous remarquons qu'en position intervocalique les valeurs moyennes de durée sont nettement les plus faibles, et elles sont, les plus élevées en position initiale.

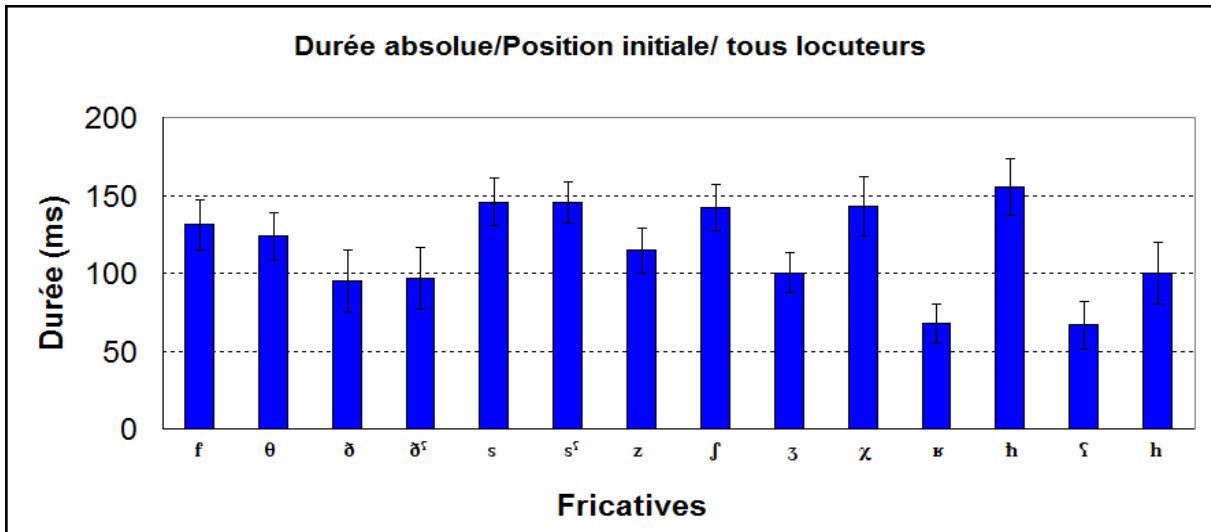


Figure 66 : Moyennes et écarts-types de la durée absolue des fricatives de l'arabe standard
Position initiale/ tous locuteurs confondus

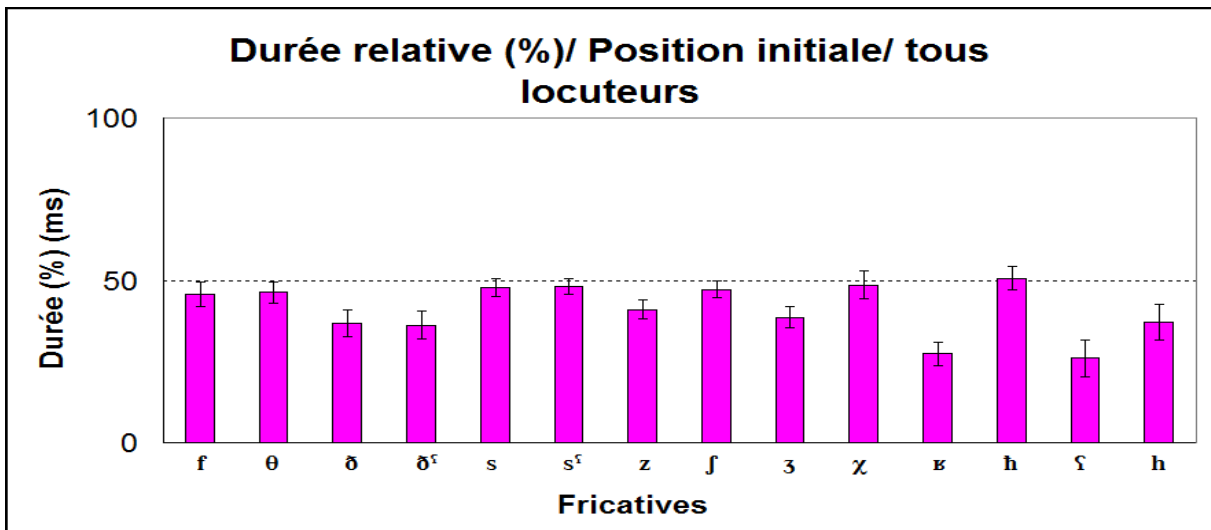


Figure 67 : Moyennes et écarts-types de la durée relative des fricatives de l'arabe standard
Position initiale/ tous locuteurs confondus

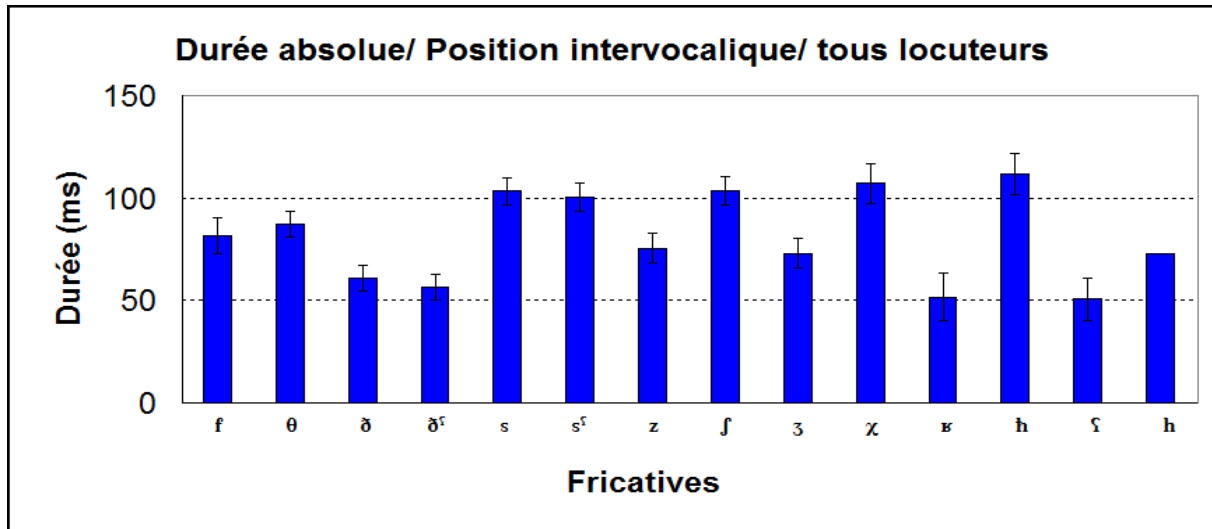


Figure 68 : Moyennes et écarts-types de la durée absolue et relative des fricatives de l'arabe standard
Position intervocalique/ tous locuteurs confondus

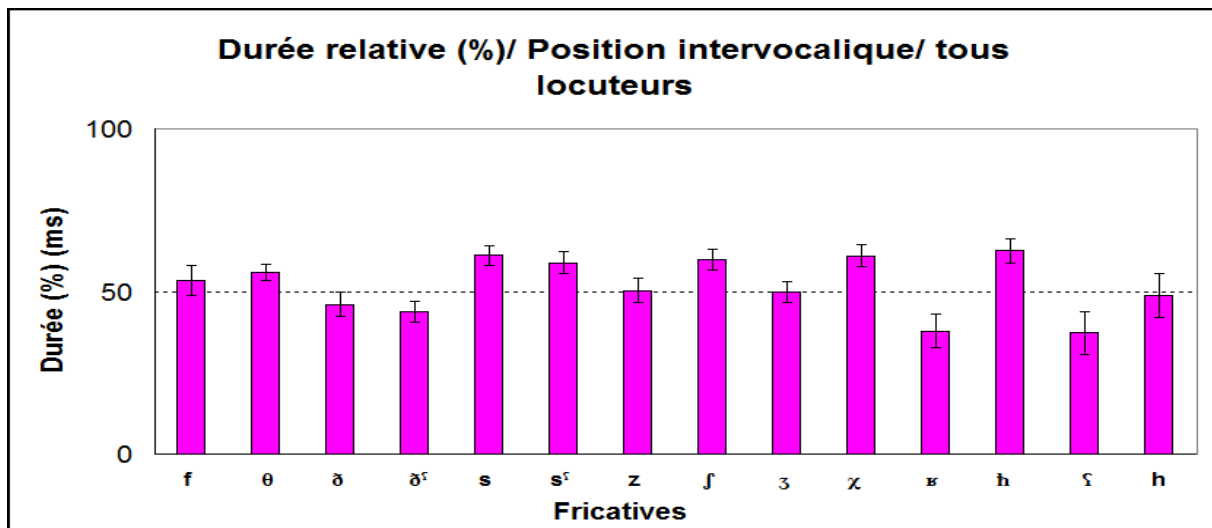


Figure 69 : Moyennes et écarts-types de la durée absolue et relative des fricatives de l'arabe standard
Position intervocalique/ tous locuteurs confondus

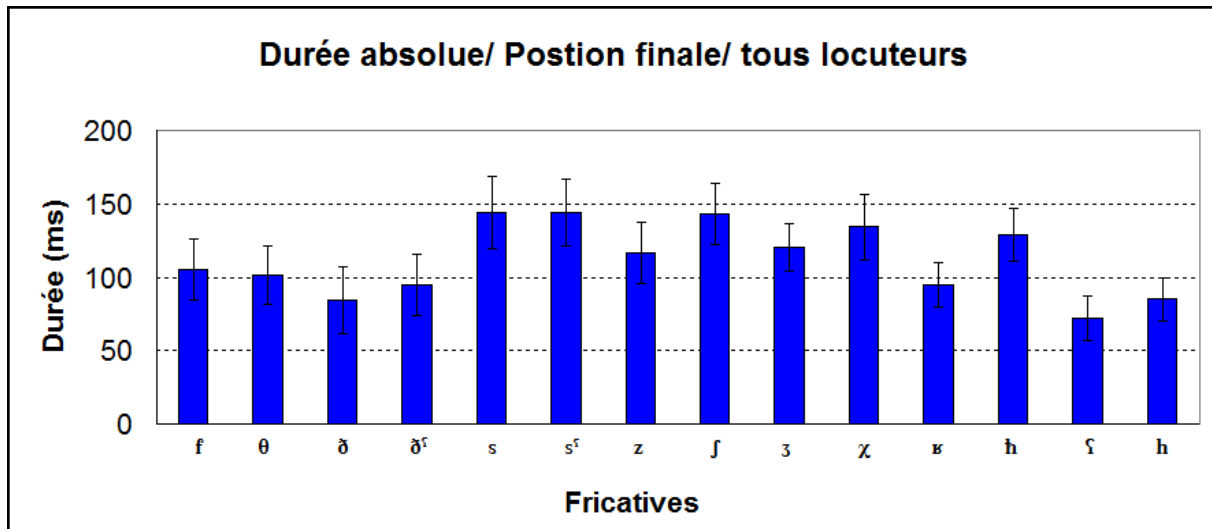


Figure 70 : Moyennes et écarts-types de la durée absolue des fricatives de l'arabe standard
Position finale/ tous locuteurs confondus

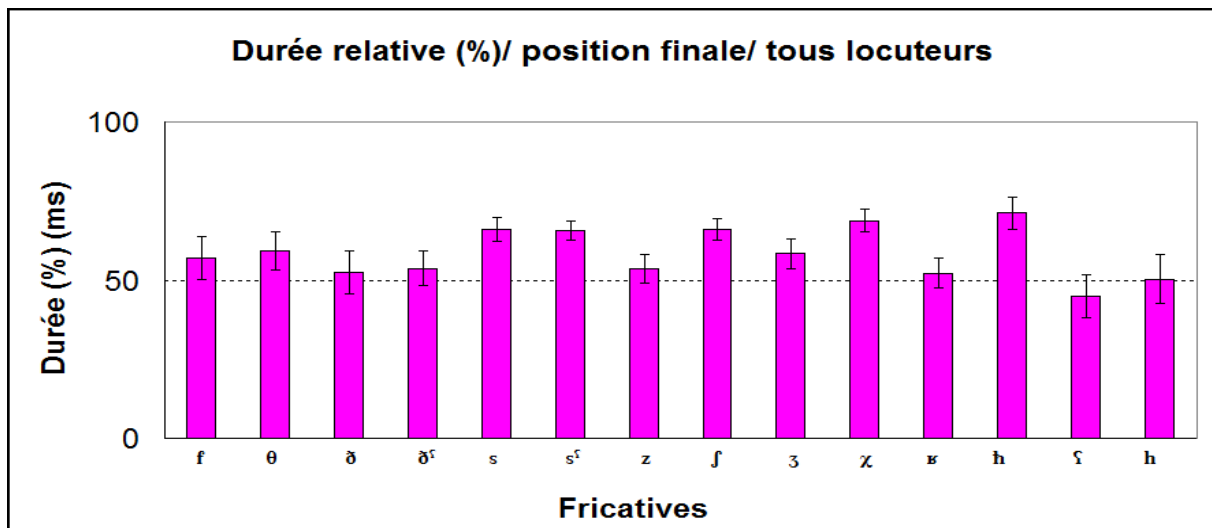


Figure 71 : Moyennes et écarts-types de la durée relative des fricatives de l'arabe standard
Position finale/ tous locuteurs confondus

Rapport : Durées absolue et relative/ lieux d'articulation

Les résultats de durée absolue et relative obtenus pour les six locuteurs ont été soumis aux analyses de variance (ANOVA), afin de voir si le lieu d'articulation a un effet significatif. En effet, il s'est avéré que :

D'une part, l'effet *lieu d'articulation* s'est montré significatif pour la durée absolue de la fricative :

[F(5,7)=10.15, $p < 0.0000$], en position initiale;

[F(5,7)=16.46, $p < 0.0000$], en position intervocalique;

[F(5,7)=11.45, $p < 0.0000$], en position finale.

D'autre part, l'effet *lieu d'articulation* s'est également révélé significatif pour la durée relative de la fricative :

[F(5,7)=13.98, $p<0.0000$], en position initiale ;

[F(5,7)=23.76, $p<0.0000$], en position intervocalique ;

[F(5,7)=5.99, $p<0.0001$], en position finale.

Pour notre étude, nous tenons à signaler que pour certains lieux d'articulation, comme le lieu labiodental, laryngal et pour le cas des pharyngalisées, il existe une seule fricative pour chaque lieu. Autrement dit, la valeur moyenne de durée du lieu est celle de la fricative. En revanche, pour les autres cas, deux fricatives se partagent la moyenne puisqu'elles ont le même lieu. Ainsi, nous tiendrons ce paramètre en considération lors de nos comparaisons des valeurs de durées entre les différents lieux d'articulations.

Dans les figures 72, 74 et 76, nous remarquons que les lieux d'articulation alvéolaire et postalvéolaire se partagent les durées les plus élevées, avec respectivement des moyennes de 130 ms et 121ms et des écarts-types relativement faibles de 15 ms 14 ms, en position initiale. Quant aux valeurs les moins élevées pour les trois positions, elles sont celles du lieu laryngal avec un minimum de 73 ms (13 ms) en position intervocalique. Signalons toutefois que la pharyngalisée alvéolaire a une durée élevée comparativement aux autres lieux d'articulation, mais cela revient à sa nature non voisée et au fait que sa moyenne n'est pas calculée en incluant la moyenne d'une autre fricative. En effet, sa moyenne atteint 145 ms avec un écart-type de 13 ms, en position initiale. Inversement, l'interdentale voisée pharyngalisée se distingue des autres lieux d'articulation par sa durée peu élevée. Sa moyenne est très faible en position intervocalique (56ms), avec un faible écart-type, de 6 ms. Dans l'étude qui va suivre, nous montrerons que les fricatives non voisées sont plus longues que leurs homologues voisées.

Par ailleurs, nous observons que la position intervocalique marque les valeurs les moins élevées en ce qui concerne la durée absolue pour tous les lieux d'articulation. Néanmoins, rappelons que dans cette position les fricatives sont suivies de la voyelle brève [a].

Enfin, pour expliquer la différence de durée entre les lieux d'articulation, nous nous appuyons sur les résultats attestés *in* Calliope (1989) qui montrent que la durée est habituellement plus brève pour les labiales, où les articulateurs sont très mobiles. En revanche, elle est longue pour les vélaires en raison de l'inertie de l'articulateur mobile (le dos

de la langue) et la durée des dentales est intermédiaire, car la pointe de la langue est un articulateur véloce.

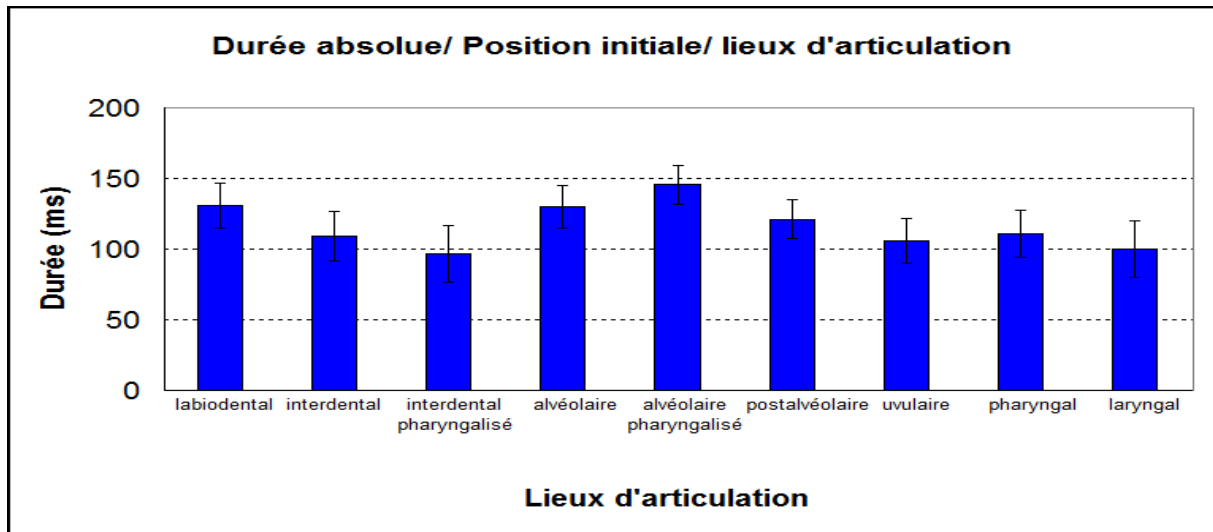


Figure 72 : Valeurs moyennes de la durée absolue des lieux d'articulations des fricatives de l'arabe standard
Position initiale/ tous locuteurs confondus

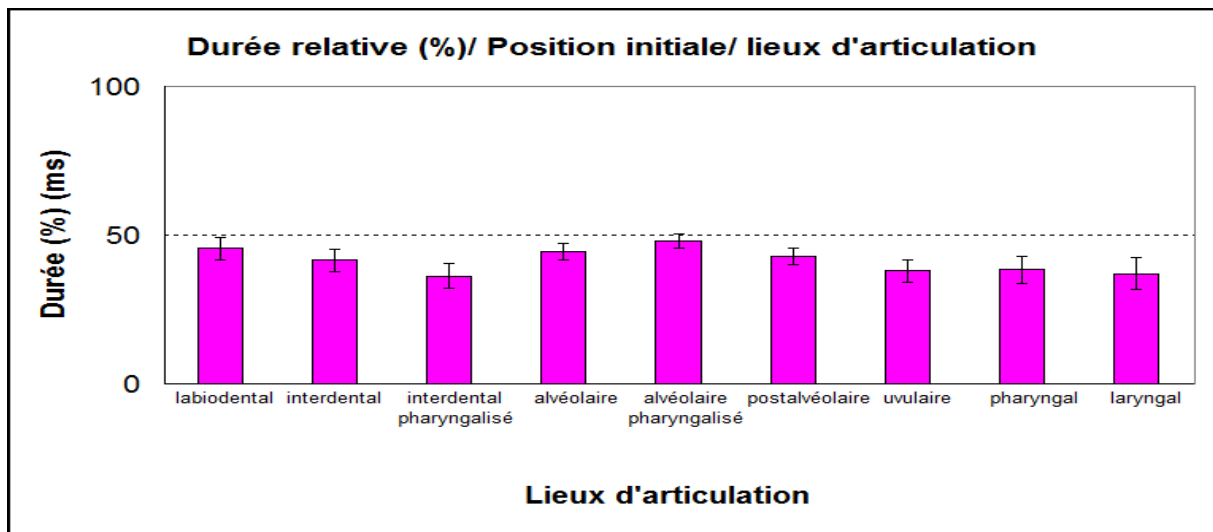
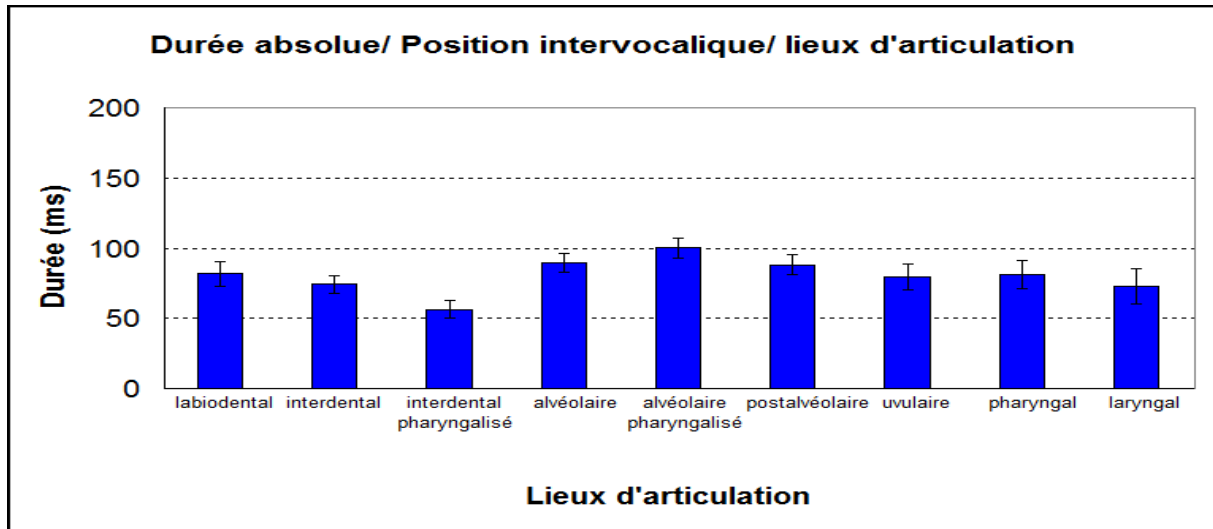
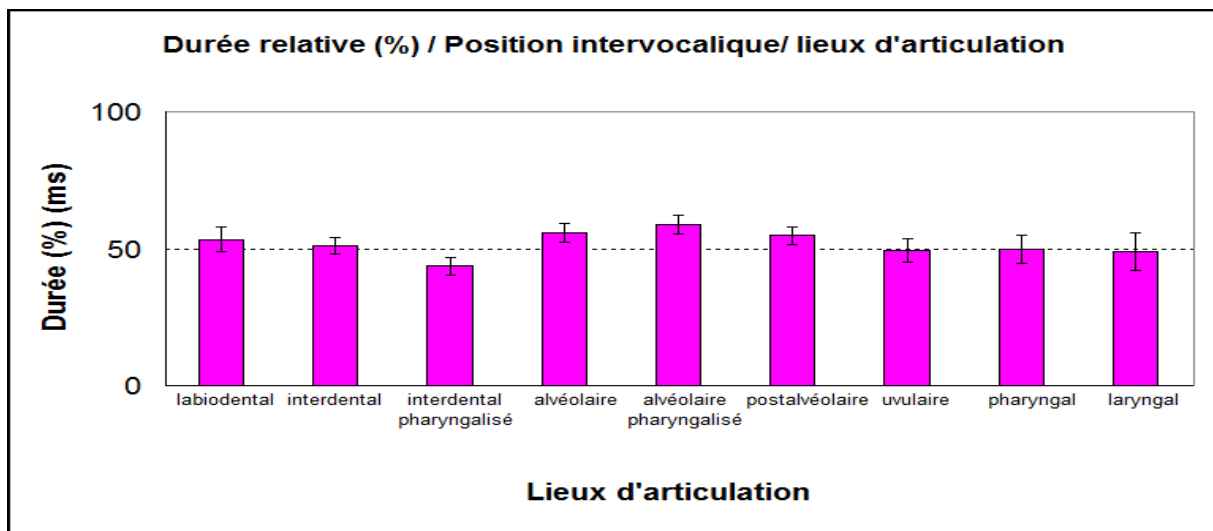


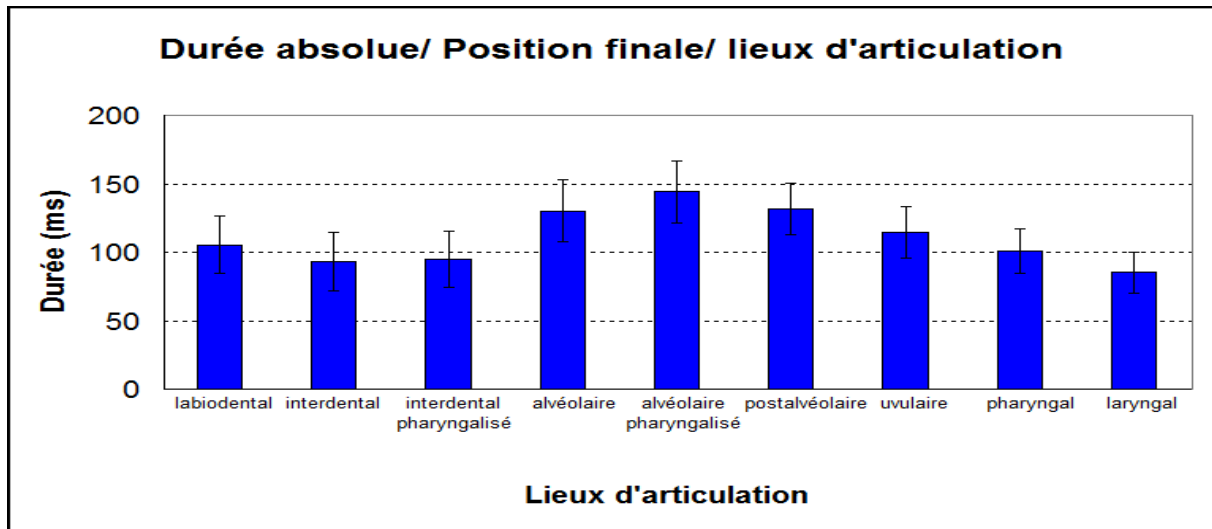
Figure 73 : Valeurs moyennes de la durée relative des lieux d'articulations des fricatives de l'arabe standard
Position initiale/ tous locuteurs confondus



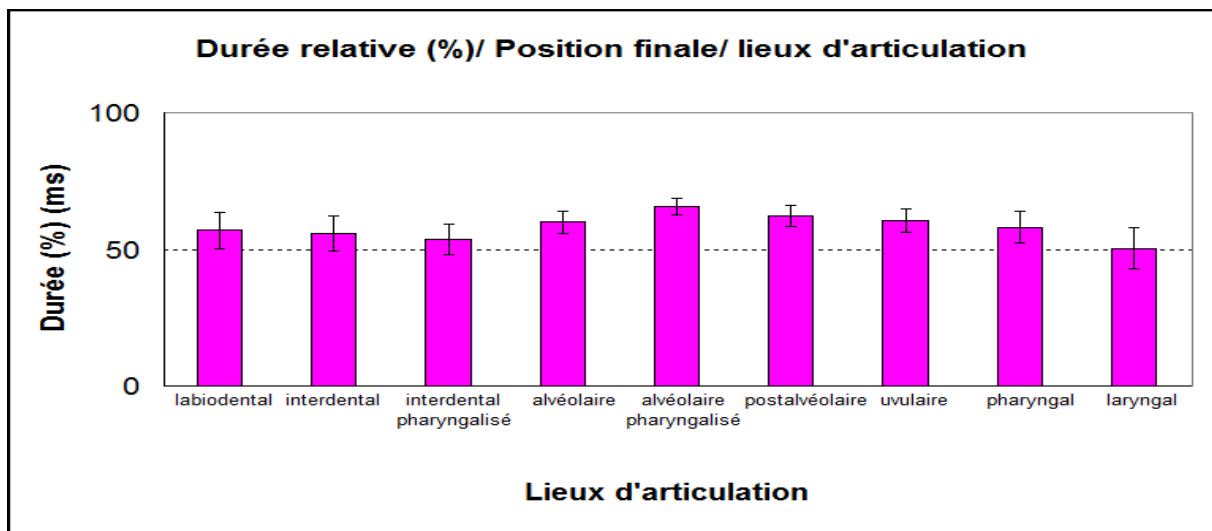
**Figure 74 : Valeurs moyennes de la durée absolue des lieux d'articulations des fricatives de l'arabe standard
Position intervocalique/ tous locuteurs confondus**



**Figure 75 : Valeurs moyennes de la durée relative des lieux d'articulations des fricatives de l'arabe standard
Position intervocalique/ tous locuteurs confondus**



**Figure 76 : Valeurs moyennes de la durée absolue des lieux d'articulations des fricatives de l'arabe standard
Position finale/ tous locuteurs confondus**



**Figure 77 : Valeurs moyennes de la durée relative des lieux d'articulations des fricatives de l'arabe standard
Position finale/ tous locuteurs confondus**

Nous présentons un tableau récapitulatif (cf. tableau 28) des résultats obtenus pour la durée absolue et relative, pour tous les lieux d'articulation, afin de donner un aperçu des valeurs obtenues pour tous les locuteurs confondus dans chaque position :

Tableau 28 : Valeurs moyennes et écarts-types des durées absolue et relative des lieux d'articulations des fricatives de l'arabe standard/ tous locuteurs confondus

Lieu d'articulation		Durée absolue (ms)			Durée relative (ms)		
		Initiale	Intervocalique	Finale	Initiale	Intervocalique	Finale
labiodental	Moyenne	131	82	105	46	53	57
	Ecart-type	16	9	21	4	5	7
interdental	Moyenne	109	74	93	42	51	56
	Ecart-type	17	6	21	4	3	6
interdental pharyngalisé	Moyenne	97	56	95	36	44	54
	Ecart-type	20	6	20	4	3	5
alvéolaire	Moyenne	130	89	130	44	56	60
	Ecart-type	15	7	23	3	3	4
alvéolaire pharyngalisé	Moyenne	145	100	144	48	59	66
	Ecart-type	13	7	23	2	3	3
postalvéolaire	Moyenne	121	88	132	43	55	62
	Ecart-type	14	7	19	3	3	4
uvulaire	Moyenne	105	79	115	38	49	61
	Ecart-type	16	9	19	4	4	4
pharyngal	Moyenne	111	81	101	38	50	58
	Ecart-type	17	10	16	5	5	6
laryngal	Moyenne	100	73	85	37	49	50
	Ecart-type	20	13	15	5	7	8

2.4.2.1.2 Étude de l'intensité relative des fricatives

Rappelons que pour l'étude de l'intensité relative des fricatives de l'arabe standard, nous avons relevé d'abord les valeurs de la mesure de l'intensité de la fricative et de la voyelle qui la suit. Ces mesures sont relevées au milieu de chacune de ces dernières. Par la suite, nous avons soustrait la valeur de l'intensité de la voyelle de celle de la fricative. Ainsi, nous avons obtenu les valeurs de l'intensité relative pour toutes les fricatives, pour les deux positions initiale et intervocalique (cf. tableau 29). En effet, les valeurs de la position finale ne sont pas prises en considération, car elles seraient difficilement comparables en raison du contexte VC au lieu de CV. Signalons toutefois que les valeurs de l'intensité relative négatives reviennent au fait que, souvent la fricative est moins intense que la voyelle subséquente.

Une fois tous les résultats obtenus, ils ont été soumis aux analyses de variance pour l'étude de l'effet du lieu d'articulation.

En effet, l'effet *lieu d'articulation* s'est révélé significatif pour l'intensité relative de la fricative en position initiale [$F(5,7)=98.00$, $p<0.0000$], comme pour l'intensité relative de la fricative en position intervocalique [$F(5,7)=103.69$, $p<0.0000$].

Tableau 29 : Valeurs moyennes et écarts-types de l'intensité relative des fricatives de l'arabe standard
Tous locuteurs confondus

Fricative	Intensité relative (dB)			
	Position initiale		Position intervocalique	
	Moyenne	Ecart-type	Moyenne	Ecart-type
f	-21,41	3,22	-17,24	2,28
θ	-22,42	3,97	-21,29	2,85
ð	-14,43	3,82	-12,04	3,17
ð^ʕ	-15,93	3,08	-12,33	3,22
s	-6,41	3,20	-6,17	1,81
s^ʕ	-9,42	3,12	-6,98	5,10
z	-9,33	2,76	-8,24	3,26
ʃ	-4,84	2,67	-2,80	2,24
ʒ	-7,52	2,25	-6,36	2,05
ʒ	-13,84	2,87	-10,40	3,22
ʁ	-16,82	3,47	-13,14	3,88
ħ	-11,47	2,43	-8,34	-8,34
ʕ	-9,65	2,93	-5,20	3,14
h	-9,36	5,09	-3,81	1,82

A partir des résultats obtenus de l'intensité relative pour tous les locuteurs confondus, nous présentons ci-dessous l'analyse des graphiques 78 et 79 les illustrant.

Nous remarquons que l'intensité relative correspondant à la fricative postalvéolaire non voisée [ʃ] a systématiquement les valeurs les plus élevées dans les positions initiale et intervocalique, avec une moyenne de -2,80 dB et un écart-type de 2,24 dB, en position initiale. L'alvéolaire non voisée [s], quant à elle, occupe la deuxième position, avec une moyenne de -6,17 dB et un écart-type de 1,81 dB et sa correspondante pharyngalisée [s^ɣ] a des valeurs proches. Les valeurs correspondant à la pharyngale voisée [ʁ] et la laryngale [h] concurrencent les alvéolaires en position initiale, et les postalvéolaires en position intervocalique, avec une moyenne de -9,65 dB (2,63 dB) pour [ʁ] et -9,36 dB (5,09 dB) pour [h] en position initiale ; et une moyenne de -5,20 dB (3,14 dB) pour [ʁ] et -3,81 dB (1,82 dB) pour [h] en intervocalique. En revanche, les uvulaires [χ] et [ʁ] et les interdentes non pharyngalisée [ð] et pharyngalisée [ð^ɣ] ont des valeurs d'intensité relative proches. Ces valeurs sont plus basses en position intervocalique qu'en initiale avec des écart-types faibles. Elles varient entre -16,82 dB (3,47 dB) pour [ʁ] en position initiale et -10,40 dB (2,23 dB) pour [χ] en position intervocalique. Quant aux valeurs les plus faibles, elles sont celles de l'interdentale non voisée [θ] et de la labiodentale [f], en positions initiale et intervocalique. Elles sont de -22,42dB (3,97 dB) pour l'interdentale non voisée et de 21,41 dB (3,22 dB) pour la labiodentale non voisée [f], en position initiale.

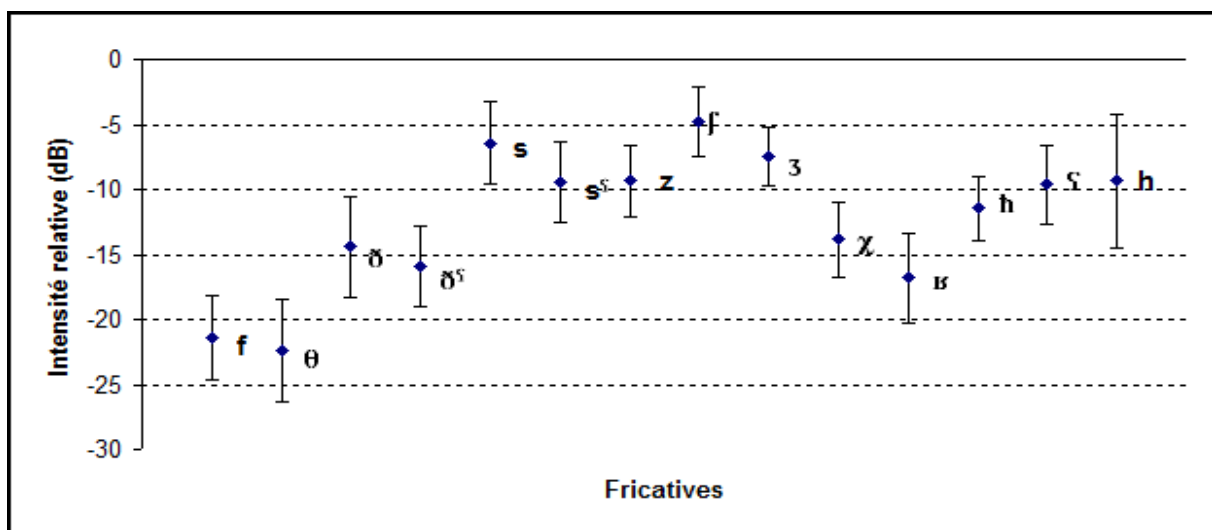


Figure 78 : Intensité relative
Position initiale/ tous locuteurs

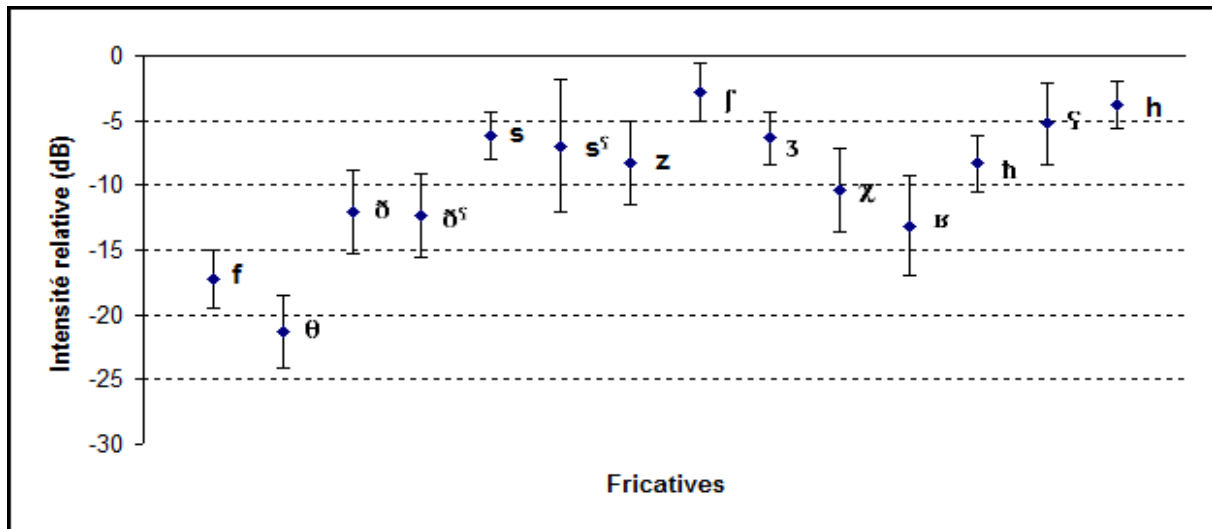
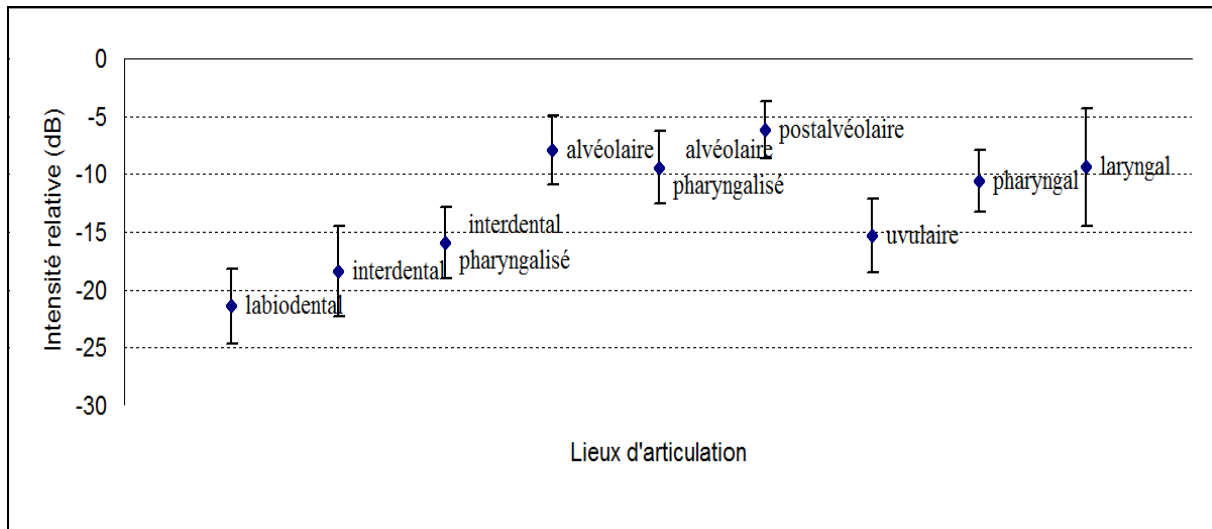


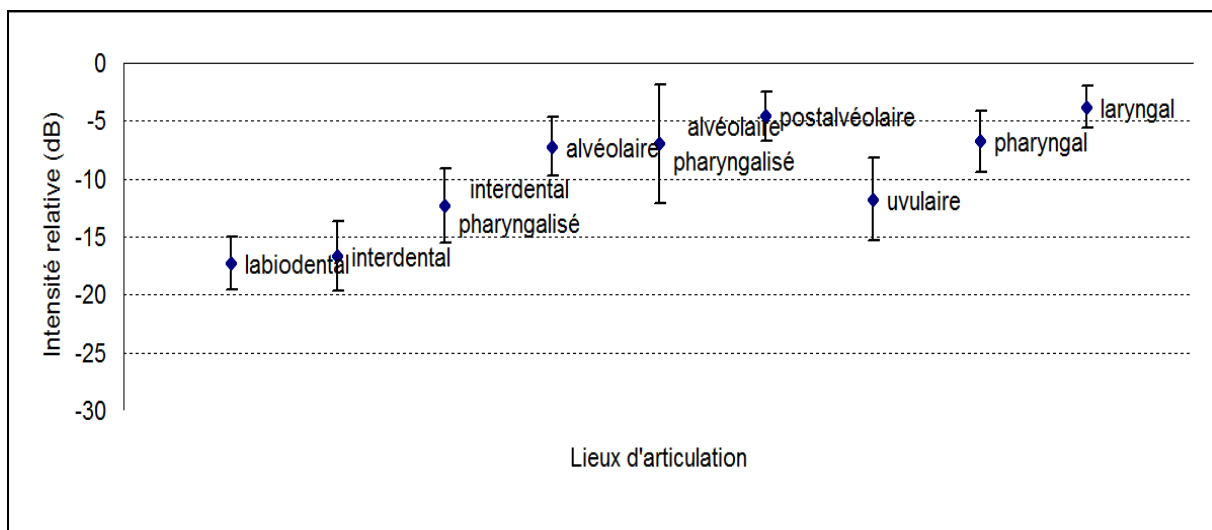
Figure 79 : Intensité relative
Position intervocalique/ tous locuteur

Rapport : Intensité relative/ lieux d'articulation

Pour les deux positions initiale et intervocalique, les lieux d'articulations suivent le même scénario quant à leurs intensités relatives (cf. Figures 80 et 81). En effet, le lieu postalvéolaire est celui qui présente l'intensité la plus importante de notre étude, avec une moyenne de -6,18 dB et un écart-type de 2,46 dB. Il est suivi immédiatement du lieu alvéolaire et alvéolaire pharyngalisé, pour lesquels, il y a une légère différence d'intensité relative. Pour les lieux pharyngal et laryngal, l'intensité relative est tout aussi forte que pour les alvéolaires. En position intervocalique, la moyenne atteint -6,77 dB avec un écart-type faible de 2,64 dB, pour le lieu pharyngal, et elle atteint -3,81 dB avec un écart-type de 1,82 dB pour le lieu laryngal. Quant au lieu uvulaire, on note un niveau d'intensité proche du lieu interdental, avec, à titre d'exemple, des moyennes de -18,42 dB et un écart-type faible de 3,90 dB pour l'interdental, et une moyenne de -15,33 dB et un écart-type de 3,17 dB pour l'uvulaire, en position initiale. En conséquence, nous pouvons déduire que les fricatives postérieures sont marquées par une intensité relative assez élevées. Par ailleurs, signalons que les écarts-types des lieux laryngal, alvéolaire et alvéolaire pharyngalisé sont importants, ce qui témoigne d'une importante variabilité quant à la production des fricatives qui leur correspondent.



**Figure 80 : Lieux d'articulation/ Intensité relative
Position initiale/ tous locuteurs**



**Figure 81 : Lieux d'articulation/ Intensité relative
Position intervocalique/ tous locuteurs**

Rapport : Centre de gravité fréquentiel/ Intensité relative

Nous avons estimé qu'il serait intéressant de présenter les résultats de l'intensité relative comparativement au centre de gravité fréquentiel obtenus dans le chapitre I de la partie 3, afin d'observer le contraste qui pourrait se dégager de la relation entre ces deux paramètres en ce qui concerne la dispersion des fricatives dans l'espace CoG fréquentiel (en abscisses) et Intensité relative (en ordonnées).

Ainsi, nous remarquons dans les figures 82 et 83 que, pour l'alvéolaire pharyngalisée [s^s] et la non pharyngalisée [s], les valeurs du CoG sont les plus élevées dans les deux positions et l'intensité relative est assez importante. Pour les postalvéolaires [ʃ], [ʒ] et l'alvéolaire [z], le CoG est assez élevé et l'intensité relative est élevée. En revanche, pour la labiodentale non voisée [f] et l'interdentale non voisée [θ], le CoG est moyennement élevé et l'intensité relative

est la plus faible. Pour les interdentales voisées [ð] et [ð^s], le CoG est le plus faible de toutes les fricatives, en revanche l'intensité relative est moyennement élevée. Pour les uvulaires [χ], [ʁ] et la pharyngale non voisée [ħ], le CoG et l'intensité relative sont moyennement élevés. Quant à la pharyngale voisée [ʕ] et la laryngale [h], nous remarquons que l'intensité relative est assez élevée et le CoG est faible.

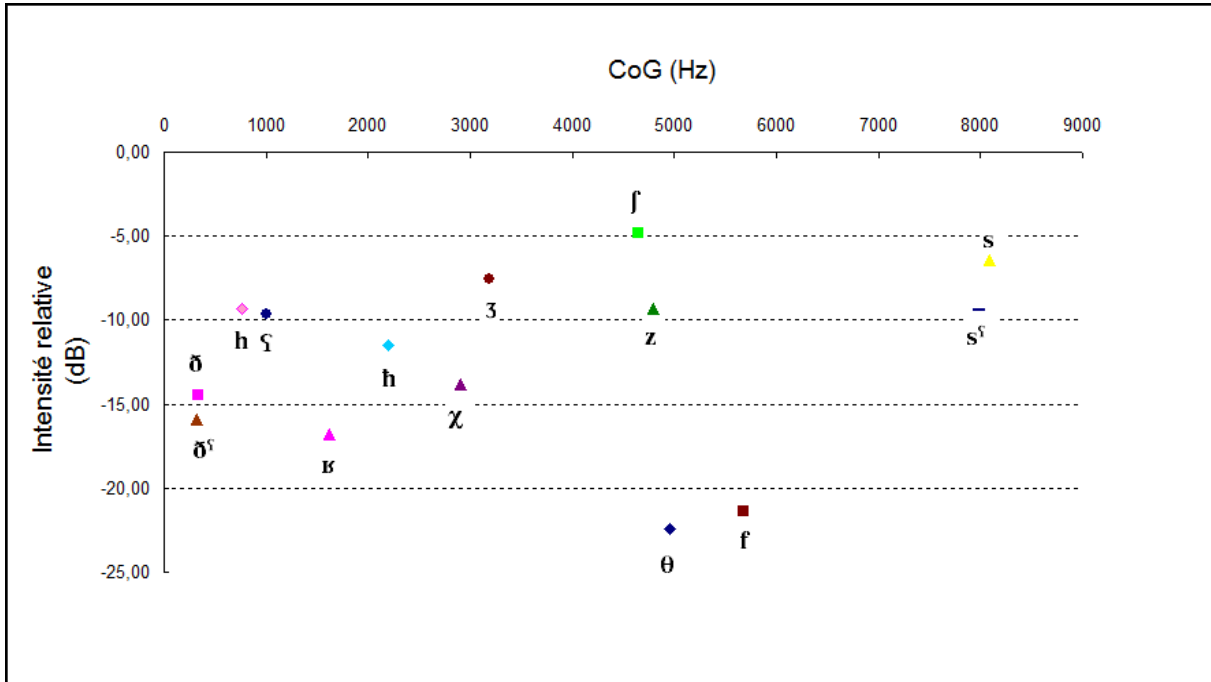


Figure 82 : Espace CoG/ intensité relative
Position initiale/ tous locuteurs confondus

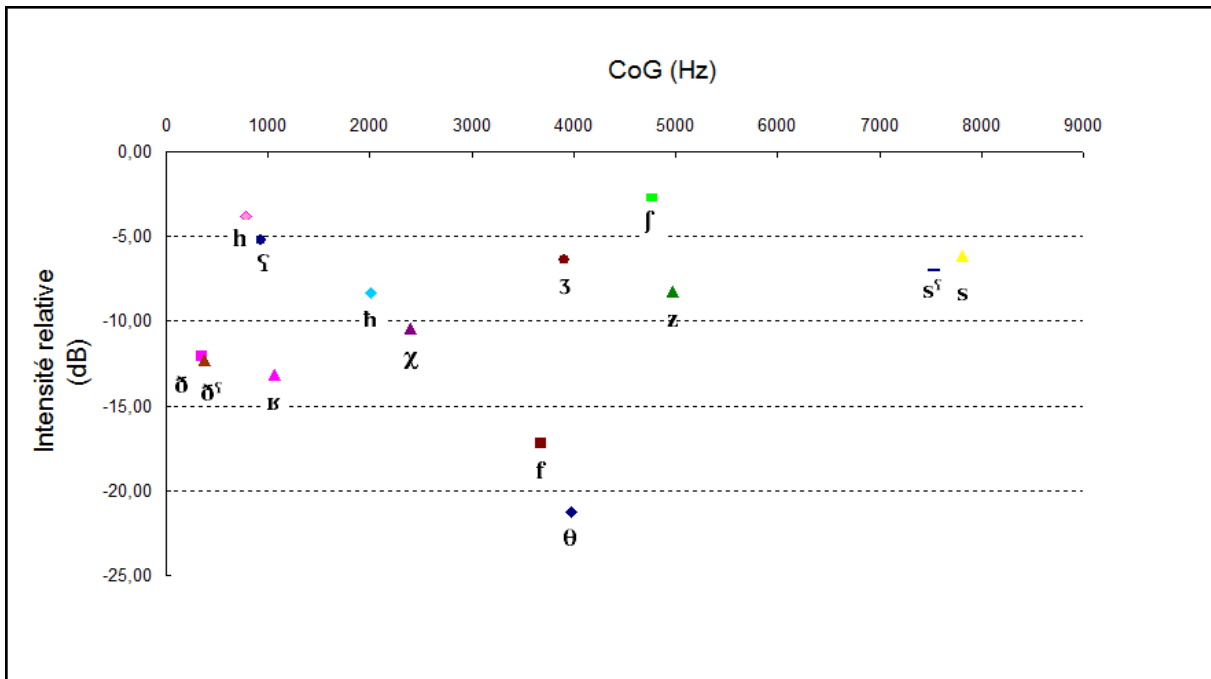


Figure 83 : Espace CoG/ intensité relative
Position intervocalique/ tous locuteurs confondus

2.4.2.2 Caractéristiques acoustiques relatives au trait de voisement : durée et harmonicité

2.4.2.2.1 Étude de la durée absolue des fricatives par rapport au trait de voisement

Pour l'étude du trait phonologique du voisement des fricatives de l'arabe standard, à savoir les paires suivantes : ([θ], [ð]), ([s], [z]), ([f], [ʒ]), ([χ], [ʁ]) et ([ħ], [ʕ]), nous avons soumis les résultats correspondant à la durée absolue et relative des six locuteurs aux analyses de variances (ANOVA). En effet, les analyses statistiques ont révélé les résultats suivants :

1. Pour la durée absolue :

L'effet *voisement* s'est révélé significatif pour la durée absolue de la fricative en position initiale [F(5,1)=227.95 p<0.0001] ;

L'effet *voisement* s'est révélé, également, significatif pour la durée absolue de la fricative en position intervocalique [F(5,1)=379.56, p<0.0000] ;

Et l'effet *voisement* s'est révélé significatif pour la durée absolue de la fricative en position finale [F(5,1)=45.60, p<0.0025].

2. Pour la durée relative :

L'effet *voisement* s'est révélé significatif pour la durée relative de la fricative, en position initiale [F(5,1)=223.76 p<0.0001] ;

De plus, il s'est révélé significatif pour la durée relative de la fricative, en position intervocalique [F(5,1)=387.65, p<0.0000] ;

Et il s'est révélé, également, significatif pour la durée relative de la fricative, en position finale [F(5,1)=104.44, p<0.0005].

En effet, dans les figures 84, 85 et 86, nous remarquons que la différence de durée entre les voisées et les non voisées, pour tous les locuteurs confondus et dans toutes les positions, est pertinente pour toutes les fricatives. Cependant, cette différence est plus importante entre les uvulaires et les pharyngales que pour les autres lieux. En effet, la durée absolue de l'interdentale non voisée [θ] est de 124 ms avec un écart type de 15 ms, tandis qu'elle est de 95 ms avec un écart-type peu élevé de 20 ms pour l'interdentale voisée [ð], en position initiale. En revanche, la durée absolue de la pharyngale non voisée [ħ] est de 115 ms

avec un écart-type de 18 ms, alors qu'elle est de 67 ms avec un écart-type élevé de 15 ms pour sa correspondante voisée [ʃ], en position initiale. Ainsi, la différence de durée entre les interdentes est de 29 ms et de 48 ms entre les pharyngales, pour les mêmes positions. En position intervocalique, les durées absolues indiquent les plus faibles valeurs pour toutes les fricatives. En effet, la durée de l'alvéolaire [s] est de 103 ms avec un écart-type faible de 7 ms, alors qu'elle était de 146 ms avec un écart type assez important de 17 ms, en position initiale. En revanche, sa correspondante voisée [z] a une moyenne de 76 ms et un écart-type de 7 ms en position intervocalique. En ce qui concerne la paire uvulaire, la non voisée [χ] marque des valeurs assez importantes comparativement aux autres fricatives, dans toutes les positions. Sa moyenne est de 134 ms avec un écart-type de 22 ms, tandis que celle de l'uvulaire voisée est de 95 ms et un écart élevé de 16 ms, pour la position finale. Néanmoins, la paire postalvéolaire signale des valeurs importantes, avec une moyenne de 143 ms et un écart-type de 21 ms pour [ʒ] et une moyenne de 120 ms avec un écart-type de 16 ms pour [ʒ] en position finale. Notons toutefois que la différence de durée pour cette position est plus élevée pour la paire uvulaire (39 ms) que pour la paire postalvéolaire (23 ms).

Enfin, pour conclure, nous avons constaté que la durée permet de voir comment se manifeste le voisement. A ce propos, Crystal et House (1988) ont constaté qu'en moyenne, les fricatives non voisées, situées en position initiale, sont plus longues que les fricatives voisées. Toutefois, Jongman et *al.* (2000) ont utilisé des durées relatives pour mesurer les fricatives et ont constaté que les différences sont plus plausibles pour les fricatives non sibilantes que pour les sibilantes. Kloster-Jensen (1961) note que dans les syllabes accentuées du norvégien et du suédois, la consonne postvocalique est plus longue lorsqu'elle suit une voyelle brève que lorsqu'elle suit une voyelle longue. Par ailleurs, nous pensons que la différence de durée plus importante pour les lieux postérieurs (uvulaire et pharyngale) que pour les lieux antérieurs (interdentale, alvéolaire et postalvéolaire) est due à la différence de vitesse entre les articulateurs critiques, à savoir la masse de la langue versus l'apex et la lame de celle-ci, respectivement (*in* Calliope, 1989). En d'autres termes, pour les lieux antérieurs, la langue a plus de souplesse lors de la réalisation des tâches. En revanche pour les lieux postérieurs, le vélum et la racine de la langue se rétractent avec moins de célérité, et la tâche devient encore plus difficile lorsqu'il s'agit de voisement puisqu'une activité laryngienne est également nécessaire.

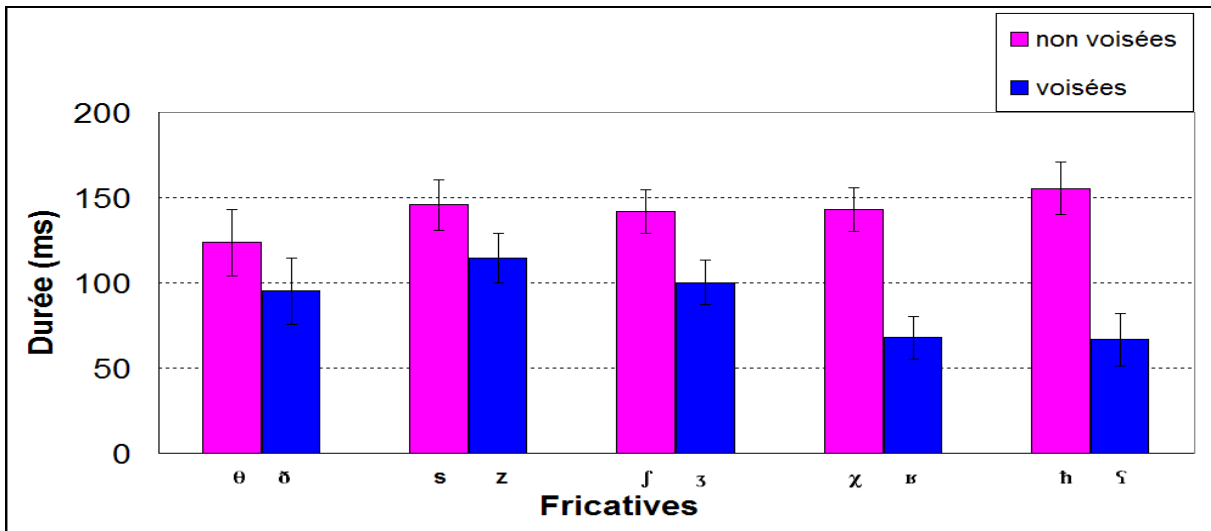


Figure 84 : Moyennes et écarts-types de la durée absolue des fricatives (voisée/non voisée) de l'arabe Voisement/ Position initiale/Tous locuteurs confondus

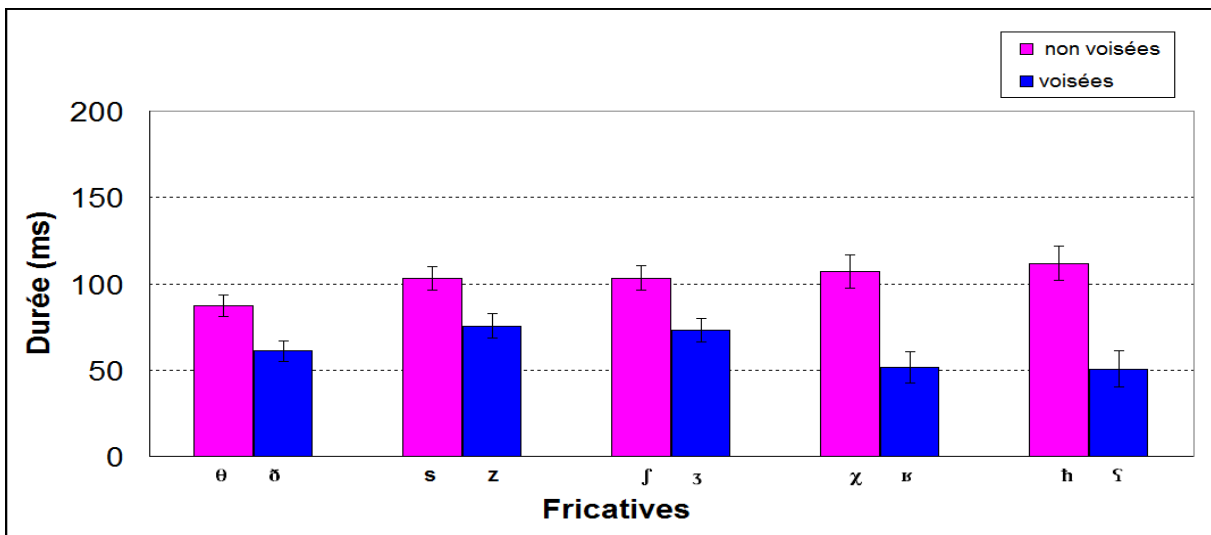


Figure 85 : Moyennes et écarts-types de la durée absolue des fricatives de l'arabe standard Voisement/ Position intervocalique/ Tous locuteurs confondus

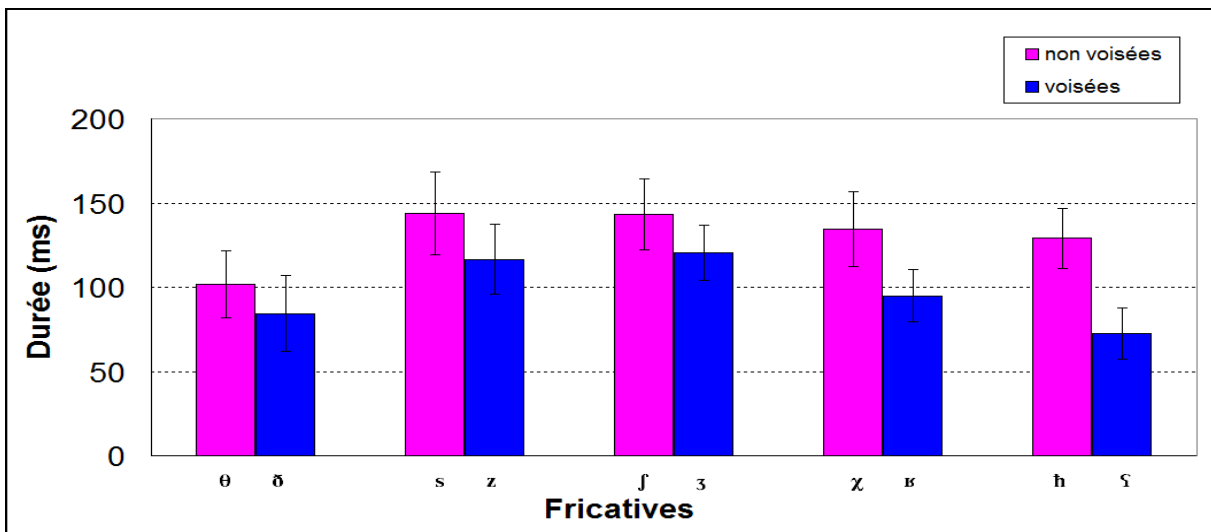


Figure 86 : Moyennes et écarts-types de la durée absolue des fricatives de l'arabe standard Voisement/ Position finale/ Tous locuteurs confondus

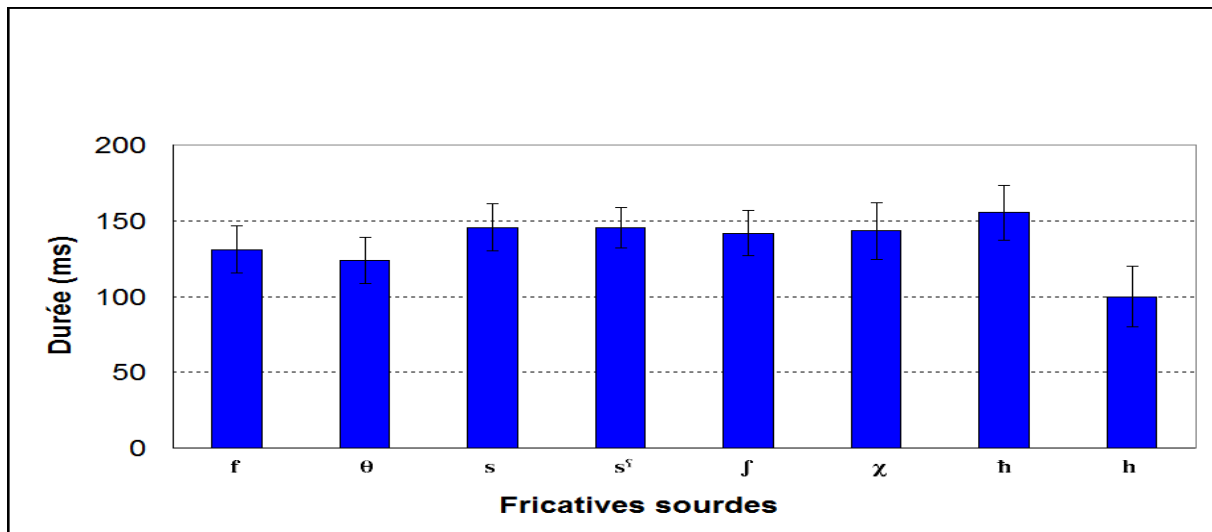


Figure 87 : Moyennes et écarts-types de la durée absolue des fricatives sourdes de l'arabe standard
Position initiale/ Tous locuteurs confondus

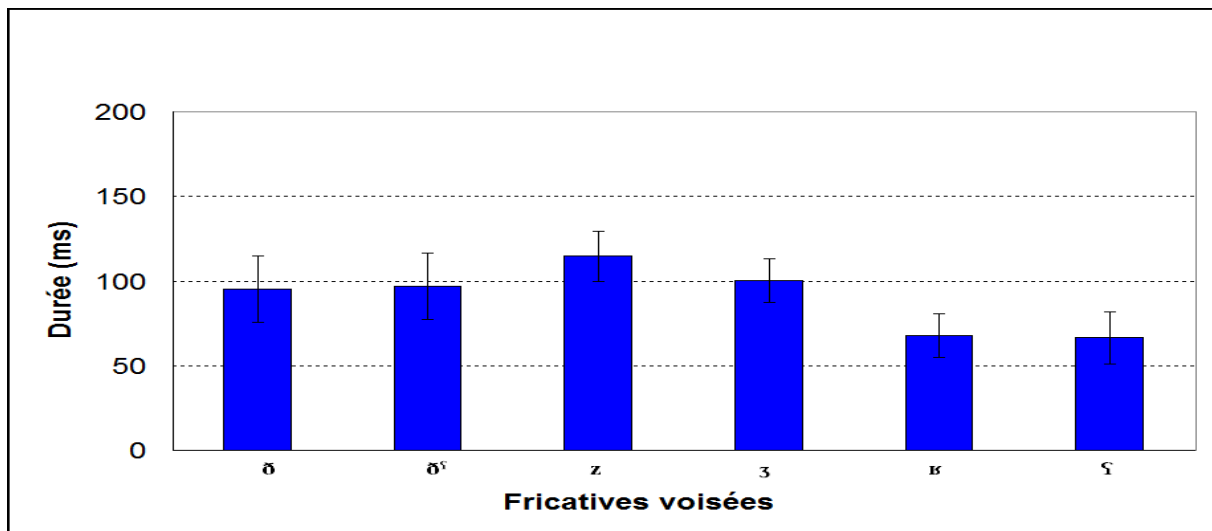


Figure 88 : Moyennes et écarts-types de la durée absolue des fricatives voisées de l'arabe standard
Position initiale/ Tous locuteurs confondus

2.4.2.2.2 Étude du HNR des fricatives par rapport au trait de voisement

Pour l'étude du HNR (Harmonics-to-Noise Ratio), par rapport au trait de voisement des fricatives de l'arabe standard, nous avons analysé les résultats des paires de fricatives reposant sur le contraste voisée vs. non voisée, à savoir : ([θ], [ð]), ([s], [z]), ([ʃ], [ʒ]), ([χ], [ʁ]) et ([ħ], [ʕ]). Toutes nos données ont été soumises à des analyses statistiques (ANOVA), à l'aide du logiciel R, à l'exception de la paire interdentale ([θ], [ð]). En effet, pour cette paire, le logiciel Praat n'a pas fourni suffisamment de résultats (dix répétitions) pour tous les locuteurs et toutes les positions. Ainsi, nous l'avons exclu de l'étude de variance pour des

raisons liées à de la rigueur statistique, mais nous avons, tout de même, analysé les quelques résultats obtenus, afin d'observer le rapport du voisement par rapport au HNR pour ces deux fricatives.

Ainsi, les analyses de variance à mesures répétées ont montré que, pour les paires de fricatives alvéolaire, postalvéolaire, uvulaire et pharyngale, le voisement a un effet significatif pour le HNR, et ce, en toutes positions. En voici les résultats :

L'effet *voisement* s'est montré significatif pour le HNR de la fricative en position initiale [$F(5,1)=371.67$ $p<0.0000$] ;

L'effet *voisement* s'est révélé, également, significatif pour le HNR de la fricative en position intervocalique [$F(5,1)=405.43$, $p<0.0000$] ;

Et l'effet *voisement* s'est révélé significatif pour le HNR de la fricative en position finale [$F(5,1)=176.67$, $p<0.0000$].

Grâce aux résultats obtenus pour le HNR, nous avons calculé des moyennes et des écarts-types pour tous les locuteurs confondus. Ainsi, des graphiques et des tableaux ont été élaborés pour une meilleure visibilité de ces données.

Nous remarquons, dans les figures 89, 90 et 91, que la différence des moyennes du HNR entre les fricatives de la même paire est plus importante pour les interdentes, suivies des pharyngales, et cela dans les trois positions. Quant à la différence la plus faible, elle concerne la paire postalvéolaire. En effet, la fricative interdente voisée [ð] a la valeur la plus élevée de HNR de toutes les fricatives, elle atteint un maximum de 13,96 dB, avec un écart-type élevé de 3,80 en position initiale. La pharyngale voisée [ʕ] atteint également une moyenne importante de 9,24 dB et un écart-type de 3,55, en position intervocalique. Quant aux valeurs les plus faibles, elles sont de -2,58 dB avec un écart-type de 1,86 dB pour l'interdente non voisée [θ] en position intervocalique et de -0,63 dB avec un écart-type peu élevé de 1,37 pour la postalvéolaire non voisée [ʃ]. Nous remarquons également que les fricatives non voisées, d'une part, et voisées, d'autre part, des paires alvéolaires et uvulaires ont des moyennes de HNR proches pour toutes les positions. En effet, elles sont situées respectivement entre 0,53 dB et 1,22 dB pour [χ] et [s], et entre 1,53 dB et 6,39 dB pour [z] et [ʁ].

En outre, nous remarquons que le taux le plus élevé pour les fricatives non voisées est celui de l'alvéolaire [s] dans toutes les positions, tandis que le taux le moins élevé des fricatives voisées est celui de la postalvéolaire [ʒ]. Par ailleurs, certaines fricatives,

considérées phonologiquement non voisées, sont plus voisées phonétiquement que des fricatives voisées. En effet, le taux de voisement de l'alvéolaire [s] est plus élevé (une moyenne de 1,12 dB avec un écart-type élevé de 1,14) que celui de la postalvéolaire [ʃ] (une moyenne de 1,05 dB avec un écart-type de 1,50), en position finale.

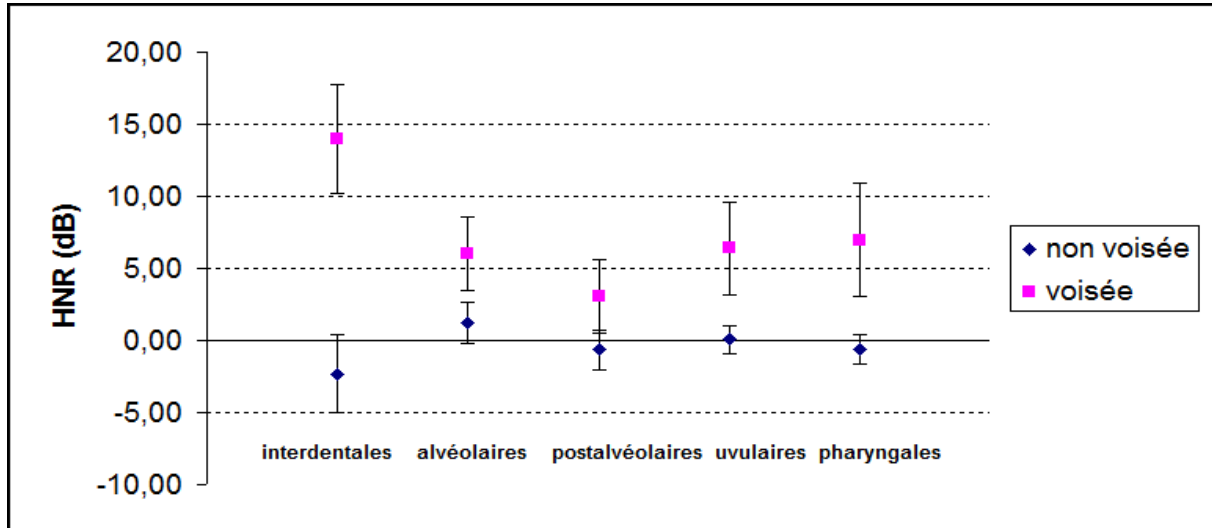


Figure 89 : Moyennes et écarts-types du HNR des paires de fricatives (voisée, non voisée) de l'arabe standard
Position initiale

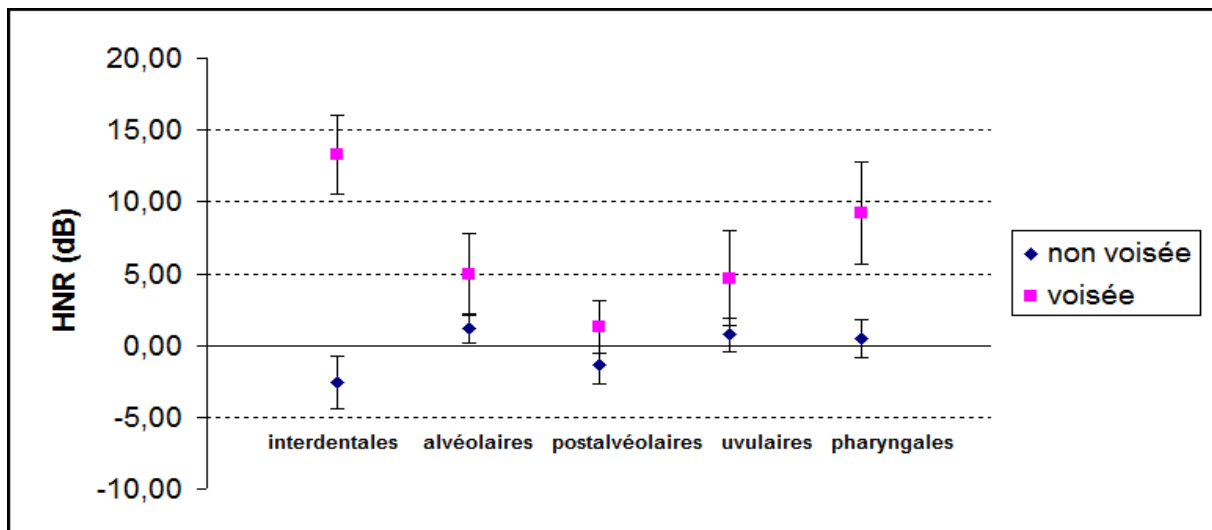


Figure 90 : Moyennes et écarts-types du HNR des paires de fricatives (voisée, non voisée) de l'arabe standard
Position intervocalique

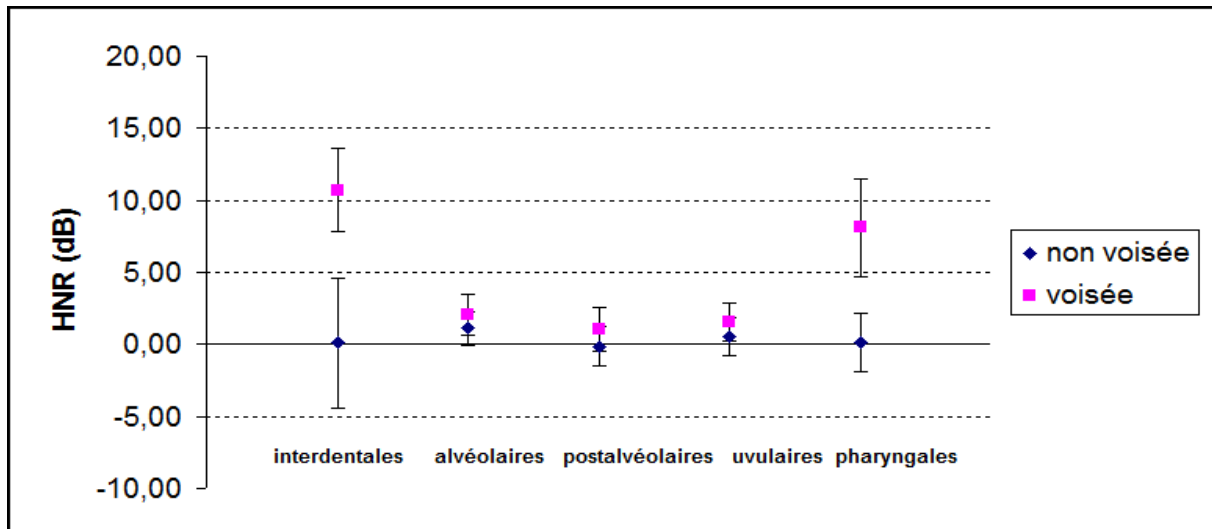


Figure 91 : Moyennes et écarts-types du HNR des paires de fricatives (voisée, non voisée) de l'arabe standard
Position finale

Pour assurer une meilleure lecture des données, nous proposons le tableau 30 rassemblant les résultats des durées absolues et des HNR des fricatives de l'arabe standard dans toutes les positions :

Tableau 30 : Valeurs moyennes et écarts-types de durée (ms) et HNR (dB) des fricatives
Voisement/ Tous locuteurs confondus

Fricative	Position initiale				Position intervocalique				Position finale			
	Durée (ms)		HNR (dB)		Durée (ms)		HNR (dB)		Durée (ms)		HNR (dB)	
	Moyenne	Ecart-type	Moyenne	Ecart-type	Moyenne	Ecart-type	Moyenne	Ecart-type	Moyenne	Ecart-type	Moyenne	Ecart-type
θ	124	15	-2,31	2,67	87	6	-2,58	1,86	102	20	0,10	4,51
ð	95	20	13,96	3,80	61	6	13,25	2,75	84	23	10,69	2,90
s	146	15	1,22	1,42	103	7	1,19	0,99	144	25	1,12	1,14
z	115	15	5,99	2,56	76	7	4,98	2,86	117	21	2,04	1,39
ʃ	142	15	-0,63	1,37	103	7	-1,36	1,35	143	21	-0,15	1,35
ʒ	100	13	3,09	2,57	73	7	1,28	1,84	120	16	1,05	1,50
χ	143	19	0,05	0,97	107	10	0,76	1,16	134	22	0,53	1,33
ʁ	68	13	6,39	3,20	52	9	4,68	3,32	95	16	1,53	1,33
ħ	155	18	-0,63	0,99	112	10	0,48	1,31	129	18	0,12	2,03
ʕ	46	71	6,99	3,88	51	10	9,24	3,55	72	15	8,10	3,42

Dans l'espace durée/HNR (*i.e.* Figures 92-94), nous remarquons que le groupe des fricatives voisées est plus éparpillé que celui des non voisés, dans les trois positions. Ainsi, les différences de durée et du HNR sont plus marquées entre les fricatives voisées que pour les

non voisées. De manière générale, la paire interdentale a les valeurs les plus extrêmes en ce qui concerne le HNR, dans les trois positions. En effet, l'interdentale non voisée [θ] a la moyenne la plus faible, de -2,58 dB, avec un écart-type de 1,86 dB, en position intervocalique, et l'interdentale voisée [ð] atteint la moyenne la plus élevée, de 13,96 dB, avec un écart-type de 3,80 dB, en position initiale. Ainsi, pour cette paire la différence de HNR est la plus importante, tandis que la différence de durée est faible dans toutes les positions. En revanche, les paires pharyngale et uvulaire ont les intervalles de durée les plus élevés entre la fricative voisée et sa correspondante non voisée. En effet, la différence est de 109 ms pour la paire pharyngale et de 75 ms pour l'uvulaire, en position initiale. Cette différence est due au fait que la fricative pharyngale voisée et l'uvulaire voisée se caractérisent par des durées faibles et des HNR assez élevés, notamment dans les positions initiale et intervocalique. De plus, la pharyngale non voisée [ħ] se caractérise par une durée assez importante dans les positions initiale et intervocalique, respectivement 155 ms (18 ms) et 112 ms (10 ms), et un HNR entre -0,63 dB et 0,43 dB. Ce qui signifie que pour cette fricative, ainsi que pour l'uvulaire non voisée [χ] et parfois la postalvéolaire [ʃ], ayant des valeurs de HNR proches de zéro, il y a autant d'énergie dans les harmoniques que dans le bruit de leurs signaux.⁶ Par ailleurs, la différence de HNR et de durée entre les fricatives postalvéolaires est parmi les plus faibles comparativement aux autres lieux d'articulation.

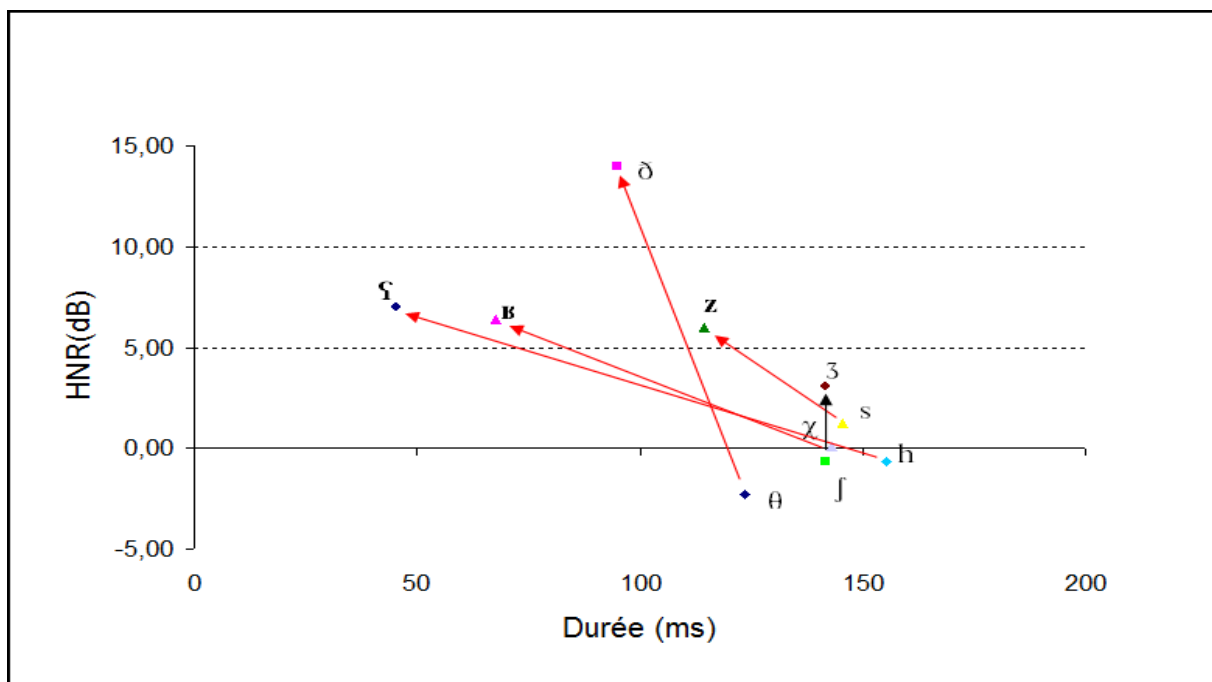


Figure 92 : Espace durée absolue/ HNR

⁶ Les flèches rouges indiquent le sens, de la fricative non voisée vers sa correspondante voisée.

Voisement/Position initiale

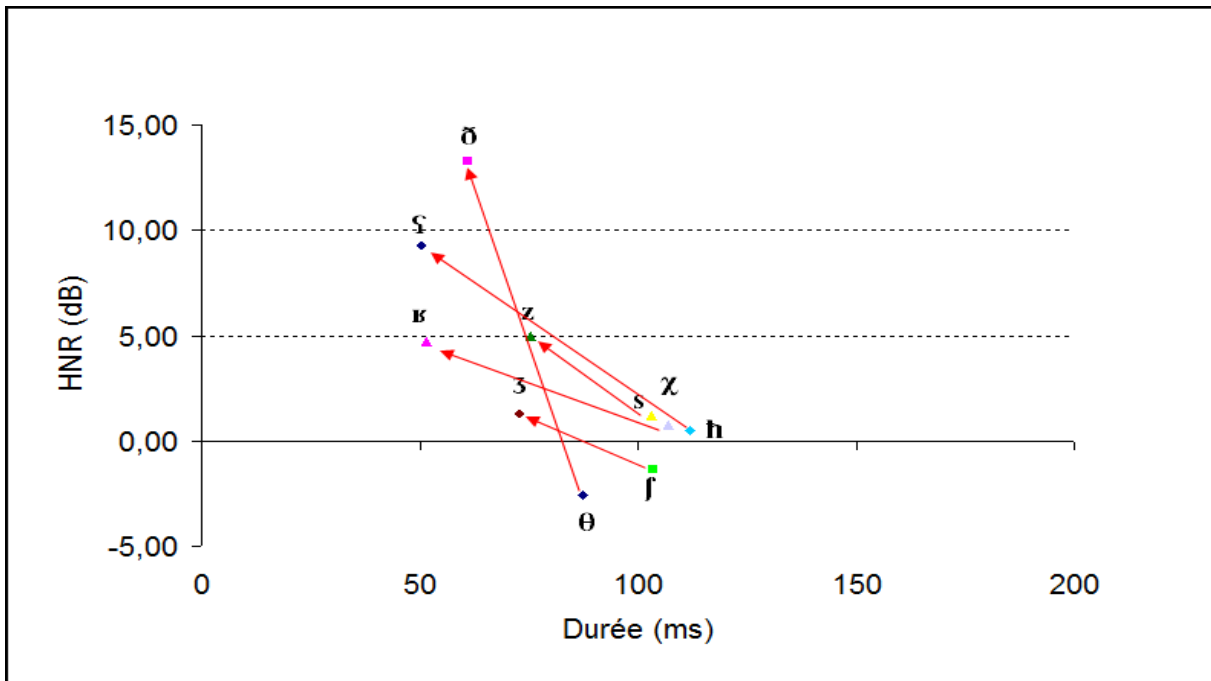


Figure 93 : Espace durée absolue/ HNR
Voisement/ Position intervocalique

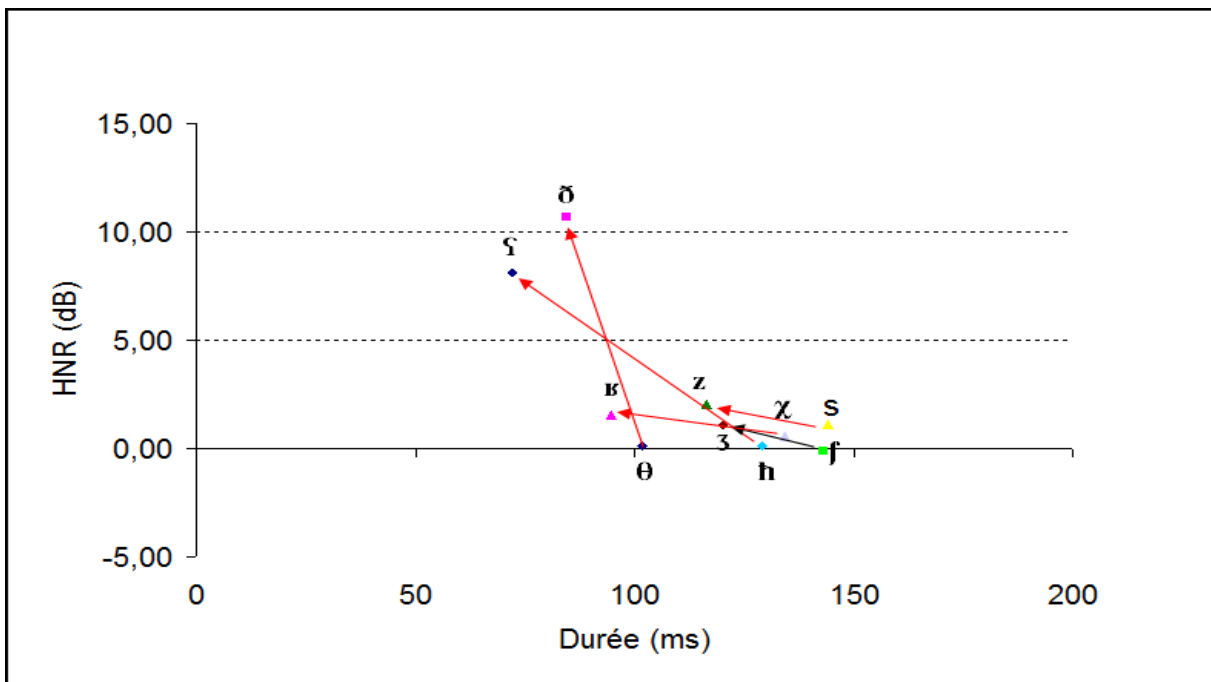


Figure 94 : Espace durée absolue/ HNR
Voisement/ Position finale

HNR/ Intensité relative

En ce qui concerne l'espace HNR/ intensité relative, nous remarquons que les interdentes voisées non pharyngalisée et pharyngalisée $[\delta]$ et $[\delta^{\text{h}}]$ se démarquent des autres

fricatives par leur HNR plus élevé puisqu'elles sont en dehors de l'amas dans les graphiques 95 et 96. De même, nous remarquons que l'interdentale non voisée [θ] et la labiodentale [f] se distinguent, mis à part leurs HNR bas, par leur intensité la plus basse de toutes les fricatives, et ce, pour les positions initiale et intervocalique. La pharyngale voisée [ʕ] et la laryngale non voisée [h] se particularisent également par un HNR élevé et par une intensité élevée, en position initiale, et moyennement élevée en position intervocalique.

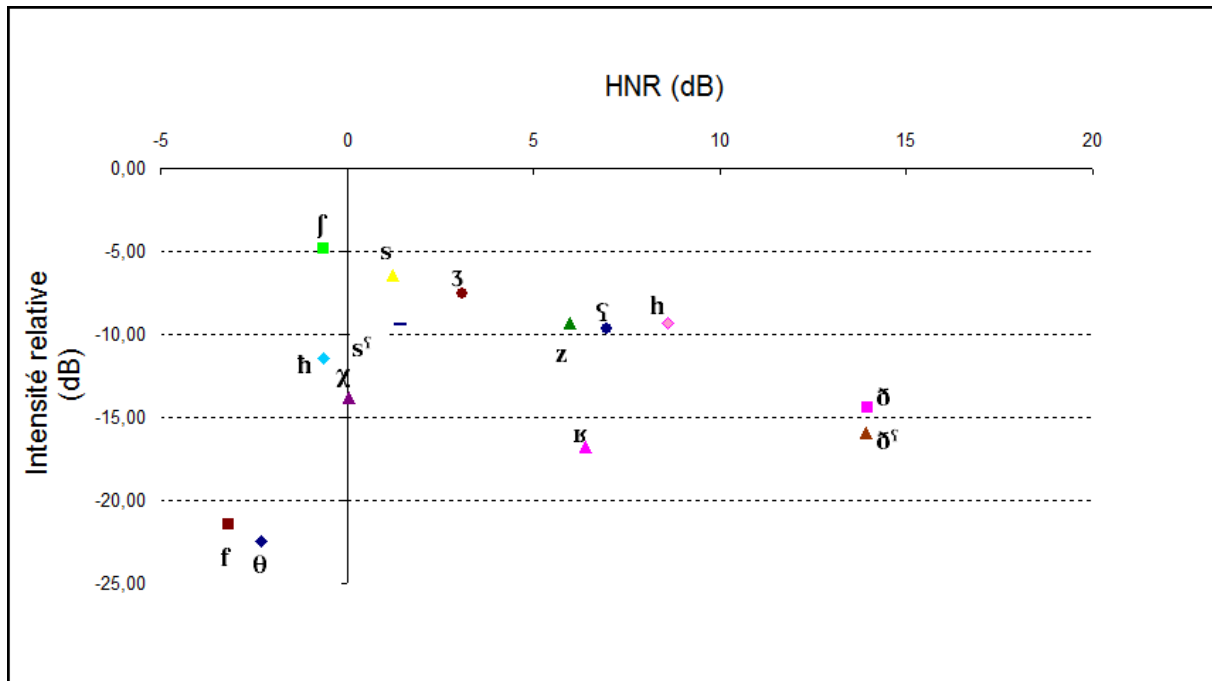


Figure 95 : Espace HNR/ intensité relative
Position initiale/ tous locuteurs confondus

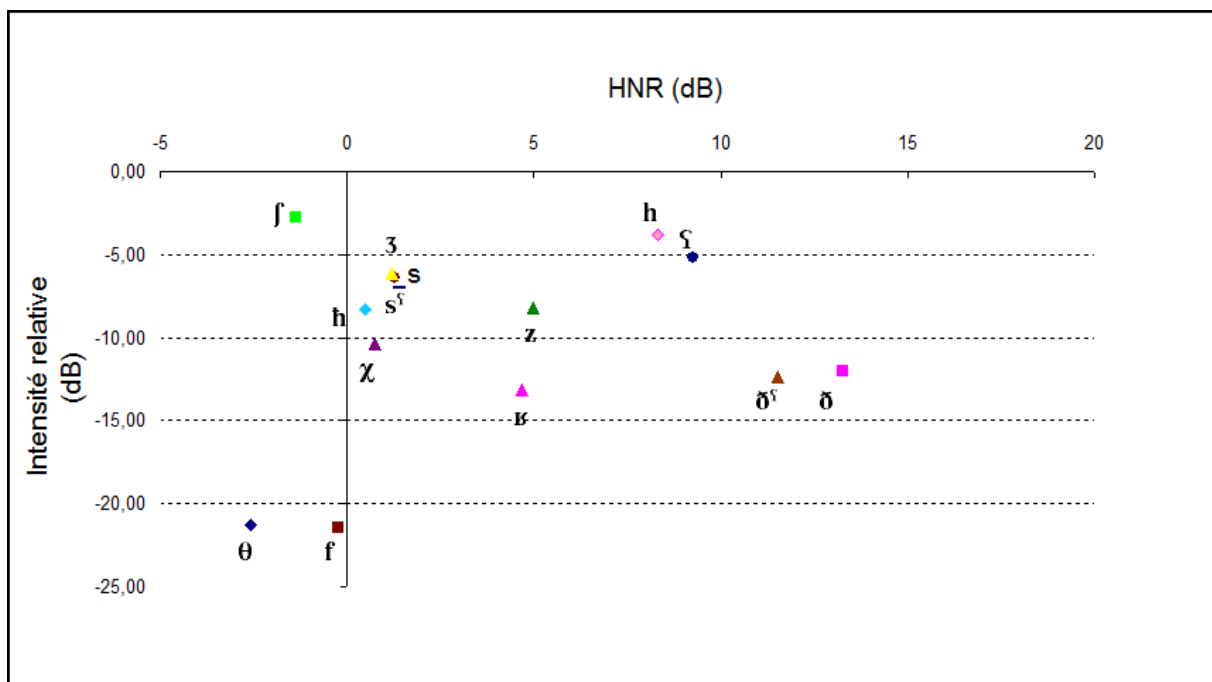


Figure 96 : Espace HNR/ intensité relative
Position intervocalique/ tous locuteurs confondus

2.4.2.3 Caractéristiques acoustiques relatives à la pharyngalisation : fréquences de F1 et F2 des voyelles postconsonantiques.

D'après Embarki *et al.* (2007), les consonnes pharyngalisées apparaissent comme une classe totalement distincte, ayant les pentes les plus plates et résistant à la coarticulation des voyelles adjacentes. Ils expliquent que les fricatives pharyngalisées résistent aux effets articulatoires de la voyelle suivante, en raison de leur double articulation. En revanche, ces consonnes induisent leurs effets sur la coarticulation de celle-ci en augmentant son F1 et en abaissant son F2. Nos données relatives aux fréquences de F1 et F2 corroborent ces résultats. En effet, nos mesures qui concernent les fréquences du premier et deuxième formant pour les séquences **CV**, où **C**'est l'une des fricatives ([ð], [ð^ɣ], [s], [s^ɣ]) et **V** est l'une des voyelles [a] bref ou [a:] long se sont révélées statistiquement significatives. Par conséquent, nous exposerons ci-après les résultats des analyses de variance et nous présenterons par la suite deux exemples de nos analyses qui les illustrent :

2.4.2.3.1 Résultats des analyses de variance (ANOVA)

○ Les interdentes ([ð], [ð^ɣ])

Position initiale

- L'effet des *Fréquences de F1* s'est montré significatif pour la paire de fricatives interdentes, en position initiale [F(5,1)=34.92 p<0.0041] ;
- L'effet des *Fréquences de F2* s'est montré significatif pour la paire de fricatives interdentes, en position initiale [F(5,1)=117.94 p<0.0004].

Position intervocalique

- L'effet des *Fréquences de F1* s'est montré significatif pour la paire de fricatives interdentes, en position intervocalique [F(5,1)=55.63 p<0.0017] ;
- L'effet des *Fréquences de F2* s'est montré significatif pour la paire de fricatives interdentes, en position intervocalique [F(5,1)=136.72 p<0.0003]

En effet, l'interdentale pharyngalisée [ð^ʕ] a un F1 légèrement plus élevé et un F2 plus bas que la non pharyngalisée [ð], pour les deux positions, initiale (*i.e.* Figure 97) et intervocalique.

○ **Les alvéolaires ([s], [s^ʕ])**

Position initiale

- L'effet des *Fréquences de F1* s'est montré significatif pour la paire de fricatives alvéolaires, en position initiale [F(5,1)=32.80 p<0.0046] ;
- L'effet des *Fréquences de F2* s'est montré significatif pour la paire de fricatives alvéolaires, en position initiale [F(5,1)=105.57 p<0.0005]

Position intervocalique

- L'effet des *Fréquences de F1* s'est dévoilé significatif pour la paire de fricatives alvéolaires, en position intervocalique [F(5,1)=38.90 p<0.0034] ;
- L'effet des *Fréquences de F2* s'est montré significatif pour la paire de fricatives alvéolaires, en position intervocalique [F(5,1)=41.01 p<0.0031].

L'alvéolaire pharyngalisée [s^ʕ] marque une légère élévation de F1 et une importante baisse de F2 comparativement à la non pharyngalisée [s], pour les deux positions, initiale et intervocaliques.

2.4.2.3.2 Exemples des résultats de l'étude des fréquences de F1 et F2 pour le cas de la pharyngalisation

Nous avons choisi de présenter, ci-dessous, les résultats fréquentiels de F1 et F2 pour la production de la paire alvéolaire ([s], [s^ʕ]), uniquement pour deux locuteurs (Nawel et Abdarraouf), afin d'éviter toute redondance. Notons, toutefois, que les résultats relatifs aux deux paires de fricatives concernées par la pharyngalisation ont été présentés parmi toutes les fricatives, dans le chapitre 3 de la partie II (*i.e.* Caractéristiques des formants vocaliques à proximité des fricatives de l'arabe standard).

- les séquences [sa:]/ [s^ha:]

Position initiale

❖ Locutrice Nawel

Pour la locutrice Nawel, nous remarquons que la différence de fréquences des F2 milieux est très importante entre la fricative non pharyngalisée [s] et la fricative pharyngalisée [s^h], par opposition à celle entre les F2 débuts. Ainsi, la moyenne de fréquence de F2 milieu de [a:] qui suit la fricative pharyngalisée [s^h] est de 1318 Hz, avec un écart-type de 51,10 Hz, tandis que la moyenne de fréquence de F2 milieu de [a:] qui suit la fricative non pharyngalisée [s] est de 1827 Hz, avec un faible écart-type de 44,31 Hz.

❖ Locuteur Abdarraouf

Pour le locuteur Abdarraouf, nous remarquons également que la différence entre les fréquences des F2 milieu de la fricative non pharyngalisée [s] et la fricative pharyngalisée [s^h] est beaucoup plus importante, en comparaison avec la différence entre les F2 début. En effet, la moyenne de fréquence de F2 milieu de [a:] qui suit la fricative pharyngalisée [s^h] pour ce locuteur est de 1127 Hz, avec un écart-type faible de 22,71 Hz, alors qu'elle est de 1620 Hz avec un faible écart-type de 35,35 Hz pour la fricative non pharyngalisée [s].

Position intervocalique

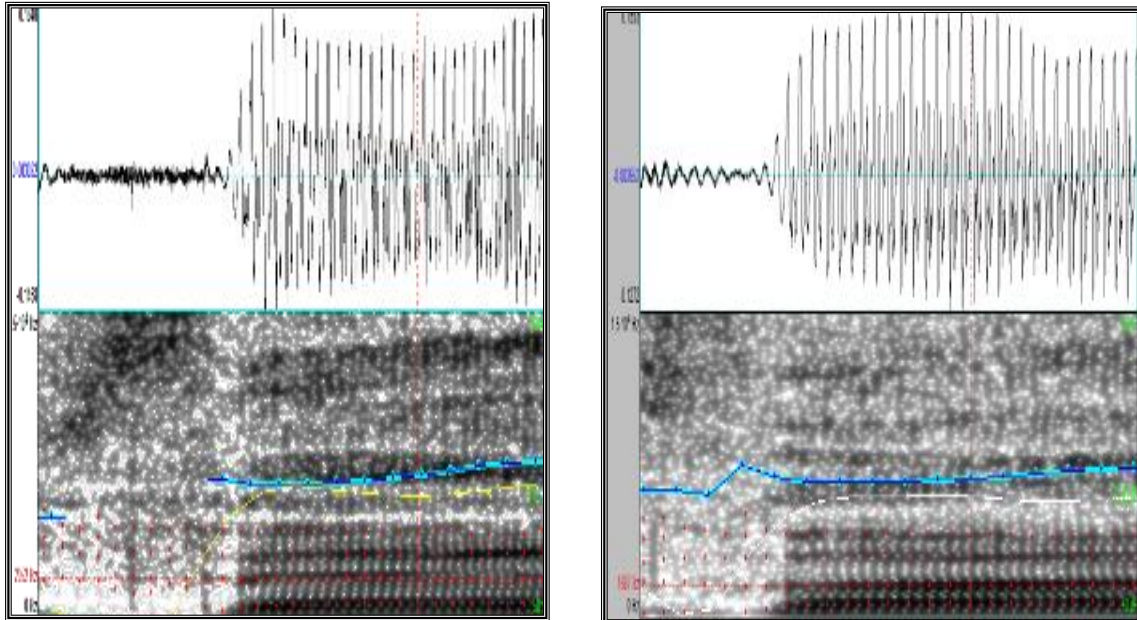
❖ Locutrice Nawel

Dans cette position, nous relevons les mêmes remarques que pour la position initiale, c'est-à-dire que la différence de fréquences des F2- au milieu de la voyelle brève [a]- entre la pharyngalisée [s^h] et la non pharyngalisée [s] est plus importante que celle entre les F2 débuts pour les mêmes fricatives.

❖ Locuteur Abdarraouf

Pour le locuteur Abdarraouf, nous remarquons également que la différence entre les fréquences des F2 milieu de la fricative non pharyngalisée [s] et la fricative pharyngalisée [s^h] est beaucoup plus importante en comparaison avec la différence entre les F2 début. En effet, la moyenne de fréquence de F2 milieu de [a:] qui suit la fricative pharyngalisée [s^h] pour ce

locuteur est de 1127 Hz, avec un écart-type faible de 22,71 Hz, alors qu'elle est de 1620 Hz, avec un faible écart-type de 35,35 Hz pour la fricative non pharyngalisée [s].



[ð]

[ð̠]

Figure 97 : illustration des formants F1 et F2 de la voyelle [a:] suivie d'une interdentale non pharyngalisée, puis pharyngalisée

2.4.3 Discussion

Nous discuterons ici des points principaux qui ont été vus dans la partie dédiée aux résultats. L'objectif principal ici est de rendre le lecteur d'avantage attentif aux spécificités de chaque son, reliées aux résultats obtenus.

1. La durée des fricatives

Les valeurs les plus élevées de la durée des fricatives de l'arabe pour tous les locuteurs confondus, sont celles de l'alvéolaire non voisée [s], l'alvéolaire pharyngalisée [s^ʕ], l'uvulaire non voisée [χ] et la pharyngale non voisée [ħ], pour les trois positions. En effet, selon Pirello et *al.*(1997) dans des syllabes où les fricatives [f, v, s, z] sont situées en position initiale, suivies d'une des combinaisons des voyelles [i, e, a, o, u], les fricatives alvéolaires sont en moyenne plus longues que les fricatives labiodentales, en anglais américain. Par ailleurs, la pharyngale voisée [ʕ] et l'uvulaire voisée [ʁ] occupent les valeurs les moins élevées pour toutes les positions. Ainsi, nous pouvons conclure que les lieux d'articulation alvéolaire et postalvéolaire se partagent les durées les plus élevées. Quant aux valeurs les moins élevées pour les trois positions, ce sont celles du lieu d'articulation laryngal. Par ailleurs, Behrens et Blumstein (1988) ont trouvé pour les mesures de durée des fricatives non voisées de l'anglais, que les sibilantes [s] et [ʃ] sont plus longues que les non sibilantes [f] et [θ] avec une différence moyenne de 33 ms. En effet, les sibilantes [s], [z], [ʃ] et [ʒ] ont, d'ordre général, des moyennes plus élevées que la labiodentale [f] et les interdentes [θ], [ð] et [ð^s]. Nous tenons cependant à signaler que dans notre étude des lieux, labiodental, laryngal et pour le cas des pharyngalisées, il existe une seule fricative pour chaque lieu. Autrement dit, la valeur moyenne de durée du lieu est celle de la fricative correspondante. En revanche, pour les autres cas, nous calculons toujours la moyenne pour deux fricatives ayant le même lieu. Ainsi, nous prenons ce facteur en considération lors des comparaisons entre les différents lieux d'articulation. Pour ce qui est de l'interprétation des différences de durée entre les lieux d'articulation, nous nous appuyons sur les travaux attestés *in* Calliope (1989: 92), qui montrent que la durée de la fricative, où la source de turbulence est le lieu d'articulation, dépend de la vitesse à laquelle les articulateurs se mettent en mouvement. Cette durée est brève pour les labiales, pour lesquelles les articulateurs sont très mobiles. Elle est longue pour les vélares en raison de l'inertie de l'articulateur mobile qu'est le dos de la langue. La durée des dentales est intermédiaire, car la pointe de la langue est un articulateur assez véloce. En effet pour notre étude, la durée est longue pour les alvéolaires, les postalvéolaires, les

uvulaires, et la labiodentale [f], en raison de l'inertie des articulateurs sollicités lors de la constriction. Elle est brève pour la laryngale [h] et pour les pharyngales notamment la voisée [ʕ], à cause de la mobilité très brève du pharynx et du larynx due à la distance faible à parcourir pour ces lieux d'articulation ; et elle est intermédiaire pour les interdentes [θ], [ð] et [ð^s] en raison de la vélocité de la pointe de la langue.

En ce qui concerne le trait phonologique de voisement des fricatives, la différence de durée entre les voisées et les non voisées de la même paire minimale est statistiquement significative, pour les trois positions. Jacques (1990 : 64) note que si l'on considère les positions séparément, les fricatives non voisées sont en moyenne plus longues que leurs homologues voisées et ce dans toutes les positions. Toutefois, le rendement de cet indice est limité, puisqu'il n'est vraiment fonctionnel qu'en position intervocalique pour les paires de consonnes linguales et en position intervocalique accentuée seulement pour la paire ([f], [v]). Ainsi, il ne peut être considéré comme prépondérant. Pour notre étude, cet indice est plus robuste pour les uvulaires et les pharyngales, où la distinction entre voisées et non voisées est le plus prononcée. En effet, la différence de durée est de 29 ms entre les interdentes [θ] et [ð], tandis qu'elle représente 48 ms entre les pharyngales [h] et [ʕ], c'est à dire qu'elle représente quasiment le double de la valeur de différence, et ce, pour la même position. En ce qui concerne la paire uvulaire, la non voisée [χ] marque des valeurs assez importantes par rapport aux autres fricatives, pour toutes les positions.

Pour ce qui est de la durée relative, Sock (1998 : 330) a souligné, lors d'une étude de la quantité, qu'il ne fallait pas s'arrêter aux durées segmentales absolues pour représenter un phénomène aussi élastique que le signal de la parole, mais qu'il serait plus judicieux de le compléter par une étude de durées relatives, afin de rendre les différences de durées segmentales absolues rationnelles. Il fait l'observation suivante pour le cas des voyelles.

« Une étude sur la quantité vocalique d'une langue ne saurait reposer uniquement sur l'observation des durées segmentales absolues, comme étant représentatives d'un phénomène aussi plastique temporellement que la parole. C'est d'avantage par la prise en compte des durées relatives que l'on pourrait, au bout du compte, arriver à rationaliser les différences de durées segmentales absolues, dans un domaine adéquat ». (Sock, 1998 : 330)

En effet, les valeurs de durées relatives obtenues pour notre étude ont toujours consolidé les résultats de durées absolues (cf. Annexes, tableau 43). Notons, toutefois, que la durée relative est inversement proportionnelle à la vitesse d'élocution du locuteur. Autrement dit, plus la durée relative du locuteur est importante plus sa vitesse d'élocution est lente, et vice versa. Par rapport aux résultats obtenus pour tous les locuteurs, nous parlerons donc de la

valeur moyenne de leurs vitesses d'élocution. Nous pouvons ainsi, à partir de données normalisées, vérifier le fait que la vitesse d'élocution des locuteurs avait été comparable, lors des enregistrements.

Pour la pharyngalisation, nous ne relevons pas de différence de durée importante entre les fricatives interdentes ([ð]/ [ð^h]) et alvéolaires ([s]/ [s^h]), pour les trois positions. Ainsi, nous pouvons conclure, en nous fondant sur les résultats statistiques, que les durées absolue et relative n'ont pas d'effet significatif pour l'opposition de pharyngalisation entre les fricatives de la même paire ([ð], [ð^h]) et ([s], [s^h]).

Par ailleurs, le sexe du locuteur indique les mêmes résultats ; ils sont statistiquement non significatifs pour la durée absolue et relative. Ainsi, nous n'avons pas trouvé de différences importantes entre les réalisations des femmes et des hommes au niveau de la durée.

Nous avons toutefois remarqué que dans les mêmes séquences CV ou VC, il existerait une tendance à l'isochronie, où une relation de compensation de quantité (Cantineau, 1960 : 103) s'établit entre la fricative et les voyelles sous-jacentes [a] ou [a:]. Autrement dit, lorsque la fricative est de courte durée, la voyelle qui la suit (position initiale et intervocalique), ou la précède (position finale) est de longue durée, et vice-versa (cf. Annexes, tableau 43). Djéradi et al. (1991) notent que les résultats relatifs à l'étude de la durée des fricatives pharyngales et laryngales de l'arabe montrent que l'allongement vocalique est visiblement influencé par le contexte consonantique et que l'opposition significative de durée vocalique est obtenue dans la plupart du temps avec la voyelle [a]. Pour le cas des séquences VC, Sock (1998 : 316) mentionne que la durée vocalique ne dépend pas seulement de facteurs intrinsèques mais elle peut également varier selon l'entourage consonantique et notamment selon la consonne subséquente.

«Les données analysées ici pour l'arabe marocain, ainsi que celles attestées pour l'arabe koweïtien et l'arabe tunisien (Delattre et al., 1989) suggèrent que la consonne post-vocalique apporte aussi une contribution significative à l'opposition de quantité vocalique.» (Sock, 1998 : 316).

Selon Halle et Stevens (1967) et Chomsky et Halle (1968), les voyelles seraient plus longues devant les consonnes voisées pour permettre des ajustements laryngés nécessaires au maintien de la vibration glottale, durant la constriction ou la fermeture orale.

Nous tenons également à mentionner que la voyelle brève [a] a une durée moyenne équivalente à quasiment la moitié de la voyelle longue [a:] (cf. Tableaux 40-43, dans

Annexes). Cela rejoint les résultats de Barkat (2001) notant que pour le dialecte algérien, les durées moyennes entre la voyelle brève et la voyelle longue sont de 52ms/103ms.

En ce qui concerne la variation des valeurs des écarts-types, elle reflète la variabilité intra- et interlocuteur, le plus souvent liée à la vitesse d'élocution du locuteur lors de la production des sons. Stevens (1960) explique que la production des sons du langage, en particulier des fricatives, implique des sources intrinsèques de la variabilité découlant du changement dans la forme du conduit vocal et le taux du débit de l'air. Al-Ani (1970), quant à lui, note que la durée varie d'un individu à l'autre, et que même chez un même sujet, la durée peut dépendre de sa manière de parler. Enfin, la variabilité dans le signal de parole dépend également de l'âge, de la taille du conduit vocal, de la vitesse d'élocution, et du contexte d'énonciation.

2. L'intensité relative des fricatives

La fricative postalvéolaire non voisée [ʃ] occupe les valeurs les plus élevées de l'intensité relative pour la position initiale et intervocalique. La deuxième position revient à l'alvéolaire non voisée [s]. La pharyngale voisée [ʕ] et la laryngale [h] ont le même niveau d'intensité que les alvéolaires en position initiale, et les postalvéolaires en position intervocalique. Néanmoins, les uvulaires [χ] et [ʁ] et les interdentes [ð] et [ð^s] ont des valeurs d'intensité relative proches. Quant aux valeurs les plus faibles, elles sont relevées respectivement pour l'interdentale non voisée [θ] et la labiodentale [f], pour la position initiale. En effet, nos résultats concordent avec ceux donnés in Calliope (1989 : 105) :

« Les fricatives labiodentales [f/v], pour lesquelles les incisives supérieures viennent au contact de la lèvre inférieure, se distinguent des autres fricatives principalement par leur faible intensité : si [s] et [ʃ] sont d'environ -7 à 15dB, et -3 à -10dB moins intenses que la voyelle suivante, ces valeurs atteignent -25 à -35dB pour [f] et -20 à -30dB pour [v] (exceptionnellement -15dB). »

Pour ce qui est des lieux d'articulations, les analyses statistiques ont révélé qu'ils ont un effet statistiquement significatif sur l'intensité relative pour la position initiale et intervocalique. En effet, le lieu postalvéolaire est le plus intense pour notre étude. Il est suivi du lieu alvéolaire et alvéolaire pharyngalisé pour lesquels, il y a une légère différence d'intensité relative. Ce qui est surprenant est que pour le lieu pharyngal et laryngal, l'intensité relative est tout aussi forte que pour les alvéolaires. Le lieu uvulaire marque un niveau d'intensité proche du lieu interdente.

Nous pouvons ainsi constater que, outre les fricatives postalvéolaires et alvéolaires, les pharyngales, laryngale et pharyngalisées sont marquées par une intensité relative assez élevées. Dans cette optique, Yeou et Vaissière (2000) posent que la modélisation a permis de considérer les consonnes uvulaires, pharyngales et pharyngalisées de l'arabe standard comme des approximantes et non comme des fricatives.

Par ailleurs, les écarts-types élevés des lieux laryngal, alvéolaire et alvéolaire pharyngalisé montrent qu'il existe une importante variabilité lors de la production des fricatives de ces lieux d'articulation.

3. Le HNR des fricatives

La fricative interdentale voisée [ð] a la valeur la plus élevée de HNR de notre étude. La pharyngale voisée [ʕ] atteint également une moyenne importante. Quant aux valeurs les plus faibles, elles sont pour l'interdentale non voisée [θ] et la postalvéolaire non voisée [ʃ]. Notons également que les moyennes de HNR des fricatives non voisées [χ] et [s] sont proches et c'est le cas également de leurs correspondantes voisées [z] et [ʁ].

Santerre (1985) a montré que les fricatives peuvent être perçues comme voisées même en l'absence de barre de voisement. Ainsi, il a déduit que la barre de voisement ne serait pas l'indice unique qui permettrait de distinguer les fricatives voisées de leurs correspondantes non voisées. En parallèle, pour notre étude, les statistiques ont révélé que le HNR avait un effet significatif sur le trait de voisement, pour les paires de fricatives alvéolaire, postalvéolaire, uvulaire et pharyngale, dans les trois positions. En effet, les valeurs de HNR des fricatives voisées sont plus élevées que celles de leurs correspondantes non voisées. Cependant, la différence entre les valeurs moyennes du HNR des fricatives des mêmes paires (non voisée, voisée) est la plus importante pour les interdentales, suivie des pharyngales, dans les trois positions. Ainsi, la différence entre les non voisées et les voisées est plus prononcée pour ces deux paires de fricatives. Quant à la différence la plus faible, elle concerne les postalvéolaires.

Par ailleurs, pour les fricatives non voisées, l'alvéolaire [s] a le taux de voisement (HNR) le plus élevé pour toutes les positions, tandis que le taux le moins élevé des fricatives voisées est celui de la postalvéolaire [ʒ]. De plus, ce taux de voisement est plus élevé pour [s] (une moyenne de 1,12 dB avec un écart-type élevé de 1,14) que [ʒ] (une moyenne de 1,05 dB avec un écart-type de 1,50), en position finale non absolue, où les fricatives sont précédées de la voyelle brève [a]. Pour expliquer ce faible taux de voisement de la postalvéolaire voisée [ʒ], nous procédons à une comparaison avec les travaux de Jacques (1990) qui ont montré que le

voisement des fricatives voisées du français de Montréal occupe la presque totalité de la durée de [v] et la moitié de la durée de [z] et [ʒ] ; cette proportion diminue dans le cas des voisées en finale absolue en raison de la durée plus longue de la consonne dans cette position. Il ajoute que les fricatives non voisées ne comportent de voisement que dans 10% de leur durée, sauf dans les cas d'assimilation. De plus, si les écarts types sont élevés comme c'est le cas dans notre étude, Jacques (1990) explique que les fricatives voisées peuvent ne comporter aucun voisement ou être voisées à 100% de leur durée, ce qui explique le fait qu'elles soient obstruantes.

Parallèlement, Sock (1998) note, d'une part, que dans le contexte d'une consonne non voisée, une augmentation trop élevée de la phase vocalique impliquerait, bien entendu, une réduction de la proportion du temps prise par la consonne, provoquant éventuellement la sonorisation de cette dernière. D'autre part, dans le contexte d'une consonne voisée, une trop grande augmentation de la phase vocalique aura la même conséquence de réduction de la phase consonantique complémentaire, ce qui dans ce cas pourrait impliquer une réalisation dite « flapped » de cette consonne. Il ajoute que du point de vue de la préservation du voisement, qu'il soit phonologiquement pertinent ou phonétiquement réalisé, le choix d'augmenter la proportion de la phase vocalique dans le domaine VC ne correspond pas à une trajectoire viable.

4. Caractéristiques fréquentielles des formants F1 et F2 face à la pharyngalisation

Embarki *et al.* 2007 ont montré que dans les séquences CV, les fricatives pharyngalisées résistent aux effets articulatoires de la voyelle suivante, en raison de leur double articulation ; et qu'ils induisent leurs effets sur la coarticulation de celle-ci en augmentant son F1 et en abaissant son F2. Nos données relatives aux fréquences de F1 et F2 corroborent ces résultats. En effet, pour notre étude des séquences CV, en position initiale et intervocalique, nous confirmons, en nous appuyant sur les résultats statistiques, que les fricatives pharyngalisées [ð^ɣ] et [s^ɣ] diffèrent significativement des fricatives non pharyngalisées correspondantes [ð], et [s] par une importante baisse du deuxième formant F2, et une légère élévation du premier formant F1 (Yeou, 1996).

2.4.4 Conclusions

Rappelons que nous avons vérifié la robustesse de la plupart des indices phonétiques qui seront cités dans cette conclusion, à l'aide des analyses de variance (ANOVA).

1. La durée

- La durée est bel et bien un paramètre pertinent dans la distinction des lieux d'articulation. En effet, pour notre étude, la durée est longue pour les alvéolaires, les postalvéolaires, les uvulaires, et la labiodentale [f], elle est intermédiaire pour les interdentes [θ], [ð] et [ð^ʃ] et brève pour la laryngale [h] et les pharyngales, en particulier la voisée [ʁ] ;
- Pour les classes phonologiques (non voisée/ voisée), les durées des fricatives non voisées sont plus longues que celles de leur homologues voisées, au sein de la même paire minimale ;
- L'opposition de durée est remarquablement plus nette pour les consonnes pharyngales et uvulaires que pour les autres lieux d'articulation. En conséquence, l'étude des valeurs absolues confirme la pertinence de la durée dans la distinction des catégories non voisée/ voisée et les lieux d'articulation uvulaire et pharyngale confirment, d'autant plus, son efficacité dans le maintien de cette opposition ;
- L'opposition entre les deux classes phonologiques se fait également par la durée vocalique, lorsque la voyelle postconsonantique est phonologiquement brève la consonne est phonétiquement longue, et cela de manière quasi-systématique ;
- Il n'y a pas de différence significative de durée entre les locuteurs féminins et les locuteurs masculins ;
- Il n'y a pas de différence significative de durée entre les fricatives pharyngalisées et leurs correspondantes non pharyngalisées ;
- Les résultats de la durée relative consolident ceux de l'absolue et confirment la production des phrases à une vitesse d'élocution comparable pour tous nos locuteurs, à savoir une vitesse d'élocution normale, lors des enregistrements.

2. L'intensité relative des fricatives

L'intensité relative est un bon indicateur des lieux d'articulation et permet d'obtenir des groupes pouvant être considérés comme des classes catégorielles.

- Le lieu d'articulation marqué par la plus forte intensité est le postalvéolaire notamment en position intervocalique. Il est suivi du lieu alvéolaire et alvéolaire pharyngalisé. Les lieux d'articulation postérieurs, notamment pharyngal et laryngal, ont une intensité relative quasiment aussi élevée que les sibilantes. Les lieux uvulaire, interdental et interdental pharyngalisé ont des valeurs moyennes d'intensité intermédiaire. Quant au lieu labiodental, il a l'intensité la plus faible de tous les lieux d'articulation de notre étude, et cela dans les positions initiale et intervocalique.
- Le lieu pharyngal et laryngal se démarquent avec une intensité relative élevée.

3. le HNR des fricatives

L'Harmonics-to-Noise Ratio (HNR) s'est avéré utile pour examiner la réalisation du trait de voisement des fricatives de l'arabe standard.

- Au sein de la même paire minimale, le HNR de la fricative non voisée est plus faible que celui de sa correspondante voisée ;
- Une fricative voisée pourrait avoir un HNR plus faible qu'une autre fricative non voisée.

4. Caractéristiques fréquentielles des formants F1 et F2 face à la pharyngalisation

Les fricatives pharyngalisées [ð^h] et [s^h] ont un F2 plus bas et F1 légèrement plus haut que leurs correspondantes non pharyngalisées [ð] et [s].

Notre étude acoustique nous a permis de faire quelques inférences liées aux caractéristiques articulatoires des fricatives étudiées. Nous avons pu ainsi mettre au jour des indices acoustiques qui semblent plus ou moins robustes pour décrire et parfois discriminer ces consonnes. Ces indices acoustiques contribueraient, en conséquence, à l'élaboration de l'espace de contrôle qui serait acoustico-auditif (Stevens, 1989 ; Guenther et Perkell, 1998 ; Perkell, 1993). Nous pensons, toutefois, que l'on ne peut pas restreindre l'espace de contrôle au seul domaine acoustique, étant donné les spécificités de nos locuteurs dans la réalisation des différentes fricatives. En effet, leurs réalisations semblent suggérer des différences de comportements et de stratégies articulatoires, chacun se servant de ses particularités idiosyncrasiques, selon le contexte, pour produire la fricative. Nous retrouvons ici le

phénomène de la variabilité adaptative de Lindblom (1987), ou celui de la négociation, qui s'installe dans toute situation où l'on produit de la parole pour être perçu. Il nous semble plus plausible de parler, *in fine*, d'un espace de contrôle articulatoire-acoustique.

Pour résumer :

Nous proposons, dans le tableau 31, un récapitulatif des résultats chiffrés obtenus dans cette étude, pour tous les locuteurs confondus. Les couleurs contribuent à une lecture en termes de degré élevé, intermédiaire ou faible.

Tableau 31 : Valeurs moyennes des durées absolues, HNR et intensités relatives des fricatives de l'arabe standard pour tous les locuteurs confondus

Lieu d'articulation	Fricative	Durée (ms)			HNR (dB)			Intensité relative (dB)		
		Position initiale	Position intervocalique	Position finale	Position initiale	Position intervocalique	Position finale	Position initiale	Position intervocalique	Position finale
labiodentale	f	131	82	105	-3,19	-0,23	-2,54	-21,41	-17,24	
	θ	124	87	102	-2,31	-2,58	0,10	-22,42	-21,29	
interdentale	ð	95	61	84	13,96	13,25	10,69	-14,43	-12,04	
	ðʕ	97	56	95	13,93	11,53	11,83	-15,93	-12,33	
alvéolaire	s	146	103	144	1,22	1,19	1,12	-6,41	-6,17	
	sʕ	145	100	144	1,42	1,40	0,78	-9,42	-6,98	
	z	115	76	117	5,99	4,98	2,04	-9,33	-8,24	
postalvéolaire	ʃ	142	103	143	-0,63	-1,36	-0,15	-4,84	-2,80	
	ʒ	100	73	120	3,09	1,28	1,05	-7,52	-6,36	
uvulaire	χ	143	107	134	0,05	0,76	0,53	-13,84	-10,40	
	κ	68	52	95	6,39	4,68	1,53	-16,82	-13,14	
pharyngale	ħ	155	112	129	-0,63	0,48	0,12	-11,47	-8,34	
	ʕ	67	51	72	6,99	9,24	8,10	-9,65	-5,20	
laryngale	h	100	73	85	8,59	8,32	5,04	-9,36	-3,81	

Légende :

	élevé
	intermédiaire
	faible

DISCUSSION ET CONCLUSION GÉNÉRALES

“Fricatives are produced with a narrow constriction in the oral cavity. The turbulence of the airflow passing this constriction generates the characteristic sound of frication.

The exact location of the narrow passage and the size and form of the cavity in front of the constriction define the acoustic characteristics of fricatives.” Stevens (1998).

Nous nous sommes inspirée de cette citation lors de notre analyse acoustique des fricatives de l’arabe standard (*cf.* chapitre 2, 3, et 4 de la partie II). En substance, Stevens (1998) dit que les fricatives sont produites avec une constriction exigüe dans le conduit vocal. La turbulence du jet d’air qui traverse cette constriction génère le son de friction caractéristique de ces consonnes. La localisation exacte de ce passage exigü, ainsi que la taille et la forme de la cavité avant la constriction déterminent les caractéristiques acoustiques des fricatives.

Dans un premier temps, nous présenterons les indices phonétiques qui ont servi pour la distinction des fricatives de l’arabe standard, en les regroupant sous des sections représentatives des hypothèses posées dans les différents chapitres. Nous résumerons, ensuite, les points saillants de cette étude, en proposant quelques perspectives.

1. L’effet des locuteurs

De manière générale, nos données fondées sur les analyses statistiques de variances ont montré qu’il existe une variabilité inter- et intra-individuelle significative, pour les résultats du CoG du bruit de friction, les fréquences des 4 premiers formants de la voyelle subséquente aux fricatives de l’arabe standard, mais également pour la durée, l’intensité relative et le HNR de ces fricatives. En effet, les différentes valeurs des écarts-types témoignent de la variabilité entre les résultats des locuteurs.

2. L’effet du sexe du locuteur

Pour ce qui est du *sexe des locuteurs*, il a un effet statistiquement significatif pour les fréquences des deux formants F3 et F4 pour les deux positions initiale et intervocalique. En effet, les fréquences de F3 et F4 des femmes sont plus élevées que celles des hommes. Quant

à la durée et le CoG du bruit de friction, nous n'avons pas relevé de différence significative entre les locuteurs féminins et masculins.

3. L'effet du trait phonologique du voisement des fricatives

Au sein de la même paire, les fricatives interdentes ([θ], [ð]), alvéolaires ([s], [z]), postalvéolaires ([ʃ], [ʒ]), uvulaires ([χ], [ʁ]) et pharyngales ([ħ], [ʕ]) montrent des valeurs moyennes significativement plus élevées pour les non voisées que leurs correspondantes voisées, et ce, pour le CoG du bruit de friction et la durée des fricatives. Quant au HNR, les valeurs des fricatives non voisées sont plus faibles que celles de leurs homologues voisées. Toutefois, aucun formant associant les deux positions initiale et intervocalique ne s'est révélé significatif pour les fréquences formantiques des voyelles subséquentes aux fricatives. Signalons toutefois que l'opposition de quantité est remarquablement plus nette pour les consonnes pharyngales et uvulaires que pour les autres lieux d'articulation, et qu'une fricative voisée pourrait avoir un HNR plus faible qu'une autre fricative non voisée (exemple : $HNR[ʒ] < HNR[s]$). En outre, la durée vocalique contribue à l'opposition entre les fricatives non voisées et voisées et cela de manière quasi systématique. En effet, lorsque la voyelle postconsonantique est phonologiquement brève, la consonne est phonétiquement longue, et *vice versa*.

4. L'effet du lieu d'articulation

De manière générale, l'effet du lieu d'articulation s'est effectivement révélé un bon indicateur des différentes articulations investiguées.

➤ *CoG fréquentiel/Intensité relative*

Pour les alvéolaires pharyngalisée [s^ʕ] et non pharyngalisée [s], les valeurs du CoG sont les plus élevées et l'intensité relative est assez élevée. Les postalvéolaires [ʃ], [ʒ] et l'alvéolaire [z] ont également un CoG assez élevé et une intensité relative élevée. En revanche, pour la labiodentale non voisée [f] et l'interdentale non voisée [θ], le CoG est moyennement élevé et l'intensité relative a les valeurs les plus faibles. Quant aux interdentes voisées [ð] et [ð^ʕ], le CoG est le plus faible de toutes les fricatives, et l'intensité relative est moyennement élevée. Pour ce qui est des uvulaires [χ], [ʁ] et la pharyngale non voisée [ħ], le CoG et l'intensité relative sont moyennement élevés. Pour la pharyngale voisée [ʕ] et la laryngale [h], l'intensité relative est assez élevée, mais le CoG est faible.

➤ *Durée absolue/HNR*

La différence de durée et du HNR est plus importante entre les fricatives voisées que pour les non voisées. La paire interdentale marque, généralement, les valeurs les plus extrêmes en ce qui concerne le HNR, dans les trois positions. En effet, l'interdentale non voisée [θ] a la moyenne la plus faible en position intervocalique, et l'interdentale voisée [ð] atteint la moyenne la plus élevée en position initiale. En conséquence, la différence de HNR pour cette paire est très importante. En revanche, la différence de durée est faible pour toutes les positions. Cependant, les paires, pharyngale et uvulaire, marquent les différences de durée les plus élevées entre les paires de fricatives voisée et non voisée. Cette différence est le résultat d'une durée faible et d'un HNR assez élevé de la fricative pharyngale voisée [ʕ] et l'uvulaire voisée [ʁ], notamment dans les positions initiale et intervocalique. Pour ce qui est des fricatives de la paire postalvéolaire, la différence de HNR et de durée compte parmi les plus faibles, par rapport aux autres lieux d'articulation.

➤ *HNR/ Intensité relative*

Les interdentales voisées non pharyngalisée [ð] et pharyngalisée [ð^ʕ] se démarquent des autres fricatives par leur HNR le plus élevé. En outre, l'interdentale non voisée [θ] et la labiodentale [f] se distinguent par un HNR bas et l'intensité la plus faible de toutes les fricatives, dans les positions initiale et intervocalique. Quant à la pharyngale voisée [ʕ] et la laryngale non voisée [h], elles se distinguent par un HNR élevé et une intensité élevée en initiale, et moyennement élevée en intervocalique.

➤ *Les fréquences des formants de la voyelle suivant les fricatives*

Le lieu d'articulation s'est montré statistiquement significatif pour les fréquences des trois premiers formants F1, F2 et F3, en positions initiale et intervocalique.

Pour la corrélation F1/F2, les fricatives pharyngales et pharyngalisées se démarquent nettement des autres fricatives. En effet, les pharyngales [h] et [ʕ] ont un F1 élevé et les pharyngalisées [ð^ʕ] et [s^ʕ] ont un F1 élevé et F2 bas. Par ailleurs, les fricatives à spectre diffus [f], [θ], [ð] restent très proches autour de leur zone de dispersion, notamment au centre de la voyelle. Quant aux fricatives sibilantes [s], [z], [ʃ], [ʒ], elles se regroupent, avec un F1 bas et un F2 élevé. La postalvéolaire voisée [ʒ] se manifeste par un F1 le plus bas et un F2 parmi les plus élevés, et sa correspondante non voisée [ʃ] a un F2 élevé. Par ailleurs, la laryngale [h] et les uvulaires [χ] et [ʁ] sont proches entre elles, et elles s'éloignent nettement des

postalvéolaires et alvéolaires, pour ce qui concerne F1 et F2. Pour le F3, les valeurs les plus basses reviennent aux pharyngales qui sont nettement différentes des postalvéolaires et des uvulaires. Quant aux interdentes, la non voisée [θ] se distingue de la voisée [ð] au niveau de F3.

En conséquence, hormis les pharyngales et les pharyngalisées, nous classons les fricatives de l'arabe selon leur distribution en trois groupes : les fricatives antérieures ([f], [θ], [ð]), les fricatives intermédiaires ([s], [z], [ʃ], [ʒ]) et les postérieures ([χ], [ʁ], [h]).

Notons, toutefois, que l'influence du lieu d'articulation de la consonne sur la voyelle est plus faible à mesure que l'on s'éloigne de cette consonne cible. Cela est révélé par la différence importante des valeurs obtenues entre les mesures effectuées à la jonction de la fricative et la voyelle, par opposition aux mesures prises au centre de cette dernière.

5. L'effet des transitions formantiques

Nos résultats des transitions formantiques pour les fréquences de F1 ont démarqué la paire pharyngale des autres fricatives, avec des pentes descendantes au lieu de montantes, pour les positions initiale et intervocalique. Quant aux fréquences de F3, les pentes sont montantes pour toutes les fricatives, hormis pour l'interdentale voisée [ð] et la pharyngale voisée [ʕ]. Pour F4, toutes les pentes sont montantes, à l'exception de la pharyngale voisée [ʕ].

Résumé :

Nous proposons de situer notre travail par rapport à ce qui existe dans la littérature, en abordant les points les plus saillants, afin de les relier à des problématiques plus larges. En effet, dans une perspective de phonétique générale, nous nous sommes intéressée à la langue arabe en raison de son système consonantique très riche, en particulier de lieux d'articulation postérieurs. En effet, nos résultats ont montré pour le centre de gravité du bruit de friction que, plus on recule vers l'arrière de la cavité buccale plus les valeurs moyennes baissent. En outre, les transitions formantiques de F1 ont servi à démarquer la paire pharyngale [ħ] et [ʕ], et ceux de F3 et F4 ont servi à isoler, tout particulièrement, la pharyngale voisée [ʕ], avec des pentes, de sens opposé aux autres fricatives. En outre, l'intensité relative s'avère un indice significatif qui aide à la distinction des lieux d'articulation postérieurs. En effet, les lieux d'articulation pharyngale et laryngale sont aussi intenses que les postalvéolaires et les alvéolaires ; et l'intensité des uvulaires est assez élevée. De plus, la pharyngale voisée [ʕ] est marquée par une durée très brève, difficile à délimiter sur les spectrogrammes.

Par ailleurs, l'opposition de voisement des fricatives ne repose pas uniquement sur la durée segmentale ou le centre de gravité du bruit de friction, mais aussi sur le HNR. Signalons toutefois que l'opposition de durée est remarquablement plus nette pour les paires de fricatives pharyngales et uvulaires et que celle du HNR est plus prononcée pour les interdentales.

Ces résultats nous amènent à réfléchir sur la nature phonologique de certaines consonnes dites fricatives. En effet, pour ce qui est de la pharyngale voisée [ʕ], si nous suivons le questionnement de certains grammairiens arabes dans des études traditionnelles, nous verrons qu'ils classaient cette consonne parmi les sons dits « médiums », à savoir des consonnes qui auraient des caractéristiques à la fois constrictives et occlusives. Toutefois, nous penchons d'avantage pour l'analyse de Ladefoged et Maddieson (2007 : 168) stipulant que les sons dans les langues sémitiques appelés fricatives pharyngales ne sont souvent ni pharyngales ni fricatives, et ce, dans la plupart des parlers arabes. Ils ajoutent que leurs résultats montrent une turbulence locale audible dans le son [ħ], mais que cette turbulence est très rarement apparente dans [ʕ].

Parallèlement, à travers nos résultats et essentiellement à travers nos spectrogrammes, nous mettons en doute la nature fricative de la glottale [h]. Notons, de nouveau sans pour autant être catégoriquement de leurs avis, que Ladefoged et Maddieson (2007 : 137) avisaient que des formes de [h] et [ɦ], pour lesquelles un flux d'air turbulent est produit au niveau de la glotte, sont parfois classées comme des fricatives, mais il est plus approprié de les considérer comme des voyelles.

Par ailleurs, les valeurs toujours extrêmes (très élevées ou très faibles) relatives à la postalvéolaire non voisée [ʃ], de notre étude, demandent d'être appuyées par une étude articulatoire, par exemple à l'aide d'un système d'acquisition électromagnétique (EMMA) ou en interrogeant la base de données cinéroradiographiques de l'Institut de Phonétique de Strasbourg – DOCVACIM (Sock et al., 2011), ce qui pourrait apporter davantage d'informations respectivement sur les caractéristiques cinématiques et géométriques de nos fricatives.

Enfin, en nous fondant sur nos propres résultats, hormis les formants F1 et F2, nous proposons de faire des mesures plus fines (exemple : le logiciel Snoori) du formant F4, avec des contextes vocaliques plus variés, afin de vérifier si celui-ci contribuerait à la distinction pharyngalisées vs. non pharyngalisées des fricatives et occlusives de l'arabe. En effet, nos analyses préliminaires ont révélé certaines tendances, montrant une légère baisse de F4 pour les pharyngalisées.

BIBLIOGRAPHIE

- Abdelatty A., Van der Spiegel J. & Mueller P., 2001
 « Acoustic-phonetic features for the automatic classification of fricatives. » *The Journal of the Acoustical Society of America*, 109 (5/1) : 2217–2235.
- Abdel-Tawab R., 1982
Al-madkhal ila `ilm al-lugha wa manahiğ al bahth al-lughawi, Caire, Dar-rif a.
- Abou-Haidar L., 1991
Variabilité et invariance du système vocalique de l'arabe standard, Thèse de doctorat Université de Franche-Comté, Besançon.
- Adu Manya., 2005
 « Quantité et qualité vocaliques en Twi : le cas des voyelles nasales. » *Sciences Cognitives, Linguistique & Intelligence Artificielle*, 20 : 9-30.
- Al-Ani S. H., 1970
Arabic phonology: an acoustical and physiological investigation, Paris, The Hague Mouton.
- Ali-Bencherif M.Z., 2009
L'alternance codique arabe dialectal/français dans des conversations bilingues de locuteurs algériens immigrés/non-immigrés, Thèse de doctorat, Université Abou-Bakr Belkaïd, Tlemcen.
- Alioua A., 1987
Étude phonétique et morpho-phonologique des voyelles et des diphtongues de l'arabe littéral «moderne», analyse acoustique fondée sur la spectrographie (locuteurs marocains), Thèse de doctorat, Université des Sciences Humaines, Strasbourg.
- Al-Khairy A., 2005
Acoustic characteristics of Arabic fricatives, Thèse de doctorat, University of Florida, Gainesville.
- Al-Shihri F., 2004
 « Difficultés d'identification des voyelles /i y u/ du français langue étrangère chez les apprenants saoudiens. » *Synergies Monde Arabe*, 1 : 44-54.
- Al-Tamimi J., 2007
Indices dynamiques et perception des voyelles : étude translinguistique en arabe dialectal et en français, Thèse de doctorat, Université Lumière, Lyon 2.
- Al-Tamimi J., 2004
 « L'équation du locus comme mesure de la coarticulation VC et CV: étude préliminaire en arabe dialectal jordanien. » *Actes des XXV^{èmes} Journées d'études sur la Parole*, Fès, 9-12.

Asci A., 2002

Étude phonétique des consonnes constrictives du turc parlé à Istanbul, Analyse ciné-radiographique, Thèse de doctorat, Université des Sciences Humaines, Strasbourg.

Badin P., 1991

« Fricative consonants: acoustic and x-ray measurements. » *Journal of Phonetics*, 19(3-4) : 397-408.

Bahloul N., 2009

« L'arabe dialectal, un outil pour une intercompréhension en classe de langue. » *Synergies Algérie*, 4 : 255-263.

Barbot M., 1981

Evolution de l'arabe contemporain, Tome II : *les sons du parler de Damas*, Paris, Publications de la Sorbonne.

Barkat M., Al-Tamimi J. & Benkirane T., 2003

« Phonetic variation in production and perception of speech: a comparative study of two Arabic dialects. » *15th International Congress of Phonetic Sciences*, Barcelona, 857-860.

Barkat M., 2000

Détermination d'indices acoustiques robustes pour l'identification automatique des parlers arabes, Thèse de doctorat, Université Lumière, Lyon.

Béchet M., 2011

Perturbation de la production des occlusives chez des locuteurs présentant une division palatine ou labio-palatine, Thèse de doctorat, Université de Strasbourg, Strasbourg.

Béchet M., Hirsch F., Ferbach-Hecker V., Vaxelaire B. & Sock R., 2008

« L'équation du locus comme indice de coarticulation dans l'articulation des occlusives sourdes chez les enfants atteints de fente palatine. » *27^{ème} Journée d'Étude sur la Parole*, Avignon, 1549-1563.

Behrens S. & Blumstein S.E., 1988

« Acoustic characteristics of English voiceless fricatives: a descriptive analysis. » *Journal of Phonetics*, 16 : 295-298.

Belkaïd Y., 1984

« Les voyelles de l'arabe littéraire moderne : analyse spectrographique. » *Travaux de l'Institut de Phonétique de Strasbourg*, 16 : 217-240.

Belkaïd Y., 1983

Étude de la durée des voyelles de l'arabe classique : analyse acoustique à l'aide de sonagraphe (locuteurs tunisiens), Université de Strasbourg, Strasbourg.

Benoit J., 1990

« Étude de trois indices acoustiques du voisement des consonnes fricatives en Français de Montréal. » *Revue québécoise de linguistique*, 19(2) : 59-71.

- Blumstein S.E., 1989
« Theoretical implications of the quantal nature of speech: a commentary. » *Journal of Phonetics*, 17 : 55-61.
- Blumstein S.E., 1986
« On acoustic invariance in speech. » *Invariance and variability in speech processes*. J.S. Perkell, D.H. Klatt (Eds.), Hillsdale, New Jersey: Lawrence Erlbaum, 178-193.
- Boersma P. & Weenink D., 2006
Praat, *Doing Phonetics by Computer*, version 4.4.34.
- Boff M.-C., 1981
Contribution à l'étude expérimentale des consonnes d'arrière de l'arabe classique, locuteurs marocains, Thèse de doctorat d'État, Université des Sciences Humaines, Strasbourg.
- Bohas G., 1989
« Explanation in Arab phonology », *Journal of Arabic Linguistics*, 15 : 45-52.
- Bonnot J.F., 1976
Contribution à l'étude des consonnes emphatiques de l'arabe à partir de méthodes expérimentales, Thèse de doctorat de 3^{ème} cycle, Université des Sciences Humaines, Strasbourg.
- Brockelmann C., 1910
Précis de linguistique sémitique, traduit de l'allemand par W. Marçais et M. Cohen, Paris, Geuthner.
- Brother B.-M., 2002
La langue de Jésus : l'araméen dans le nouveau Testament, Paris, Éditions Pierre Téqui.
- Bulot R. & Bétari A., 1994
« Reconnaissance automatique des occlusives de l'arabe standard. » *Journal de physique IV, colloque C5 supplément au journal physique III*, 4 : 481-483.
- Calliope., 1989
La parole et son traitement automatique, Collection technique et scientifique des télécommunications, Paris, Masson, Chapitre 13.
- Cantineau J., 1960
Etude de linguistique arabe, Paris, Klincksieck.
- Cantineau J., 1955
« La dialectologie arabe. » *Orbis IV*, Paris, 149-168.
- Carré R. & Mrayati M., 1995
« Vowel transitions, vowel systems, and the Distinctive region Model. » *Levels in Speech Communication*, C. Sorin, J. Mariani, H. Meloni, and J. Schoentgen, Elsevier, Amsterdam, 73-89.

- Chomsky N. & Halle., 1968
Sound patterns of English, New York : Harper & Row.
- Cohen D., 1975
Le Parler arabe des Juifs de Tunis. Tome II : étude linguistique, Paris, Mouton.
- Cohen D., 1970
Etude de linguistique sémitique et arabe, Paris, Mouton.
- De Jong K. & Zawaydeh B.A, 1999
 « Stress, duration, and intonation in arabic word-level prosody. » *Journal of Phonetics*, 27 : 3-22.
- Delattre P., 1971
 « Pharyngeal features in the consonants of Arabic, German, French, Spanish and American English. » *Phonetica*, 23 : 129-155.
- Delattre P., 1965
 « Comparing the phonetic features of English, German, Spanish and French: An interim report. » *Julius Gross*, Heidelberg, Verlag, 8 : 118.
- Delattre P., 1961
 « Le jeu des transitions de formants et la perception des consonnes. » *4th International Congress of Phonetic Sciences*, Helsinki, *Laboratoires Haskins, Université du Colorado*, 407-417.
- Delattre P.C., Liberman A.M. & Cooper F.S., 1955
 « Acoustic loci and transitional cues for consonants. » *Journal of the Acoustical Society of America*, 27 (4): 769-773.
- Djeradi A., Perrier P. & Sock R., 1991
 « An acoustic timing study of pharyngeal and laryngeal fricatives in Arabic. » *Actes du XII^{ème} Congrès International des sciences phonétiques*, 4, Aix-en-Provence.
- Djoudi M., 1992
Contribution à l'étude et à la reconnaissance automatique de la parole en arabe standard, Thèse de doctorat, Université Henry Poincaré, Nancy I.
- Dohalská-Zichová M., 1974
 « Analyse spectrographique des voyelles françaises, basée sur l'examen de la chaîne parlée » *Univerzita Karlova*.
- Dufour J., 2009
 « L'arabe en France. » *Langues et Cité, Bulletin de l'observatoire des pratiques linguistiques*, 15 : 2-3.
- El-Halees Y., (1985).
 « The role of F1 in the place-of-articulation distinction in Arabic. » *J Phonetics* 13 (3) : 287-298.

- Embarki M., 2008
 « Méthodes et débats les dialectes arabes modernes: état et nouvelles perspectives pour la classification géo-sociologique. » *Arabica*, 55 : 583-604.
- Embarki M., Guilleminot Ch., Yeou M. & Al Maqtari S., 2008a
 « Locus equation as an index of arabic dialectal variation. » *Languages & Linguistics*, 22 : 67-84.
- Fant G., 1973
Speech sounds and features. MIT Press, Cambridge.
- Fant G., 1960
Acoustic theory of speech production. S-Gravenhage: Mouton & Co.
- Fauth C., 2012
Perturbation de la production de la parole suite à une opération de la glande thyroïde, Thèse de doctorat, Université de Strasbourg, Strasbourg.
- Ferbach-Hecker V., 2005
 « La résistivité de la qualité des voyelles orales du français. » *Sciences Cognitives, Linguistique & Intelligence Artificielle*, 20 : 114-134.
- Février J., 1959
L'histoire de l'écriture, Paris, Payot.
- Fleisch H., 1961
Traité de philologie arabe. Tome I : préliminaires, phonétique, morphologie nominale, Beyrouth, Imprimerie catholique.
- Fontinoy C., 1969
Le duel dans les langues sémitiques, Paris, les Belles Lettres.
- Forrest K., Weismer G., Milenkovic P. & Dougall R. N., (1988).
 « Statistical analysis of word-initial voiceless obstruents: preliminary data. » *Journal of the Acoustical Society of America* 84 (1) : 115–123.
- Fowler C.A., 1994
 « Invariants, specifiers, cues: an investigation of locus equations as information for place of articulation. » *Perception and Psychophysics*, 55 : 597-610.
- Fuchs S., Toda M. & Zygis M., 2010
Turbulent sounds - an interdisciplinary guide, Berlin, Mouton de Gruyter.
- Furayha A., 1955
Nahwa 'arabiya muyassara, Beyrouth, Dar An-nachr.
- Girgis N., 2009
 « Pharyngealized fricatives in Egyptian Arabic: heritage vs. non-heritage speakers. » *University of California, San Diego*.

- Gordon M., Barthmaier P. & Sands K., 2002
 « A cross-linguistic acoustic study of voiceless fricatives. » *The Journal of the International Phonetic Association*, 32(2) : 141-174.
- Guilleminot C., 2008
Décomposition adaptative du signal de parole appliquée au cas de l'arabe standard et dialectal, Besançon, Université de Franche Comté.
- Halle M. & Stevens K.N., 1967
 « On the mechanism of glottal vibration of vowels and consonants. » *Research Laboratory of Electronics, Quaterly Progress Report*, 85 : 267-271. Cambridge, MA: Massachusetts Institute of Technology.
- Heinz J.M. & Stevens K.N., 1961
 « On the properties of voiceless fricative consonants. » *The Journal of the Acoustical Society of America*, 33(5): 589-596.
- Hu F., 2008
The three sibilants in standard Chinese, Phonetics Lab, Institute of Linguistics, Chinese Academy of Social Sciences.
- Hughes G.W. & Halle M., 1956
 « Spectral properties of fricatives consonants. » *The Journal of the Acoustical Society of America*, 28(2): 303-310.
- Ibrahimi K., 1991
Contribution à l'élaboration des contenus et de matériels didactiques pour l'enseignement de l'arabe aux adultes, Thèse de Doctorat ès Lettres, Université de Stendhal-Grenoble, Grenoble.
- Jacques B., 1990
 « Étude de trois indices acoustiques du voisement des consonnes fricatives en français de Montréal » *Revue québécoise de linguistique*, 19(2) : 59-71.
- Jacquier C. & Meunier F., 2006
 « Corrélats auditifs et cognitifs à la capacité de restauration de la parole accélérée » *Actes de XXVI^{èmes} Journées d'Etudes de la Parole*, 445-448.
- Jassem V., 1962
 « The formant patterns of fricative consonants. » *Language and Speech*, 8(1) : 1-16.
- Jesus L.M.T. & Shadle C.H., 2002
 « A parametric study of the spectral characteristics of European Portuguese fricatives. » *Journal of Phonetics*, 30(3): 437-464.
- Johnson K., 1997
Acoustic and Auditory Phonetics. Oxford: Blackwell.

- Jongman A., Wayland R. & Wong S., 2000
 « Acoustic characteristics of English fricatives. » *The Journal of the Acoustical Society of America* 108 (3/1), 1252-1263.
- Klatt D.H., 1975a
 « Voice onset time, frication and aspiration in word-initial consonant clusters. » *The Journal of Speech and Hearing Research*, 18: 686-706.
- Klatt D.H., 1975b
 « Vowel lengthening is syntactically determined in a connected discourse. » *The Journal of Phonetics*, 3: 129-140.
- Krull D., 1989
 « Second formant locus pattern and consonant-vowel coarticulation in spontaneous speech. » *Phonetic Experimental Research at the Institute of Linguistics (PERILUS)*, 10: 87-108.
- Kurowski K., Blumstein S.E., 1987
 « Acoustic properties for place of articulation in nasal consonants. » *The Journal of the Acoustical Society of America*, 81: 1917-1927.
- Ladefoged P. & Maddieson I., 2007
The sounds of the world's languages, Oxford, Blackwell.
- Laprie Y. & Busset J., 2011
 « Construction and evaluation of an articulatory model of the vocal tract. » *19th European Signal Processing-conference EUSCIPCO-2011*.
- Laufer A & Baer T., 1988
 « The emphatic and pharyngeal sounds in Hebrew and in Arabic. » *Language and speech*, 95/96: 51-71.
- Lehiste I., 1972
 « The timing of utterances and linguistic boundaries. » *The Journal of the Acoustical Society of America*, 51 (6): 2018-2024.
- Lehiste I., 1970
Suprasegmentals, Cambridge Massachusetts: M.I.T. Press.
- Léon P.-R., 1996
Phonétisme et prononciation du français, Paris, Nathan.
- Liberman AM., 1991
 « After thoughts on modularity and the motor theory of speech perception. » *Mattingly, Studdert-Kennedy*, 5 Erlbaum, New-York, 443-446.
- Liberman AM. & Mattingly I., 1985
 « The motor theory of speech perception revised. » *Cognition*, 21(1) : 1-36.
- Liberman A. & Mattingly I., 1985
 « The motor theory of speech production revised. » *Cognition*, 21 : 1-36.

Lindblom B., 1998

« Systemic constraints and adaptive change in the formation of sound structure. »
Hurford J. R., Studdert-Kennedy M. and Knight C., *Approaches to the Evolution of Language: Social and Cognitive Bases*, Cambridge: Cambridge University Press, 242-264.

Lindblom B., 1990a

« Explaining phonetic variation: a sketch of the H&H theory. » *Speech production and speech modelling*, Dordrecht, Netherlands: Kluwer Academic Publishers: W.J. Hardcastle & A. Marchal, 403-439.

Lindblom B., 1990b

« Phonetic experimental research » *The Status of Phonetic Gestures*, 11 : 21-39.

Lindblom B. & Engstrand O., 1989

« In what sense is speech quantal ? » *Journal of Phonetics*, 17 : 107-121.

Lindblom B., 1987

« Absolute Constancy and Adaptative Variability: two Themes in the Quest for Phonetics Invariance. » *Proceedings of the 11th International Congress of Phonetic Sciences*, Tallinn, Estonia.

Lindblom B., 1983

« Economy of speech gesture. » *MacNeilage, The production of speech*, 217-245

MacNeilage P., Hanson R. & Krones R., 1970

« Control of the jaw in relation to stress in English. » *Journal of the Acoustical Society of America*, 48 (1-A) : 120-120.

Maddieson I., 1984

Patterns of sounds, Cambridge, Cambridge University Press.

Marçais W., 1952

« La diglossie arabe. » *Enseignement public*, Paris, Delagrave.

Martin Ph., 2008

Phonétique acoustique, Introduction à l'analyse acoustique de la parole, Armand Colin, Paris.

Matar A., 1969

Khassais al-lugha al-kuwaytia, Kuwait city, Publications de l'Université d'Al-Kuwait.

May J.G., 1981

« Acoustic Factors that may contribute to categorical perception. » *Langages & Speech* 24 : 273-284.

Meillet A, Cohen M., 1952

Les langues du monde, Paris, Champion.

- Meunier C., 2007
 « Phonétique acoustique. » *Neurophysiologie de la parole*, Université de Provence, 13 : 1-10.
- Meunier C., Espesser R. & Frenck-Mestre C., 2006
 « Aspects phonologiques et dynamiques de la distinctivité au sein des systèmes vocaliques: une étude inter-langues. » *Actes des 26^{èmes} Journées d'études sur la Parole*, Dinard, 333-336.
- Meunier C., 1994
Les groupes de consonnes: problématique de la segmentation et variabilité acoustique, Thèse de doctorat de l'Université de Provence, Aix-en-Provence.
- Modarresi G., Sussman H.M., Lindblom B. & Burlingame E., 2005
 « Locus equation encoding of stop place: revisiting the voicing/VOT issue. » *Journal of Phonetics*, 33 : 101-113.
- Mohamed Bishr K., 1980
`ilm al-lugha al-`am, Le Caire, Dar al-ma`arif.
- Metoui M., 1989
Contribution à la phonétique et la phonologie arabe, étude acoustique et articulatoire des voyelles du parler de Tunis, Thèse de doctorat, Idstein, Schulz-Kirchner.
- Munot Ph. & Nève F.X., 2002
Une introduction à la phonétique, Liège, Collection Céfal Sup.
- Newman D., 2002
 « The phonetic status of Arabic within the world's languages: the uniqueness of the lughat al-daad. » *Antwerp papers in linguistics*, 100 : 65-75.
- Norlin K., 1983
 « Acoustic analysis of fricatives in cairo Arabic. » *Working Papers, Phonetics Laboratory*, Lund University, 25 : 113-137.
- Ohala J.J., 1994
 « Speech aerodynamics » R. E. Asher et J. M. Y. Simpson (dir.), *The encyclopedia of language and linguistics*, Oxford, Pergamon, 4144-4148.
- Ohala J.J., 1988
Discussion of Bjorn Lindblom's: Phonetic Invariance and the Adaptive Nature of Speech, London, Academic Press, 175-183.
- Ohala J. J., 1983
 « The origin of sound patterns in vocal tract constraints. » *The production of speech*, P. F. MacNeilage, ed. New-York: Springer-Verlag, 189-216.
- Ould Khalifa M., 2012
 « Le nombre d'utilisateurs de l'arabe en tant que langue fédératrice sur Internet a doublé en 10 ans » *Algérie 360°*, (CSLA).

- Pentz A., Gilbert H. R. & Zawadzki P., 1979
 « Spectral properties of fricative consonants in children. » *The Journal of the Acoustical Society of America*, 66 (6) : 1891–1893.
- Peterson G. E. & Barney H. L., 1952
 « Control methods used in a study of the vowels » *The Journal of the Acoustical Society of America*, 24 : 175-184.
- Pirello K., Blumstein S E. & Kurowski K., 1997
 « The characteristics of voicing in syllable-initial fricatives in American English. » *Journal of the Acoustical Society of America*, 101 : 3754 - 3765.
- Proctor M., Shadle C.H. & Iskarous K., 2010
 « Pharyngeal articulation in the production of voiced and voiceless fricatives. » *Journal of the Acoustical Society of America*, 127 (3) :1507-1518.
- Riaibi N. Lhote E., 1994
 « Une approche méthodologique de la reconnaissance de l'origine géographique de locuteurs arabophones. » *Journal de Physique IV*, volume 4, C5 :513-516.
- Roman A., 1983
Etude de la phonologie et de la morphologie de la koinè arabe, Tome I, Aix-en-Provence, Publications de l'Université de Provence.
- Roman A., 1974
Le système phonologique de l'arabe classique au XIII^{ème} siècle, d'après le Kitab de Sibawayhi, Aix-en-Provence.
- Shadle, C.H. & Mair S.J., 1996
 « Quantifying spectral characteristics of fricatives. » *4th International Conference on Spoken Language Processing, Philadelphia, 1517-1520.*
- Shadle C.H., Mair S.J. & Carter J.N., 1996
 « Acoustic characteristics of the front fricatives [f v θ ð]. » *1st ESCA Tutorial and Research Workshop on Speech Production Modeling*, Autrans, 193-196.
- Shadle C.H. & Scully C., 1995
 « An articulatory-acoustic-aerodynamic analysis of [s] in VCV sequences. » *Journal of Phonetics*, 23 : 53-66.
- Shadle C.H., 1985
 « The acoustics of fricative consonants. » *Massachusetts Institute of Technology, Research Laboratory of Electronics*, 192-194.
- Shadle C.H., 1985
The acoustics of fricative consonants, Thèse de doctorat, MIT.
- Shahine A., 1987
Fi `ilm al-lugha al-`am, Beyrouth, Ar-rithā.

- Selouani S.A. & Caelen J., 1998
« Arabic phonetic features recognition using modular connectionist architectures. »
Academia, 3.
- Smith B., 2007
« Dental fricatives and stops in Germanic: deriving diachronic processes from synchronic variation. » Ohio State University.
- Sock R. & Vaxelaire B., 2004
L'Anticipation à l'horizon du Présent, Liège, Mardaga, collection Psychologie et Sciences Humaines, 13-32.
- Sock R. & Vaxelaire B., 2002
« Réflexions sur le timing. » *Travaux de l'Institut de Phonétique de Strasbourg*, 31 : 80-126.
- Sock R., 1998
Organisation temporelle en production de la parole. Émergence de catégories sensori-motrices phonétiques. Doctorat d'État ès Sciences Humaines, Université Stendhal, Grenoble III.
- Sock R. & Löfqvist A., 1995
« Some timing constraints in the production of bilabial stops. » *Journal of Phonetics*, 23 : 129-138.
- Sock R. & Benoit C., 1986
« VOTs et VTT en français. » *15^{èmes} Journées d'Études sur la Parole Groupe Communication Parlée*, Aix-en-Provence, 307-310.
- Sock R., 1983
L'organisation temporelle de l'opposition de quantité vocalique en wolof de Gambie. Sa résistivité aux conditions de durée segmentales et suprasegmentales. Thèse de doctorat de Troisième Cycle, Institut de Phonétique de Grenoble, Université de Grenoble III. Grenoble.
- Stevens K.N., 1998
Acoustic Phonetics, Cambridge, MA: MIT Press.
- Stevens K. N., 1991
« Speech perception based on acoustic landmarks: implications for speech production. » *Phonetic Experimental Research at the Institute of Linguistics, University of Stockholm (PERILUS) 14*, Department of Linguistics, University of Stockholm, Sweden, 83-88.
- Stevens K.N., 1989
« On the quantal nature of speech. » *Journal of Phonetics*, 17 : 3-45.

- Stevens K. N., 1985
 « Evidence for the role of acoustic boundaries in the perception of speech sounds. »
Phonetic Linguistics: Essays in honor of Peter Ladefoged. V.A. Fromkin, New York:
 Academic Press, 243-255.
- Stevens K. N., 1981
 « Constraints imposed by the auditory system on the properties used to classify speech
 sounds: Data from phonology, acoustics and psychoacoustics. » *The Cognitive
 Representation of Speech*. T. Myers J. Laver J. Anderson (Eds.), North Holland, 61-74.
- Stevens, P. (1976).
Acoustic phonetics; a course of basic readings, 132-50. Cambridge: Cambridge
 University Press.
- Stevens K. N., 1975
 « The potential role of property detectors in the perception of consonants. » *Auditory
 Analysis and Perception of Speech*. G. Fant M.A.A. Tatham, Academic Press: London,
 191-196.
- Stevens K. N., 1972
 « The quantal nature of speech: evidence from articulatory acoustic data. » *Human
 Communication: a Unified View*. P.B. Denes E.E. Davis Jr, New York: McGraw-Hill
 Book Company, 51-66.
- Stevens K.N., 1971
 « Airflow and turbulence noise for fricative and stop consonants: static considerations. »
The Journal of the Acoustical Society of America, 50 : 1180.
- Stevens K. N., 1960
 « Toward a model for speech recognition. » *The Journal of the Acoustical Society of
 America*, 32(1) : 45-55.
- Stevens K.N. & House A.S., 1956
 « Studies of formants transitions using a vocal tract analog. » *The Journal of the
 Acoustical Society of America*, 28 (4) : 578-585.
- Straka G., 1959
 « Durée et timbres vocaliques. » *Zeitschrift für phonetik und allgemeine
 sprachwissenschaft*, Band 12, Heft 1-4, 276-300.
- Stevens P., 1960
 « Spectra of fricative noise in human speech. » *Language and Speech*, 3 : 32-49.
- Sussman H.M., Mc Caffrey H.A. & Matthew S.A., 1991
 « An investigation of locus equations as source of relational invariance for stop place
 categorization. » *Journal of the Acoustical Society of America*, 90(3) : 1309-1325.
- Tabain M., 2002
 « Voiceless consonant and locus equations : a comparison with electropalatographic
 data on coarticulation. » *Phonetica*, 59 : 20-37.

- Tabain M., 1998
« Non-sibilant fricatives in English: spectral information above 10 KHz. » *Phonetica*, 55 :107-130.
- Thelwall R., 1990
« Illustrations of the IPA: Arabic. » *Journal of the International Phonetic Association*, 20(2) : 37-39.
- Toda M., 2009
Etude articulatoire et acoustique des fricatives sibilantes, Thèse de doctorat de phonétique, Université Paris III.
- Toda M., 2006
« Deux stratégies articulatoires pour la réalisation du contraste acoustique des sibilantes /s/ et /ʃ/ en français. » *XXVI^{èmes} Journées d'Études sur la Parole*, Dinard, 65-68.
- Toda M., Maeda S., Carlen A.J. & Meftahi L., 2002
« Dissociation de la protrusion et de l'arrondissement dans la production des consonnes labialisées de l'anglais. » *actes des XXIV^{èmes} Journées d'Étude sur la Parole*, Nancy.
- Tapiéro N., 1976
Pour une didactique de l'arabe moderne langue de communication : Apprendre à communiquer en arabe moderne avec des moyens audio-visuels. Paris : Diff. H. Champion.
- Tuller B. & Scott Kelso J.A., 1984
« The timing of articulatory gestures: evidence for relational invariants. » *The Journal of the Acoustical Society of America*, 76 : 1030-1036.
- Vaux B., 1998
« The laryngeal specifications of fricatives. » *Linguistic Inquiry*, 29 : 497-511.
- Vaxelaire B., 2007
Le geste et la production de la parole. Résultats et implications d'études cinéradiographiques quantitatives, Habilitation à Diriger des Recherches, Université Marc Bloch, Strasbourg.
- Vaxelaire B., Hecker V. & Sock R., 2002
« La perception auditive de gestes vocaliques anticipatoires. » *24^{èmes} Journées d'Études sur la Parole de l'Association Francophone de la Communication Parlée (Journée Étude Parole de l'AFCP)*, Nancy, 109-112.
- Vaxelaire B. & Sock R., 1996
« A cineradiographic and acoustic study of velar gestures in French consonant sequences as a function of speech rate. » *Proceedings of the 4th Speech Production Seminar*, Autrans, 65-68.
- Vaxelaire B., 1993
Étude comparée des effets des variations de débit - lent, rapide - sur les paramètres articulatoires, à partir de la cinéradiographie (sujets français), Thèse de doctorat, Université des Sciences Humaines, Strasbourg.

Virole B., 2004

Psychologie de la surdité, Bruxelles, Édition de Boeck Université.

Whalen D.H., 1984

« Subcategorical phonetic mismatches slow phonetic judgements. » *Perception & Psychophysics*, 35(1) : 49-64.

Yeou M., 1997

« Locus equations and the degree of coarticulation of arabic consonants. » *Phonetica*, 54 : 187-202.

Yeou M., 1996

Une étude expérimentale des consonnes postérieures et pharyngalisées de l'arabe standard, Thèse de doctorat d'État, Université Paris III, Paris.

Zahid A., 1990

L'accent en arabe standard moderne : analyse acoustique, perceptive et articulatoire, Thèse de doctorat d'État, Université de Paris 7.

Zeroual C., 2000

« Analyse par fibroscopie des consonnes arrières et emphatiques de l'arabe marocain. » *Langues et littératures du monde arabe*, 1 : 113-140.

Index des Figures

Figure 1 : Quelques langues sémitiques	5
Figure 2 : Carte géographique de l'Algérie •	24
Figure 3 : Non-linéarité du passage d'un paramètre de commande articulatoire à un paramètre de sortie acoustique dans le paradigme de base de la Théorie Quantique. (Adapté de Stevens, 1989).....	36
Figure 4 : Domaines d'hyper- et d'hypo-articulation en parole, en fonctions des informations du contexte et des informations dans le signal, selon la Théorie de la Variabilité Adaptative	38
Figure 5 : Résultats des analyses de variance du COG du bruit de friction des fricatives.....	60
Figure 6 : Résultats des analyses de variance du COG du bruit de friction des fricatives concernées par le voisement/Position intervocalique.....	60
Figures 7 : Valeurs moyennes et écarts-types du CoG du bruit de friction du [f] pour les 6 locuteurs	68
Figures 8 : Valeurs moyennes et écarts-types du CoG du bruit de friction des fricatives [θ], [ð] et [ð ^s] pour les 6 locuteurs/ Position initiale.....	70
Figures 9 : Valeurs moyennes et écarts-types du CoG du bruit de friction des fricatives [θ], [ð] et [ð ^s] pour les 6 locuteurs/ Position intervocalique.....	71
Figures 10 : Valeurs moyennes et écarts-types du CoG du bruit de friction des fricatives [θ], [ð] et [ð ^s] pour les 6 locuteurs/ Position finale	72
Figures 11 : Valeurs moyennes et écarts-types du CoG du bruit de friction des fricatives [s], [s ^s] et [z] pour les 6 locuteurs/ Position initiale	73
Figures 12 : Valeurs moyennes et écarts-types du CoG du bruit de friction des fricatives [s], [s ^s], [z] pour les 6 locuteurs/ Position intervocalique.....	74
Figures 13 : Valeurs moyennes et écarts-types du CoG du bruit de friction des fricatives [s], [s ^s], [z] pour les 6 locuteurs/ Position finale	75
Figures 14 : Valeurs moyennes et écarts-types du CoG du bruit de friction des fricatives [ʃ], [ʒ] pour les 6 locuteurs	77
Figures 15 : Valeurs moyennes et écarts-types du CoG du bruit de friction des fricatives [χ], [ʁ] pour les 6 locuteurs.....	79
Figures 16 : Valeurs moyennes et écarts-types du CoG du bruit de friction des fricatives [ħ] et [ʕ] pour les 6 locuteurs	81
Figures 17 : Valeurs moyennes et écarts-types du CoG du bruit de friction du [h] pour les 6 locuteurs	82
Figures 18 : Valeurs moyennes et écarts-types du CoG acoustique des fricatives selon leur lieu d'articulation/ Locutrice1 (Nawel).....	86
Figures 19 : Valeurs moyennes et écarts-types du CoG acoustique des fricatives selon leur lieu d'articulation/ Locutrice 2 (Habiba).....	87
Figures 20 : Valeurs moyennes et écarts-types du CoG acoustique des fricatives selon leur lieu d'articulation/ Locutrice 3 (Seloua)	89
Figures 21 : Valeurs moyennes et écarts-types du CoG acoustique des fricatives selon leur lieu d'articulation/ Locuteur 4 (Moadh).....	91
Figures 22 : Valeurs moyennes et écarts-types du CoG acoustique des fricatives selon leur lieu d'articulation/ Locuteur 4 (Abdarraouf).....	94
Figures 23 : Valeurs moyennes et écarts-types du CoG acoustique des fricatives selon leur lieu d'articulation/ Locuteur 6 (Sofiane).....	96
Figures 24 : Valeurs moyennes et écarts-types du CoG des fricatives ([θ], [ð]) pour les six locuteurs	97

Figures 25 : Valeurs moyennes et écarts-types du CoG des fricatives ([s], [z]) pour les six locuteurs	99
Figures 26 : Valeurs moyennes et écarts-types du CoG des fricatives ([ʃ], [ʒ]) pour les six locuteurs	100
Figures 27 : Valeurs moyennes et écarts-types du CoG des fricatives ([χ], [ʁ]) pour les six locuteurs	102
Figures 28 : Valeurs moyennes et écarts-types du CoG des fricatives ([h], [ɦ]) pour les six locuteurs	103
Figures 29 : Valeurs moyennes et écarts-types du CoG des fricatives/ Tous locuteurs confondus	105
Figure 30 : Illustration du signal de l'uvulaire non voisée [χ]	113
Figure 31 : Illustration du signal de la pharyngale non voisée [h]	115
Figure 32 : Illustration du signal de la pharyngale voisée [ɦ]	115
Figure 33 : Illustration du signal de la laryngale non voisée [h]	116
Figure 34 : Moyennes et écarts-types des fréquences des 4 premiers formants entre F et V	145
Figure 35 : Moyennes et écarts-types des 4 premiers formants au milieu de V	146
Figure 36 : Moyennes et écarts-types des fréquences des 4 premiers formants entre F et V	148
Figure 37 : Moyennes et écarts-types des 4 premiers formants au milieu de V	148
Figure 38 : Moyennes et écarts-types des fréquences du premier formant F1 entre F et V... ..	150
Figure 39 : Moyennes et écarts-types des fréquences du premier formant F1 au milieu de V	151
Figure 40 : Moyennes et écarts-types des fréquences de F3 entre F et V	152
Figure 41 : Moyennes et écarts-types des fréquences de F3 au milieu de V	152
Figure 42 : Moyennes et écarts-types des fréquences de F4 entre F et V	153
Figure 43 : Moyennes et écarts-types des fréquences de F4 au milieu de V	153
Figure 44 : Moyennes et écarts-types des fréquences de F3 entre F et V	154
Figure 45 : Moyennes et écarts-types des fréquences de F3 au milieu de V	155
Figure 46 : Moyennes et écarts-types des fréquences de F4 entre F et V	156
Figure 47 : Moyennes et écarts-types des fréquences de F4 au milieu de V	156
Figure 48 : Moyennes et écarts-types des fréquences de F1 entre F et V	158
Figure 49 : Moyennes et écarts-types des fréquences de F1 au milieu de V	158
Figure 50 : Moyennes et écarts-types des fréquences de F2 entre F et V	159
Figure 51 : Moyennes et écarts-types des fréquences de F2 au milieu de V	160
Figure 52 : Moyennes et écarts-types des fréquences des formants F1, F2 et F3 entre F et V	162
Figure 53 : Moyennes et écarts-types des fréquences des formants F1, F2 et F3 au milieu de V	162
Figure 54 : Moyennes et écarts-types des fréquences des formants F1, F2, F3 et F4 entre F et V	163
Figure 55 : Moyennes et écarts-types des fréquences des formants F1, F2, F3 et F4 au milieu de V	164
Figure 56 : Moyennes et écarts-types des fréquences des transitions du formant F1	165
Figure 57 : Moyennes et écarts-types des fréquences des transitions du formant F1	166
Figure 58 : Moyennes et écarts-types des fréquences des transitions du formant F3	167
Figure 59 : Moyennes et écarts-types des fréquences des transitions du formant F4	167
Figures 60 : Moyennes et écarts-types des fréquences des transitions formantiques par rapport aux lieux d'articulation.....	170
Figures 61 : Moyennes et écarts-types des fréquences des transitions formantiques par rapport aux lieux d'articulation.....	172

Figure 62 : Distribution de la voyelle suivant les fricatives de l'arabe standard dans l'espace (F1/F2).....	175
Figure 63 : Distribution de la voyelle suivant les fricatives de l'arabe standard dans l'espace (F1/F2).....	176
Figure 64, 65 : Signal acoustique/ illustration des mesures de durée (ms)	196
Figure 66 : Moyennes et écarts-types de la durée absolue des fricatives de l'arabe standard	199
Figure 67 : Moyennes et écarts-types de la durée relative des fricatives de l'arabe standard	199
Figure 68 : Moyennes et écarts-types de la durée absolue et relative des fricatives de l'arabe standard	200
Figure 69 : Moyennes et écarts-types de la durée absolue et relative des fricatives de l'arabe standard	200
Figure 70 : Moyennes et écarts-types de la durée absolue des fricatives de l'arabe standard	201
Figure 71 : Moyennes et écarts-types de la durée relative des fricatives de l'arabe standard	201
Figure 72 : Valeurs moyennes de la durée absolue des lieux d'articulations des fricatives de l'arabe standard	203
Figure 73 : Valeurs moyennes de la durée relative des lieux d'articulations des fricatives de l'arabe standard	203
Figure 74 : Valeurs moyennes de la durée absolue des lieux d'articulations des fricatives de l'arabe standard	204
Figure 75 : Valeurs moyennes de la durée relative des lieux d'articulations des fricatives de l'arabe standard	204
Figure 76 : Valeurs moyennes de la durée absolue des lieux d'articulations des fricatives de l'arabe standard	205
Figure 77 : Valeurs moyennes de la durée relative des lieux d'articulations des fricatives de l'arabe standard	205
Figure 78 : Intensité relative.....	208
Figure 79 : Intensité relative.....	209
Figure 80 : Lieux d'articulation/ Intensité relative.....	210
Figure 81 : Lieux d'articulation/ Intensité relative.....	210
Figure 82 : Espace CoG/ intensité relative	211
Figure 83 : Espace CoG/ intensité relative.....	211
Figure 84 : Moyennes et écarts-types de la durée absolue des fricatives (voisée/non voisée) de l'arabe.....	214
Figure 85 : Moyennes et écarts-types de la durée absolue des fricatives de l'arabe standard	214
Figure 86 : Moyennes et écarts-types de la durée absolue des fricatives de l'arabe standard	214
Figure 87 : Moyennes et écarts-types de la durée absolue des fricatives sourdes de l'arabe standard	215
Figure 88 : Moyennes et écarts-types de la durée absolue des fricatives voisées de l'arabe standard	215
Figure 89 : Moyennes et écarts-types du HNR des paires de fricatives (voisée, non voisée) de l'arabe standard	217
Figure 90 : Moyennes et écarts-types du HNR des paires de fricatives (voisée, non voisée) de l'arabe standard	217
Figure 91 : Moyennes et écarts-types du HNR des paires de fricatives (voisée, non voisée) de l'arabe standard	218
Figure 92 : Espace durée absolue/ HNR	219
Figure 93 : Espace durée absolue/ HNR	220
Figure 94 : Espace durée absolue/ HNR	220
Figure 95 : Espace HNR/ intensité relative	221
Figure 96 : Espace HNR/ intensité relative.....	221

Figure 97 : illustration des formants F1 et F2 de la voyelle [a:] suivant l'interdentale non pharyngalisée, puis pharyngalisée.....	225
Figure 98. Moyennes et écarts-types du CoG acoustique des fricatives/ tous les locuteurs confondus	262
Figure 99 : Espace formantique F3/ F4 des fricatives de l'arabe entre F et V.....	263
Figure 100 : Espace formantique F3/ F4 des fricatives de l'arabe au centre de V.....	263
Figure 101 : Espace formantique F3/ F4 des fricatives de l'arabe entre F et V.....	264
Figure 102 : Espace formantique F3/ F4 des fricatives de l'arabe au centre de V.....	264
Figure 103 : Valeurs moyennes et écarts-types des fréquences de F1 entre la fricative et la voyelle.....	266
Figure 104 : Valeurs moyennes et écarts-types des fréquences de F1 au milieu de la voyelle	266
Figure 105 : Valeurs moyennes et écarts-types des fréquences de F2 entre la fricative et la voyelle.....	267
Figure 106 : Valeurs moyennes et écarts-types des fréquences de F2 au milieu de la voyelle	267
Figure 107 : Valeurs moyennes et écarts-types des fréquences de F3 entre la fricative et la voyelle.....	268
Figure 108: Valeurs moyennes et écarts-types des fréquences de F3 au milieu de la voyelle	268
Figure 109 : Valeurs moyennes et écarts-types des fréquences de F3 entre la fricative et la voyelle.....	269
Figure 110 : Valeurs moyennes et écarts-types des fréquences de F4 au milieu de la voyelle	269
Figures 111 : Valeurs moyennes et écarts-types des durées absolues et relatives des locuteurs	276
Figures 112 : Valeurs moyennes et écarts-types des durées absolues et relatives des locuteurs	277
Figure 113 : Valeurs moyennes et écarts-types des durées absolues et relatives des locuteurs	279
Figure 114 : la labiodentale non voisée.....	283
Figure 115 : L'interdentale non voisée	283
Figure 116 : L'interdentale voisée	284
Figure 117 : L'interdentale voisée	284
Figure 118 : L'alvéolaire non voisée.....	285
Figure 119 : L'alvéolaire pharyngalisée.....	285
Figure 120 : L'alvéolaire voisée.....	286
Figure 121 : La postalvéolaire non voisée	287
Figure 122 : La postalvéolaire voisée	287
Figure 123 : L'uvulaire non voisée	288
Figure 124 : L'uvulaire voisée	288
Figure 125 : La pharyngale non voisée	289
Figure 126 : La pharyngale voisée	289
Figure 127 : La pharyngale voisée	290
Figure 128 : La laryngale non voisée	290

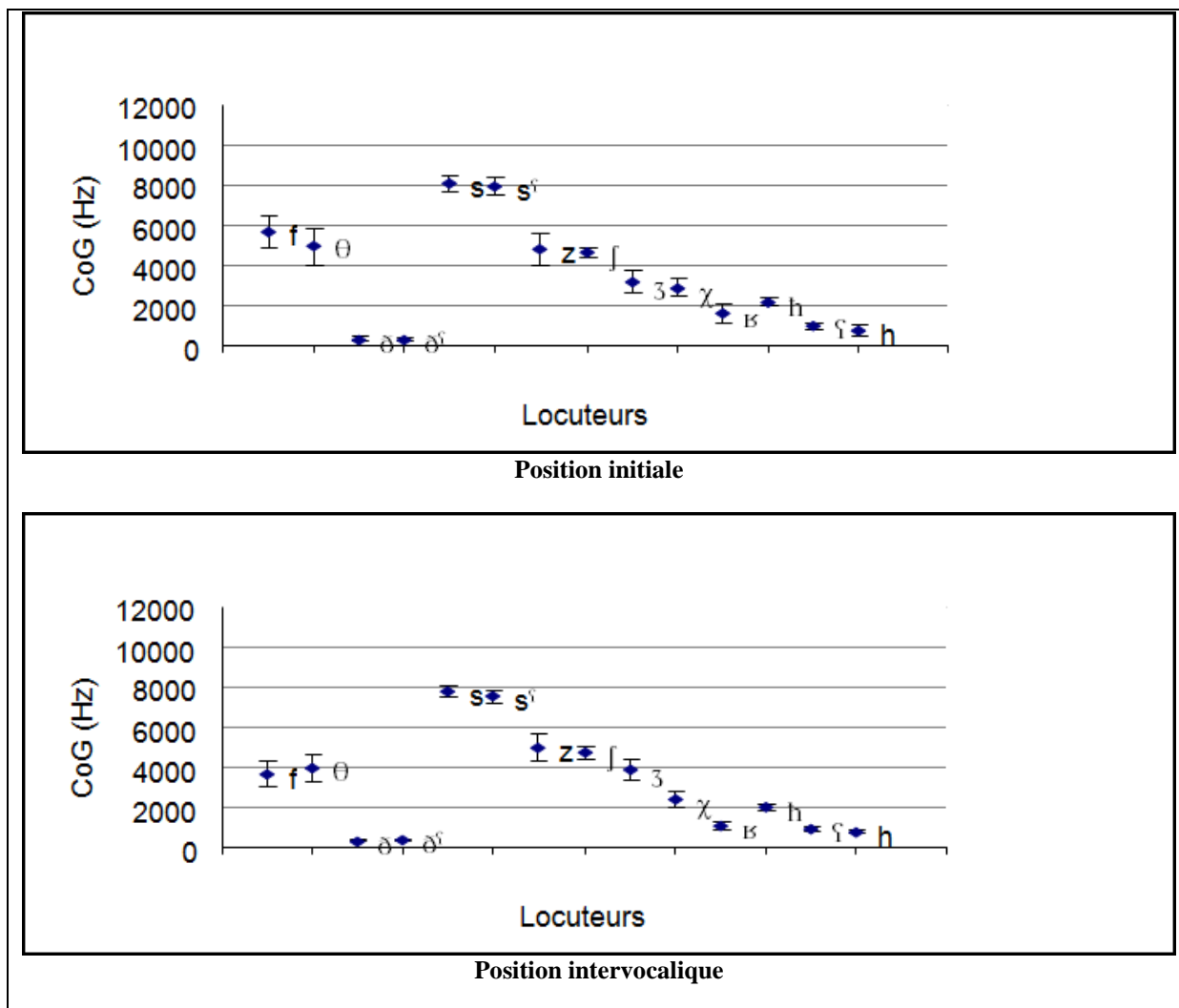
Index des Tableaux

Tableau 1 : Les consonnes de l'arabe standard	13
Tableau 2 : Le système consonantique de l'arabe standard	17
Tableau 3 : Les fricatives de l'arabe standard.....	33
Tableau 4. Résultats des analyses de variance du COG du bruit de friction de toutes les fricatives	57
Tableau 5. Résultats des analyses de variance du COG du bruit de friction des fricatives concernées par le voisement/ Position initiale	57
Tableau 6 : Résultats des analyses de variance du COG du bruit de friction des fricatives	63
Tableau 7 : Résultats des analyses de variance du COG du bruit de friction des fricatives concernées par le voisement/ position finale.....	64
Tableau 8 : Valeurs moyennes et écarts-types du CoG acoustique des fricatives de l'arabe standard	83
Tableau 9 : Résultats des analyses de variance du formant (F1)	127
Tableau 10 : Résultats des analyses de variance du formant (F2)	128
Tableau 11 : Résultats des analyses de variance du formant (F3)	128
Tableau 12 : Résultats des analyses de variance du formant (F4)	129
Tableau 13 : Résultats des analyses de variance du formant (F1) pour le voisement.....	129
Tableau 14 : Résultats des analyses de variance du formant (F2) pour le voisement.....	130
Tableau 15 : Résultats des analyses de variance du formant (F3) pour le voisement.....	130
Tableau 16 : Résultats des analyses de variance du formant (F4) pour le voisement.....	130
Tableau 17 : Résultats des analyses de variance du premier formant (F1)	135
Tableau 18 : Résultats des analyses de variance du deuxième formant (F2).....	136
Tableau 19 : Résultats des analyses de variance du troisième formant (F3).....	136
Tableau 20 : Résultats des analyses de variance du quatrième formant (F4)	137
Tableau 21 : Résultats des analyses de variance du premier formant (F1) pour le voisement	137
Tableau 22 : Résultats des analyses de variance du premier formant (F2) pour le voisement	138
Tableau 23 : Résultats des analyses de variance du premier formant (F3) pour le voisement	138
Tableau 24 : Résultats des analyses de variance du premier formant (F4) pour le voisement	139
Tableau 25 : Résultats des analyses statistiques obtenues pour les deux positions initiale et intervocalique	143
Tableau 26 : Interaction lieux d'articulation/ transitions formantiques	172
Tableau 27 : Différence des fréquences moyennes entre les formants F2 et F1	177
Tableau 28 : Valeurs moyennes et écarts-types des durées absolue et relative des lieux d'articulations des fricatives de l'arabe standard/ tous locuteurs confondus	206
Tableau 29 : Valeurs moyennes et écarts-types de l'intensité relative des fricatives de l'arabe standard	207
Tableau 30 : Valeurs moyennes et écarts-types de durée (ms) et HNR (dB) des fricatives ..	218
Tableau 31 : Valeurs moyennes des durées absolues, HNR et intensités relatives des fricatives de l'arabe standard pour tous les locuteurs confondus.....	234
Tableau 32 : Fréquences des quatre premiers formants à proximité des fricatives.....	265
Tableau 33 : Fréquences des quatre premiers formants à proximité des fricatives.....	265
Tableau 34 : Durée absolue de la fricative Position initiale.....	270
Tableau 35 : Durée relative de la fricative Position initiale.....	270
Tableau 36 : Durée absolue de la fricative Position intervocalique	271

Tableau 37 : Durée relative de la fricative Position intervocalique	271
Tableau 38 : Durée absolue de la fricative Position finale.....	271
Tableau 39 : Durée relative de la fricative Position finale.....	272
Tableau 40 : Valeurs moyennes et écarts-types des durées segmentales absolues et relatives des fricatives et des voyelles environnantes/ tous locuteurs confondus/ Position initiale	272
Tableau 41 : Valeurs moyennes et écarts-types des durées segmentales absolues et relatives des fricatives et des voyelles environnantes/ tous locuteurs confondus/ Position intervocalique	273
Tableaux 42 : Valeurs moyennes et écarts-types des durées segmentales absolues et relatives des fricatives et des voyelles environnantes/ tous locuteurs confondus/ Position finale	274
Tableau 43 : Résultats statistiques des valeurs de l'intensité relative des fricatives.....	279
Tableau 44 : Résultats statistiques des valeurs de l'intensité relative des fricatives.....	280
Tableau 45 : Valeurs moyennes et écarts-types de l'intensité relative pour chacun des locuteurs	280
Tableau 46 : Valeurs moyennes et écarts-types de l'intensité relative pour chacun des locuteurs	280
Tableau 47 : Résultats statistiques des valeurs du HNR des fricatives.....	281
Tableau 48 : Résultats statistiques des valeurs du HNR des fricatives.....	281
Tableau 49 : Résultats statistiques des valeurs du HNR des fricatives.....	282
Tableau 50 : Valeurs moyennes des fricatives pour l'étude acoustique	282

ANNEXES

Chapitre 2 : Caractéristiques du bruit de friction des fricatives de l'arabe standard : centre de gravité (CoG) fréquentiel



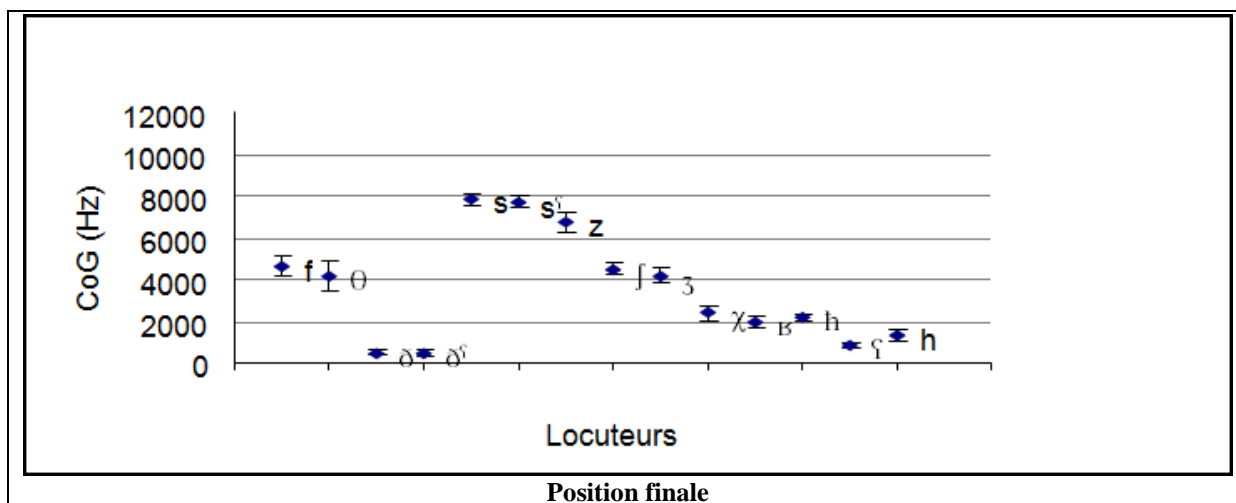


Figure 98. Moyennes et écarts-types du CoG acoustique des fricatives/ tous les locuteurs confondus

Chapitre 3 : Caractéristiques des formants vocaliques à proximité des fricatives de l'arabe standard

Étude des formants

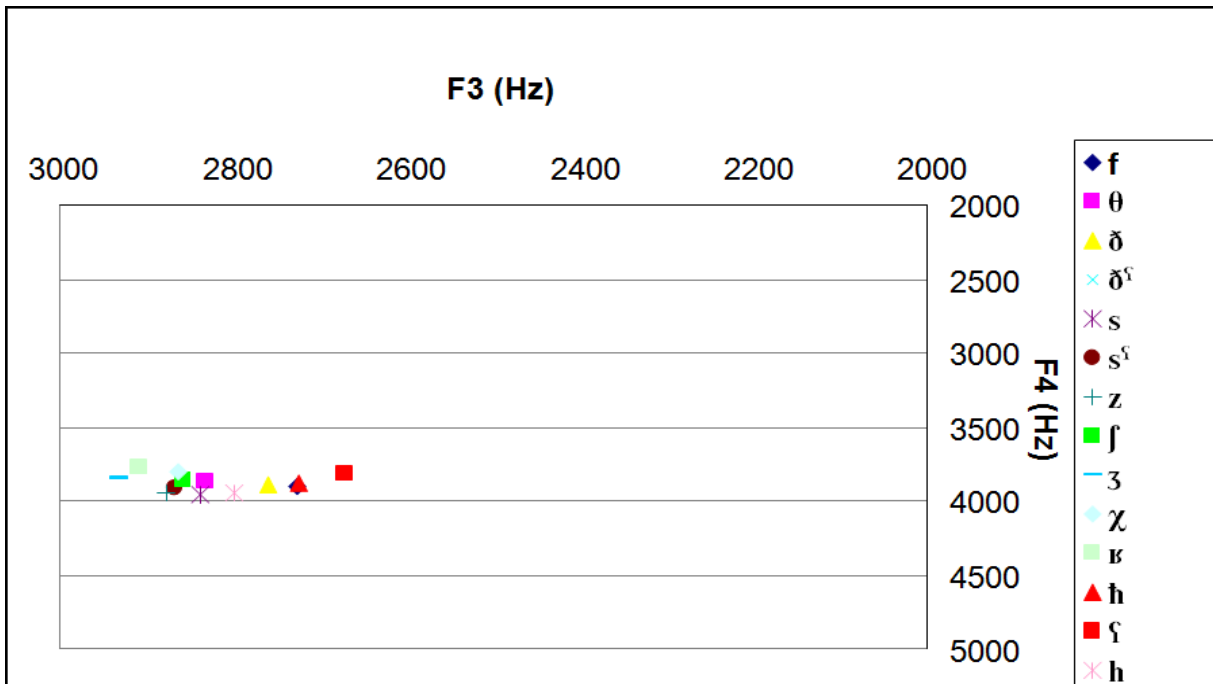


Figure 99 : Espace formantique F3/ F4 des fricatives de l'arabe entre F et V
Position initiale

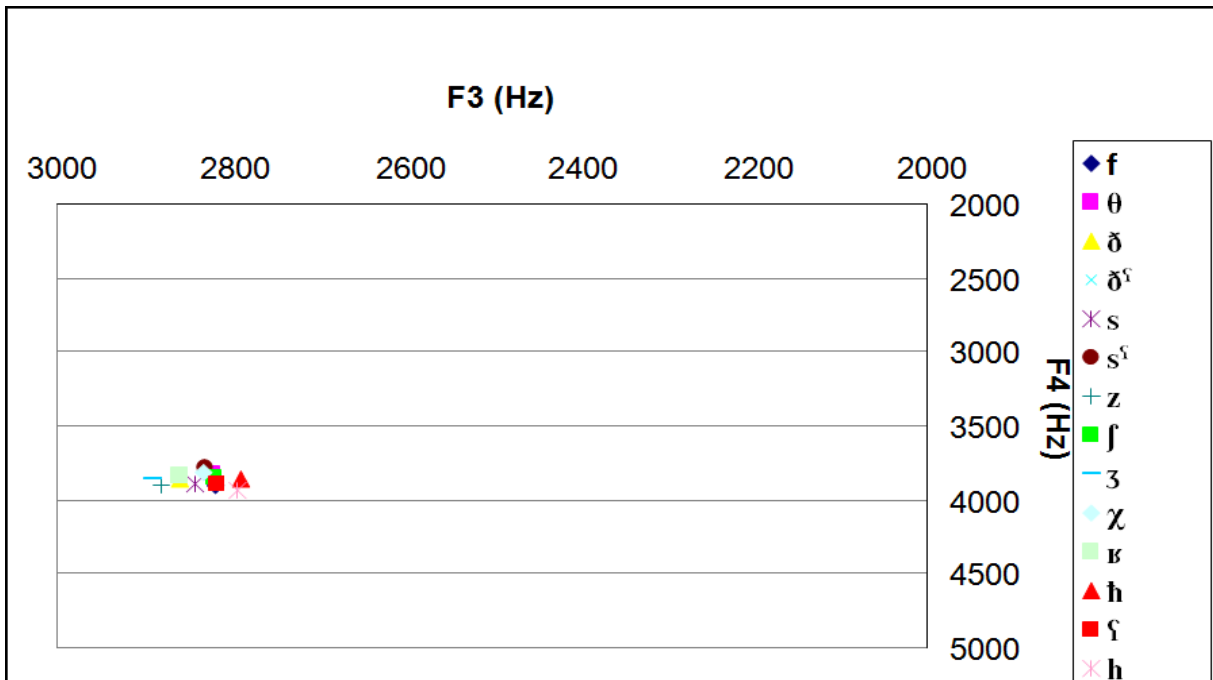


Figure 100 : Espace formantique F3/ F4 des fricatives de l'arabe au centre de V
Position initiale

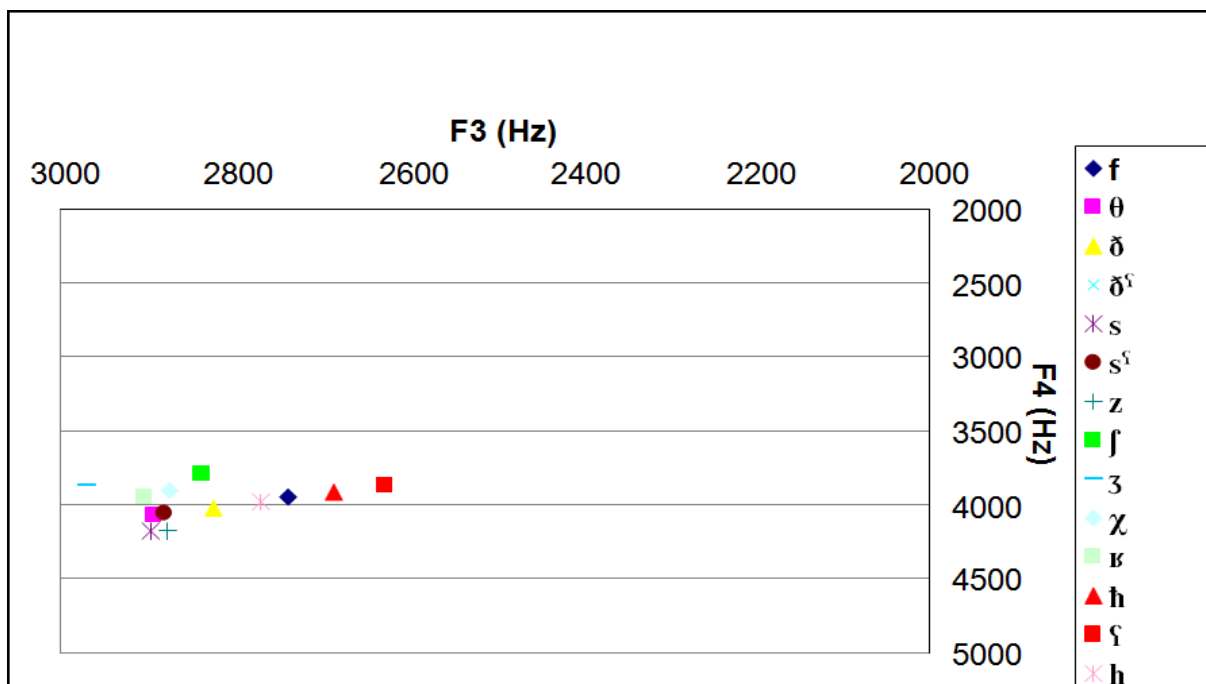


Figure 101 : Espace formantique F3/ F4 des fricatives de l'arabe entre F et V
Position intervocalique

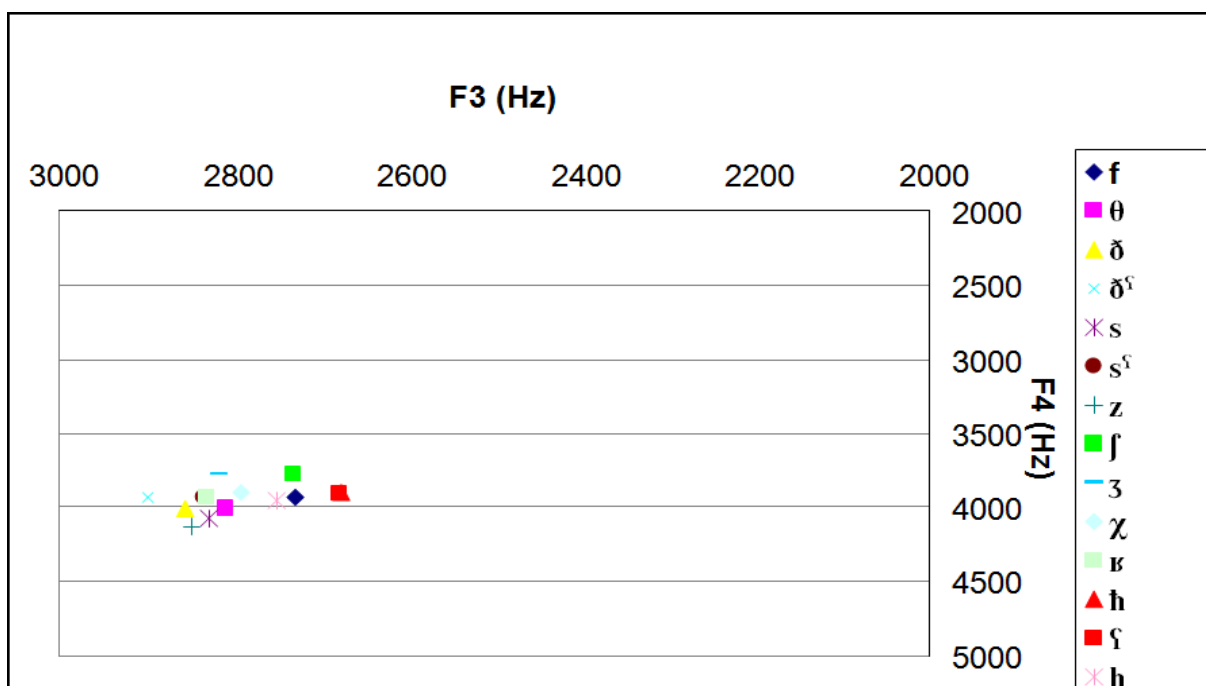


Figure 102 : Espace formantique F3/ F4 des fricatives de l'arabe au centre de V
Position intervocalique

**Tableau 32 : Fréquences des quatre premiers formants à proximité des fricatives
Position initiale/ tous locuteurs confondus**

Fréquences des formants en position initiale									
	Moyennes entre F et V				Ecart-types entre F et V				
	F1	F2	F3	F4	F1	F2	F3	F4	
f	496	1633	2726	3905	38	40	51	67	
θ	475	1739	2832	3873	47	34	45	58	
ð	415	1686	2760	3888	34	39	37	50	
ð ^v	495	1204	2857	3870	51	45	43	47	
s	435	1782	2837	3961	34	31	39	44	
s ^v	542	1311	2867	3917	40	37	39	47	
z	379	1745	2876	3950	27	35	43	53	
ʃ	409	1915	2857	3861	36	37	50	48	
ʒ	356	1882	2931	3845	30	43	38	54	
x	538	1677	2862	3798	45	42	51	47	
y	493	1658	2908	3773	36	45	37	60	
h	767	1790	2725	3883	54	41	58	55	
ç	789	1670	2672	3810	49	49	63	84	
h	535	1794	2798	3942	55	44	56	46	
Moyennes au centre de V									
	Moyennes au centre de V				Ecart-types au centre de V				
	F1	F2	F3	F4	F1	F2	F3	F4	
f	658	1691	2818	3906	34	39	50	72	
θ	651	1759	2822	3827	34	38	40	60	
ð	644	1795	2859	3864	41	40	44	45	
ð ^v	726	1281	2857	3816	43	44	53	46	
s	634	1796	2842	3897	29	37	51	54	
s ^v	715	1299	2829	3789	39	34	46	51	
z	619	1788	2881	3900	31	37	46	54	
ʃ	626	1822	2820	3847	30	37	48	50	
ʒ	600	1822	2891	3863	33	41	43	49	
x	689	1734	2831	3812	34	46	56	56	
y	674	1717	2860	3836	34	45	45	53	
h	766	1792	2790	3866	45	38	60	56	
ç	763	1746	2816	3892	46	48	50	45	
h	677	1785	2793	3937	40	36	51	58	

**Tableau 33 : Fréquences des quatre premiers formants à proximité des fricatives
Position intervocalique/ tous locuteurs confondus**

Fréquences des formants en position intervocalique									
	Moyennes entre F et V				Ecart-types entre F et V				
	F1	F2	F3	F4	F1	F2	F3	F4	
f	475	1616	2739	3952	39	47	48	47	
θ	491	1721	2892	4065	35	37	45	48	
ð	438	1644	2824	4030	32	36	39	56	
ð ^v	485	1249	2903	3946	41	43	39	45	
s	421	1728	2897	4183	26	40	40	52	
s ^v	489	1347	2881	4059	35	42	51	38	
z	376	1681	2876	4177	20	37	43	49	
ʃ	409	1808	2838	3797	27	44	53	52	
ʒ	386	1830	2970	3872	27	40	45	47	
x	540	1584	2875	3904	44	39	51	48	
y	502	1506	2905	3948	42	47	64	59	
h	770	1658	2686	3915	48	45	48	46	
ç	835	1585	2626	3876	48	44	54	57	
h	601	1606	2769	3983	42	49	48	54	
Moyennes au centre de V									
	Moyennes au centre de V				Ecart-types au centre de V				
	F1	F2	F3	F4	F1	F2	F3	F4	
f	588	1632	2729	3931	31	41	44	43	
θ	593	1711	2809	4007	29	39	52	49	
ð	586	1700	2856	4007	30	40	48	44	
ð ^v	667	1329	2899	3929	38	42	43	42	
s	552	1728	2829	4077	27	37	39	53	
s ^v	630	1346	2835	3930	41	48	49	44	
z	528	1706	2849	4126	23	41	39	36	
ʃ	522	1731	2730	3778	29	47	48	53	
ʒ	504	1748	2818	3774	22	44	43	55	
x	648	1596	2792	3900	45	43	57	43	
y	664	1552	2831	3929	39	41	59	44	
h	709	1634	2677	3903	37	40	47	39	
ç	773	1610	2679	3912	42	49	46	57	
h	620	1637	2750	3954	47	44	50	47	

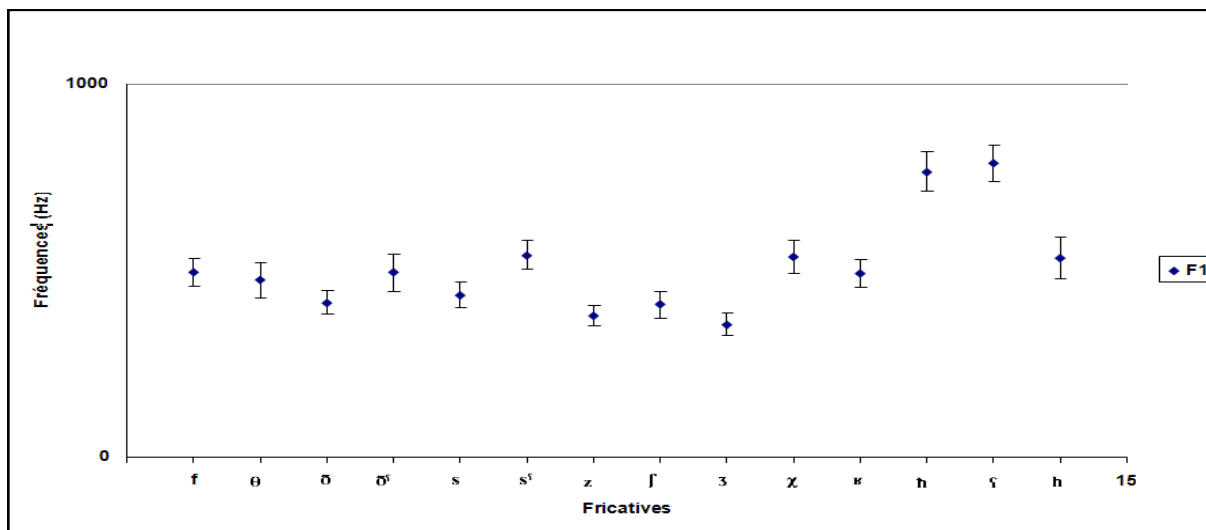


Figure 103 : Valeurs moyennes et écarts-types des fréquences de F1 entre la fricative et la voyelle
Tous les locuteurs confondus/ Position initiale

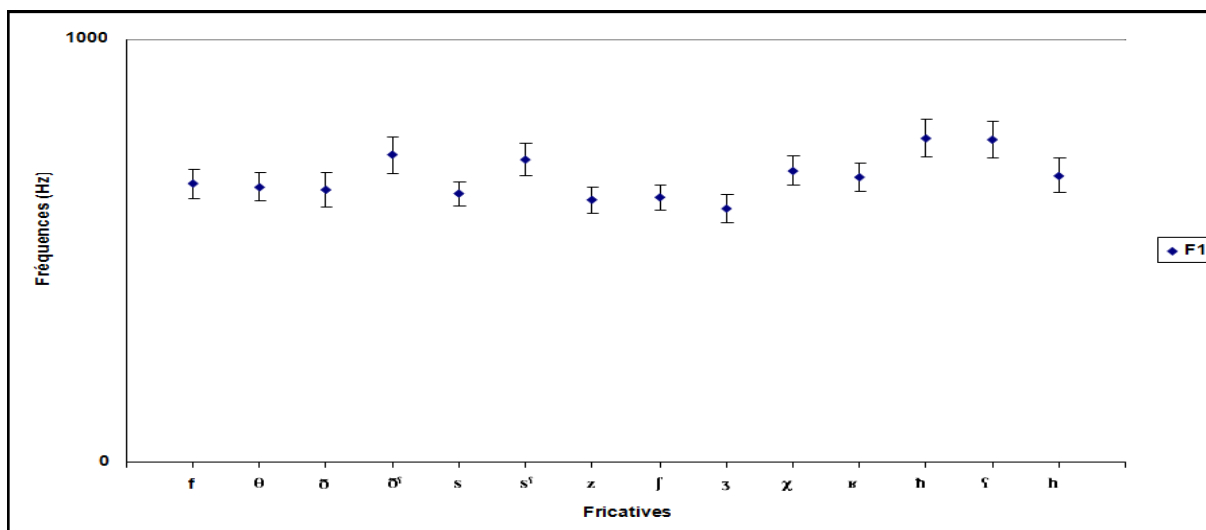


Figure 104 : Valeurs moyennes et écarts-types des fréquences de F1 au milieu de la voyelle
Tous les locuteurs confondus/ Position initiale

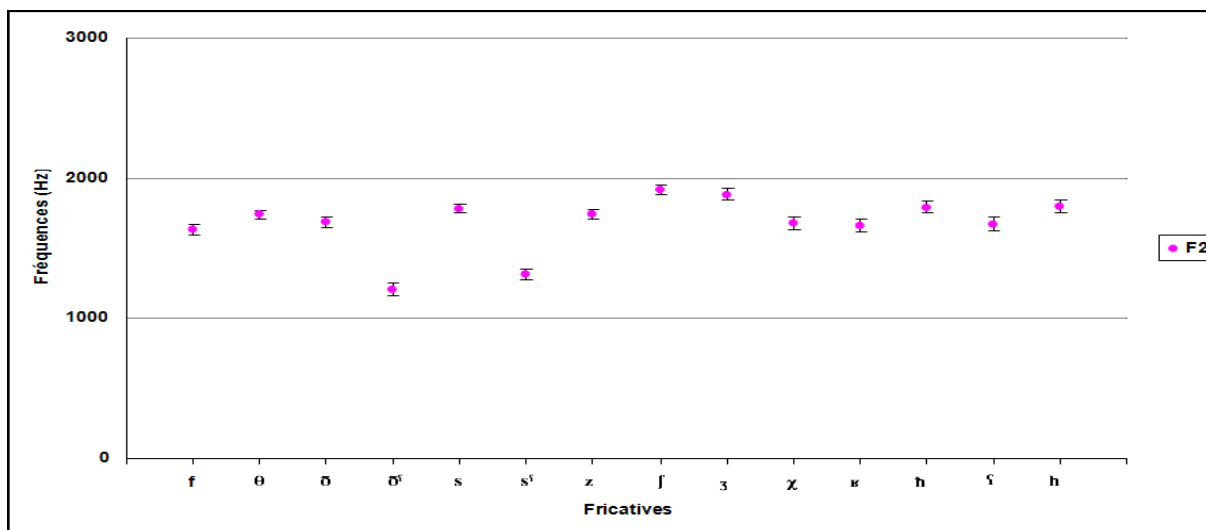


Figure 105 : Valeurs moyennes et écarts-types des fréquences de F2 entre la fricative et la voyelle
Tous les locuteurs confondus/ Position initiale

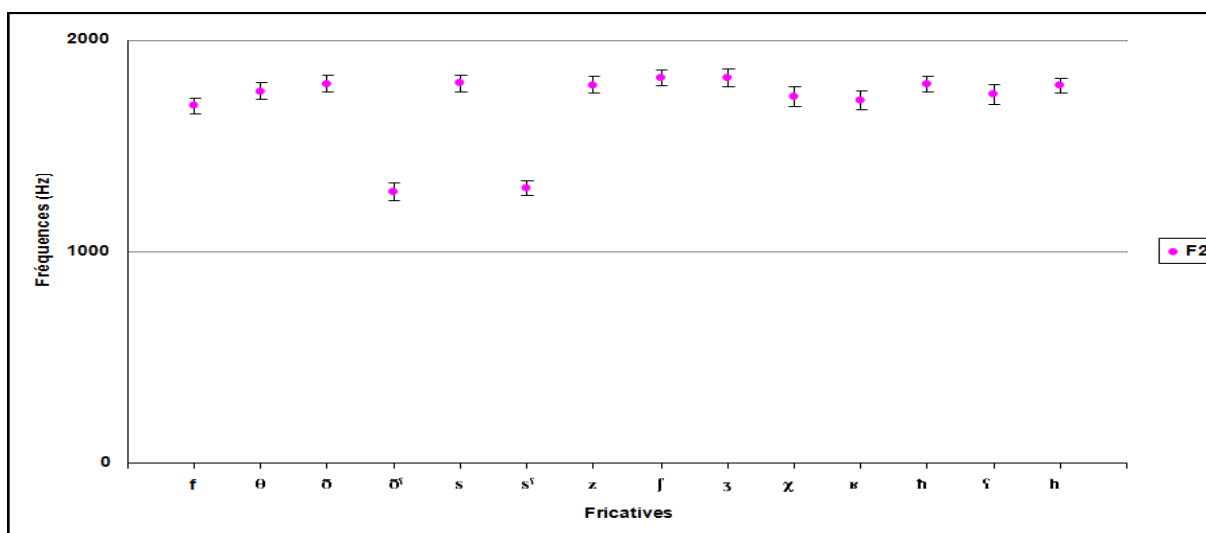
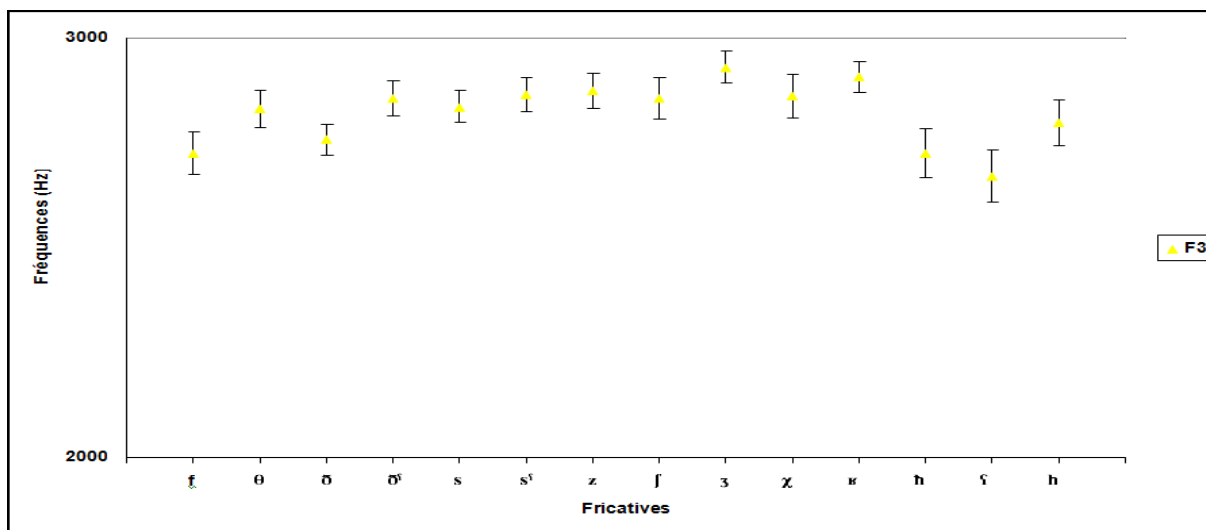
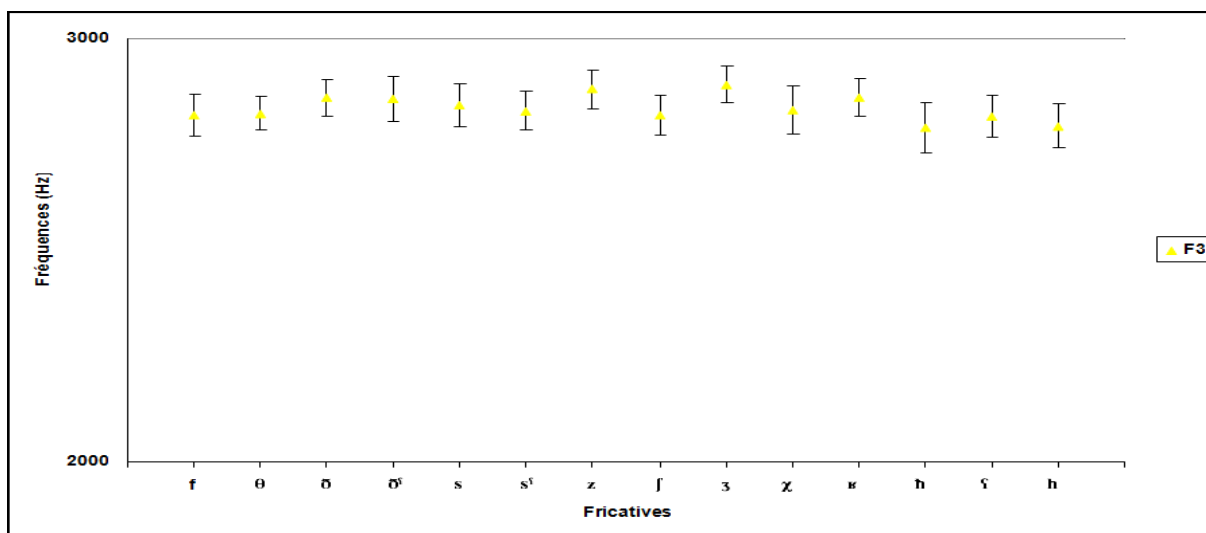


Figure 106 : Valeurs moyennes et écarts-types des fréquences de F2 au milieu de la voyelle
Tous les locuteurs confondus/ Position initiale



**Figure 107 : Valeurs moyennes et écarts-types des fréquences de F3 entre la fricative et la voyelle
Tous les locuteurs confondus/ Position initiale**



**Figure 108: Valeurs moyennes et écarts-types des fréquences de F3 au milieu de la voyelle
Tous les locuteurs confondus/ Position initiale**

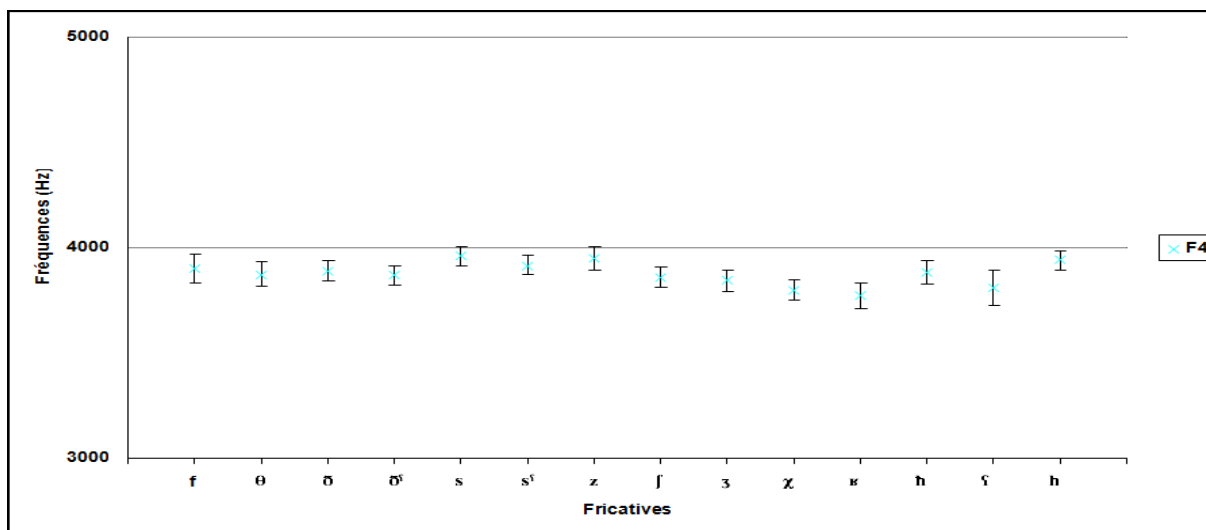


Figure 109 : Valeurs moyennes et écarts-types des fréquences de F3 entre la fricative et la voyelle
Tous les locuteurs confondus/ Position initiale

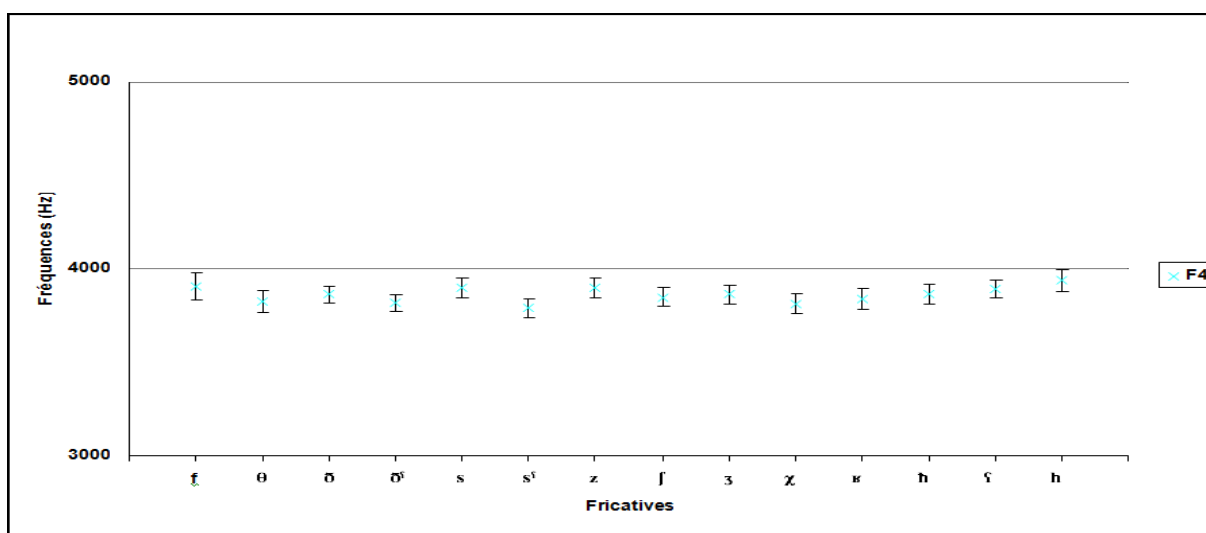


Figure 110 : Valeurs moyennes et écarts-types des fréquences de F4 au milieu de la voyelle
Tous les locuteurs confondus/ Position initiale

Chapitre 4 : Caractéristiques acoustiques relatives aux lieux d'articulation, à la pharyngalisation et au trait de voisement des fricatives de l'arabe standard

1) Durée

Nous présentons ci-dessous des tableaux (cf. Tableaux 34-39) comprenant les résultats statistiques relatifs à la durée absolue et relative des fricatives de l'arabe standard situées en position initiale, intervocalique et finale.

Tableau 34 : Durée absolue de la fricative Position initiale

Analysis of Variance Table						
Source		Sum of	Mean		Prob	Power
Term	DF	Squares	Square	F-Ratio	Level	(Alpha=0,05)
Sexe	1	2480,626	2480,626	0,20	0,676286	0,064423
Locuteurs	4	49087,35	12271,84	45,67	0,000000*	
Lieu d'articulation	8	145015,6	18126,95	10,15	0,000001*	0,999998
Sexe/ Lieu d'articulation	8	14136,12	1767,015	0,99	0,462733	0,376414
Locuteurs/ Lieu d'articulation	32	57166,98	1786,468	6,65	0,000000*	
Voisement	1	51170,7	51170,7	33,00	0,004551*	0,985879
Sexe/ Voisement	1	6106,133	6106,133	3,94	0,118212	0,331759
Locuteurs/ Voisement	4	6202,817	1550,704	5,77	0,000141*	
Lieu d'articulation/ Voisement	8	77859,74	9732,468	6,11	0,009599*	0,927877
Lieu d'articulation/ Voisement	8	7095,144	886,8929	0,56	0,787437	0,139121
Locuteurs/ Lieu/ Voisement	8	12745,78	1593,223	5,93	0,000000*	
S	756	203140,7	268,7046			
Total (Adjusted)	839	1022830				
Total	840					

* Term significant at alpha = 0,05

Tableau 35 : Durée relative de la fricative Position initiale

Analysis of Variance Table						
Source		Sum of	Mean		Prob	Power
Term	DF	Squares	Square	F-Ratio	Level	(Alpha=0,05)
Sexe	1	305,1021	305,1021	0,67	0,459072	0,098192
Locuteurs	4	1822,033	455,5083	26,73	0,000000*	
Lieu d'articulation	8	11070,49	1383,812	13,98	0,000000*	1,000000
Sexe/ Lieu d'articulation	8	705,4721	88,18401	0,89	0,535322	0,338449
Locuteurs/ Lieu d'articulation	32	3168,067	99,00208	5,81	0,000000*	
Voisement	1	2193,075	2193,075	27,09	0,006493*	0,966551
Sexe/ Voisement	1	343,4083	343,4083	4,24	0,108483	0,352195
Locuteurs/ Voisement	4	323,7722	80,94305	4,75	0,000865*	
Lieu d'articulation/ Voisement	8	6856,693	857,0867	9,38	0,002369*	0,990910
Sexe/ Lieu/ Voisement	8	321,4667	40,18333	0,44	0,866668	0,118003
Locuteurs/ Lieu/ Voisement	8	730,6611	91,33264	5,36	0,000001*	
S	756	12883,9	17,0422			
Total (Adjusted)	839	69303				
Total	840					

* Term significant at alpha = 0,05

Tableau 36 : Durée absolue de la fricative Position intervocalique

Analysis of Variance Table						
Source		Sum of	Mean		Prob	Power
Term	DF	Squares	Square	F-Ratio	Level	(Alpha=0,05)
Sexe A: C2	1	3627,171	3627,171	0,68	0,457165	0,098640
Locuteurs B(A): C1	4	21463,81	5365,952	70,76	0,000000*	
Voisement C: C4	1	30305,41	30305,41	28,57	0,005906*	0,972973
A Voisement C	1	806,0084	806,0084	0,76	0,432587	0,104736
Locuteurs BC(A)	4	4243,293	1060,823	13,99	0,000000*	
Lieu d'articulation	8	87728,88	10966,11	16,46	0,000000*	1,000000
Sexe Lieu d'articulation	8	1001,592	125,199	0,19	0,990869	0,095209
Locuteurs Lieu d'articulation	32	21324,29	666,3841	8,79	0,000000*	
Voisement Lieu d'articulation	8	29166,42	3645,803	95,29	0,000000*	1,000000
Sexe Voisement Lieu	8	3682,077	460,2596	12,03	0,001005*	0,998531
Locuteurs Voisement Lieu	8	306,0734	38,25918	0,50	0,853375	
S	756	57330,1	75,83347			
Total (Adjusted)	839	489426,8				
Total	840					

* Term significant at alpha = 0,05

Tableau 37 : Durée relative de la fricative Position intervocalique

Analysis of Variance Table						
Source		Sum of	Mean		Prob	Power
Term	DF	Squares	Square	F-Ratio	Level	(Alpha=0, 05)
Sexe	1	1393,479	1393,479	3,72	0,126122	0,316746
Locuteurs	4	1499,676	374,919	22,90	0,000000*	
Voisement	1	3729,675	3729,675	26,07	0,006955*	0,961239
Sexe Voisement	1	21,675	21,675	0,15	0,716940	0,060798
Locuteurs Voisement	4	572,2794	143,0698	8,74	0,000001*	
Lieu d'articulation	8	94641,34	11830,17	23,76	0,000000*	1,000000
Sexe Lieu	8	2574,676	321,8345	0,65	0,733124	0,245660
Locuteurs Lieu	32	15933,02	497,907	30,41	0,000000*	
Voisement Lieu d'articulation	8	6875,727	859,4658	10,30	0,001721*	0,995118
Sexe Voisement Lieu	8	719,54	89,9425	1,08	0,458848	0,243695
Locuteurs Voisement Lieu	8	667,2873	83,41091	5,09	0,000003*	
S	756	12377	16,37169			
Total (Adjusted)	839	178020,6				
Total	840					

* Term significant at alpha = 0, 05

Tableau 38 : Durée absolue de la fricative Position finale

Analysis of Variance Table						
Source		Sum of	Mean		Prob	Power
Term	DF	Squares	Square	F-Ratio	Level	(Alpha=0, 05)
Sexe	1	8464,083	8464,083	0,11	0,762121	0,057478
Locuteurs	4	322371,7	80592,91	180,34	0,000000*	
Voisement	1	17352,07	17352,07	5,17	0,085306	0,412308
Sexe Voisement	1	755,0084	755,0084	0,23	0,659928	0,066068
Locuteurs Voisement	4	13416,94	3354,234	7,51	0,000006*	
Lieu d'articulation	8	279412,6	34926,57	11,45	0,000000*	1,000000
Sexe Lieu	8	15976,28	1997,036	0,65	0,726500	0,248656
Locuteurs Lieu	32	97644,63	3051,395	6,83	0,000000*	
Voisement Lieu d'articulation	8	26995,64	3374,455	1,72	0,230908	0,380773
Sexe Voisement Lieu	8	8793,156	1099,145	0,56	0,785869	0,139537
Locuteurs Voisement Lieu	8	15732,83	1966,604	4,40	0,000032*	
S	756	337843,4	446,8828			
Total (Adjusted)	839	1325405				
Total	840					

* Term significant at alpha = 0, 05

Tableau 39 : Durée relative de la fricative Position finale

Analysis of Variance Table						
Source		Sum of	Mean		Prob	Power
Term	DF	Squares	Square	F-Ratio	Level	(Alpha=0, 05)
Sexe	1	1241,525	1241,525	1,04	0,366324	0,124873
Locuteurs	4	4793,848	1198,462	36,74	0,000000*	
Voisement	1	1809,633	1809,633	3,99	0,116307	0,335578
Sexe Voisement	1	28,03333	28,03333	0,06	0,815805	0,054401
Locuteurs Voisement	4	1812,239	453,0596	13,89	0,000000*	
Lieu d'articulation	8	18591,11	2323,889	5,99	0,000102*	0,998239
Sexe Lieu d'articulation	8	929,0159	116,127	0,30	0,960794	0,127325
Locuteurs Lieu d'articulation	32	12411,25	387,8516	11,89	0,000000*	
Voisement Lieu d'articulation	8	7454,96	931,87	2,37	0,121774	0,515483
Sexe Voisement Lieu	8	1375,707	171,9633	0,44	0,868280	0,117562
Locuteurs Voisement Lieu	8	3144,728	393,091	12,05	0,000000*	
S	756	24663,6	32,62381			
Total (Adjusted)	839	107075,2				
Total	840					

* Term significant at alpha = 0, 05

Nous représentons sous forme de tableaux les valeurs moyennes et écarts-types des durées segmentales absolues et relatives des fricatives et des voyelles environnantes pour tous les locuteurs confondus, pour les trois positions :

Tableau 40 : Valeurs moyennes et écarts-types des durées segmentales absolues et relatives des fricatives et des voyelles environnantes/ tous locuteurs confondus/ Position initiale

Durée (ms)/Tous locuteurs		Position initiale			
		f	a:	f+a:	(f/fa:)100
f	Moyenne	131	157	288	46
	Ecart-type	16	23	19	4
θ	Moyenne	124	142	266	46
	Ecart-type	15	14	15	3
ð	Moyenne	95	160	255	37
	Ecart-type	20	22	21	4
ð ^h	Moyenne	97	166	263	36
	Ecart-type	20	17	18	4
s	Moyenne	146	153	299	48
	Ecart-type	15	18	17	3
s ^h	Moyenne	145	156	301	48
	Ecart-type	13	15	14	2
z	Moyenne	115	162	276	41
	Ecart-type	15	18	16	3
ʃ	Moyenne	142	158	300	47
	Ecart-type	15	17	16	3
ʒ	Moyenne	100	158	258	39
	Ecart-type	13	16	14	3
ʒ	Moyenne	143	150	293	49
	Ecart-type	19	17	18	4
ʁ	Moyenne	68	175	243	27
	Ecart-type	13	21	17	4
h	Moyenne	155	152	307	51
	Ecart-type	18	20	19	4
f	Moyenne	67	186	253	26
	Ecart-type	15	28	22	6
h	Moyenne	100	166	266	37
	Ecart-type	20	25	23	5

Tableau 41 : Valeurs moyennes et écarts-types des durées segmentales absolues et relatives des fricatives et des voyelles environnantes/ tous locuteurs confondus/ Position intervocalique

Durée (ms)/Tous locuteurs ^s		Position intervocalique				
		a:	f	a	f+a	(f/fa)100
f	Moyenne	148	82	72	152	53
	Ecart-type	13	9	9	11	5
θ	Moyenne	138	87	69	153	56
	Ecart-type	15	6	6	8	3
ð	Moyenne	163	61	72	132	46
	Ecart-type	16	6	7	9	4
ð ^h	Moyenne	157	56	73	127	44
	Ecart-type	21	6	6	10	3
s	Moyenne	144	103	66	164	61
	Ecart-type	12	7	7	9	3
s ^h	Moyenne	152	100	71	168	59
	Ecart-type	15	7	8	12	3
z	Moyenne	167	76	74	150	50
	Ecart-type	17	7	7	10	4
ʃ	Moyenne	149	103	70	173	60
	Ecart-type	15	7	8	11	3
ʒ	Moyenne	156	73	73	146	50
	Ecart-type	12	7	6	10	3
ʒ	Moyenne	149	107	68	170	61
	Ecart-type	15	10	7	15	3
ʁ	Moyenne	173	52	84	135	38
	Ecart-type	13	9	9	12	5
h	Moyenne	129	112	66	177	62
	Ecart-type	13	10	6	11	4
ç	Moyenne	150	51	85	136	37
	Ecart-type	16	10	11	13	7
h	Moyenne	142	73	76	148	49
	Ecart-type	15	13	10	13	7

Tableaux 42 : Valeurs moyennes et écarts-types des durées segmentales absolues et relatives des fricatives et des voyelles environnantes/ tous locuteurs confondus/ Position finale

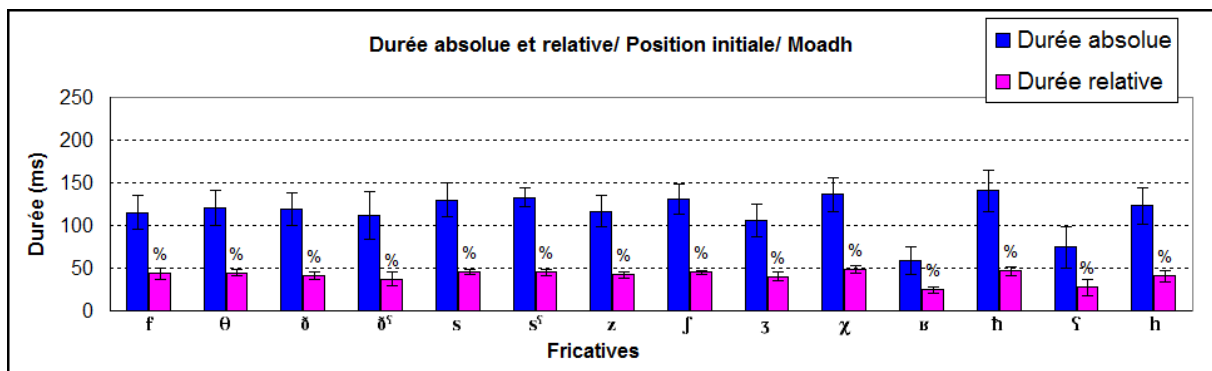
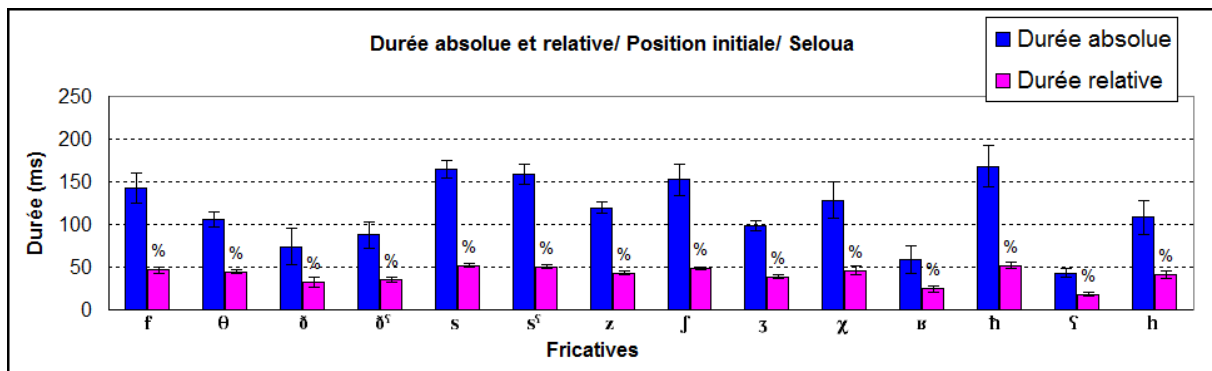
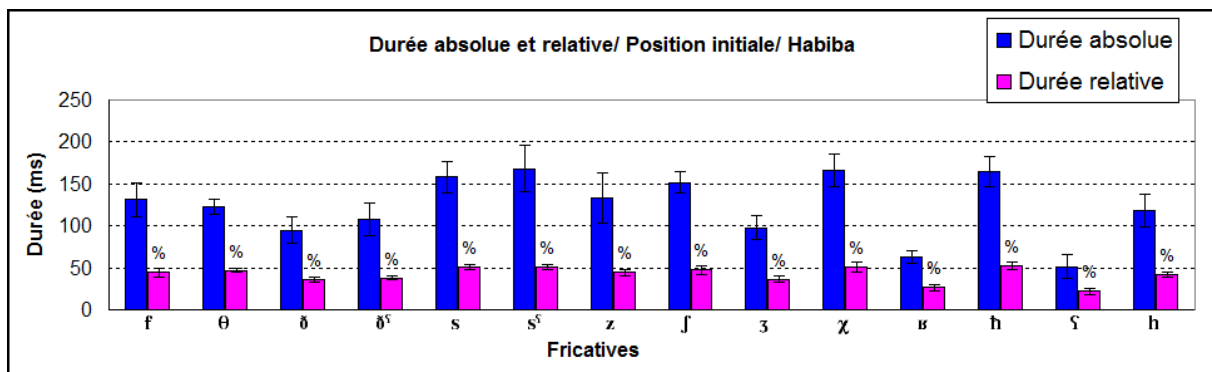
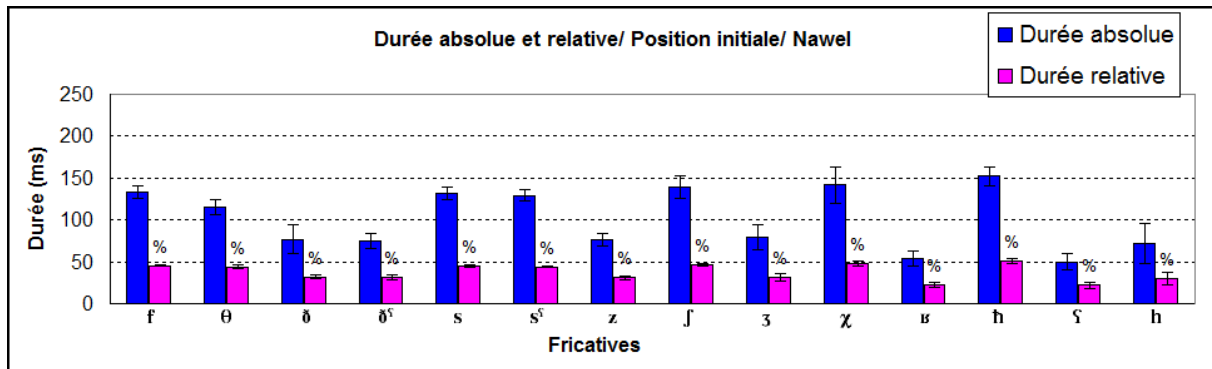
Durée (ms)/Tous locuteurs		Position finale			
		a	f	a+f	(f/af)100
f	Moyenne	76	105	181	57
	Ecart-type	10	21	16	7
θ	Moyenne	65	102	167	59
	Ecart-type	8	20	14	6
ð	Moyenne	73	84	157	52
	Ecart-type	10	23	16	7
ð ^h	Moyenne	77	95	171	54
	Ecart-type	9	20	15	5
s	Moyenne	70	144	214	66
	Ecart-type	6	25	16	4
s ^h	Moyenne	71	144	215	66
	Ecart-type	6	23	14	3
z	Moyenne	95	117	212	54
	Ecart-type	11	21	16	4
ʃ	Moyenne	71	143	214	66
	Ecart-type	7	21	14	3
ʒ	Moyenne	84	120	204	58
	Ecart-type	11	16	13	5
ʒ	Moyenne	58	134	193	69
	Ecart-type	5	22	14	4
ʁ	Moyenne	84	95	179	52
	Ecart-type	10	16	13	5
h	Moyenne	51	129	180	71
	Ecart-type	9	18	13	5
ʁ	Moyenne	88	72	160	45
	Ecart-type	15	15	15	7
h	Moyenne	84	85	169	50
	Ecart-type	15	15	15	8

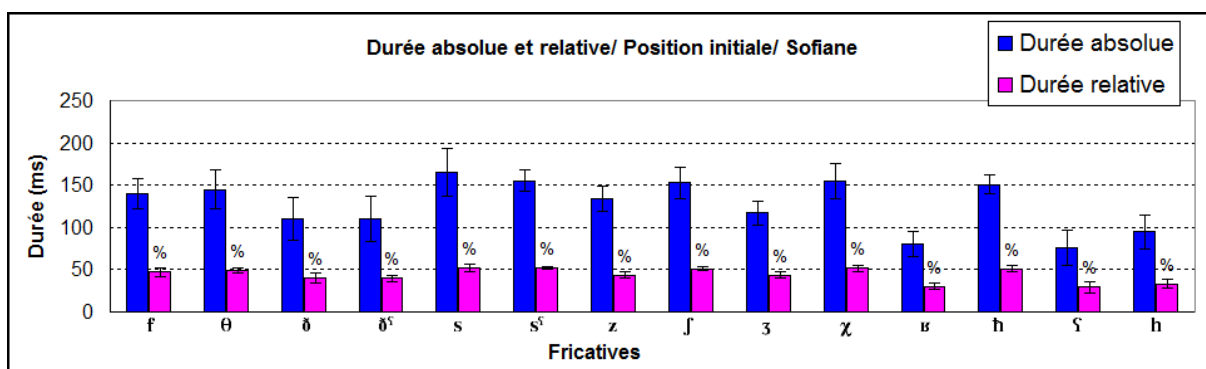
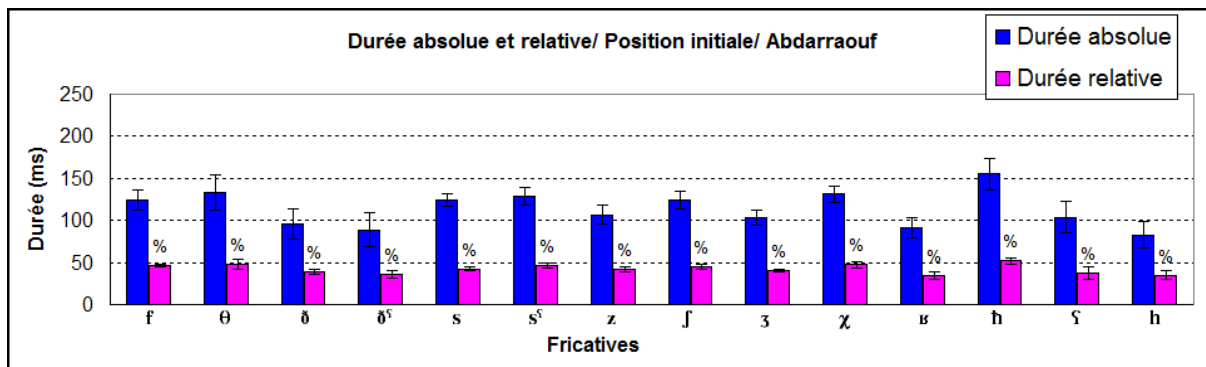
Légende :

a:	Durée voyelle V1
f	Durée absolue fricative
a	Durée voyelle V2
f+a	Durée fricative+voyelle V2
(f/fa)100	Durée relative fricative

Les graphiques *infra* représentent les valeurs moyennes des durées absolue et relative pour chacun des six locuteurs.

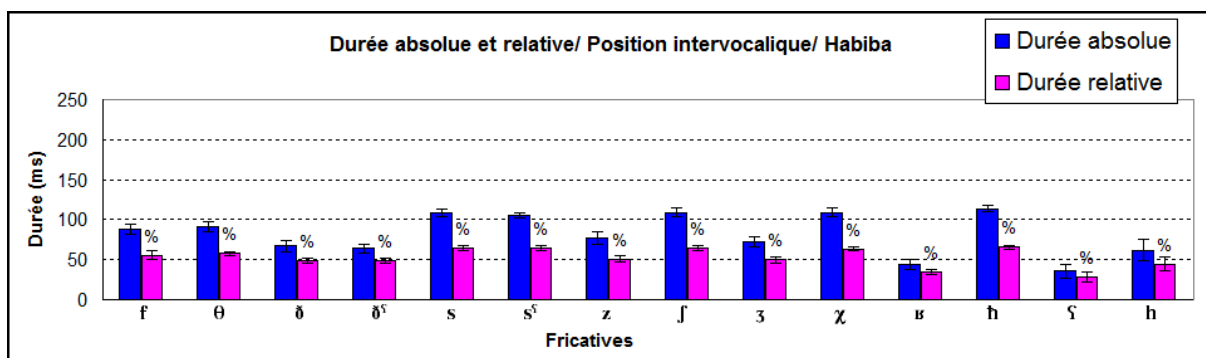
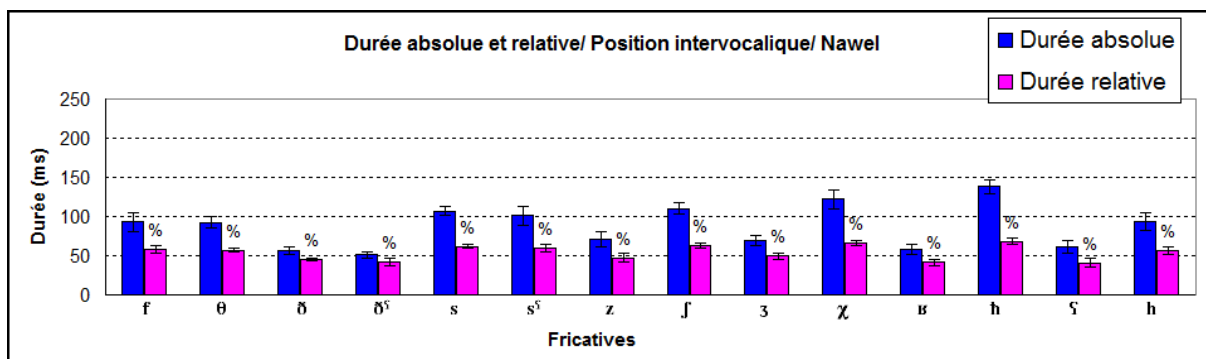
A. Position initiale

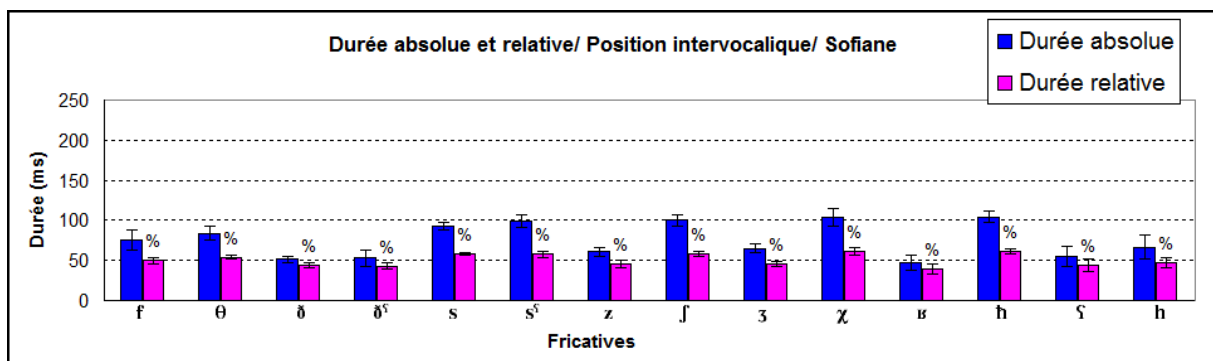
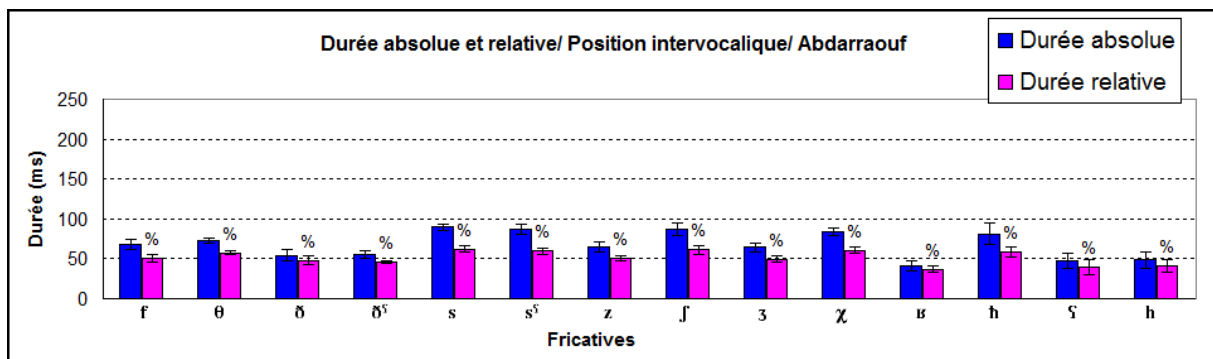
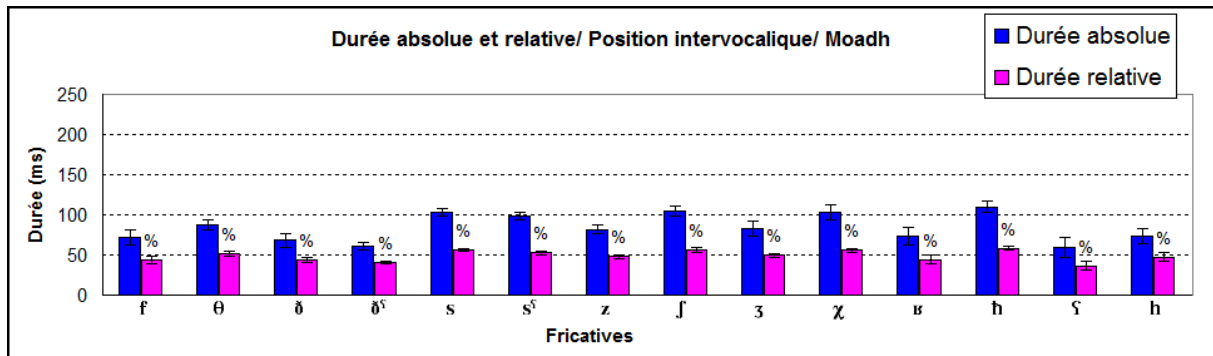
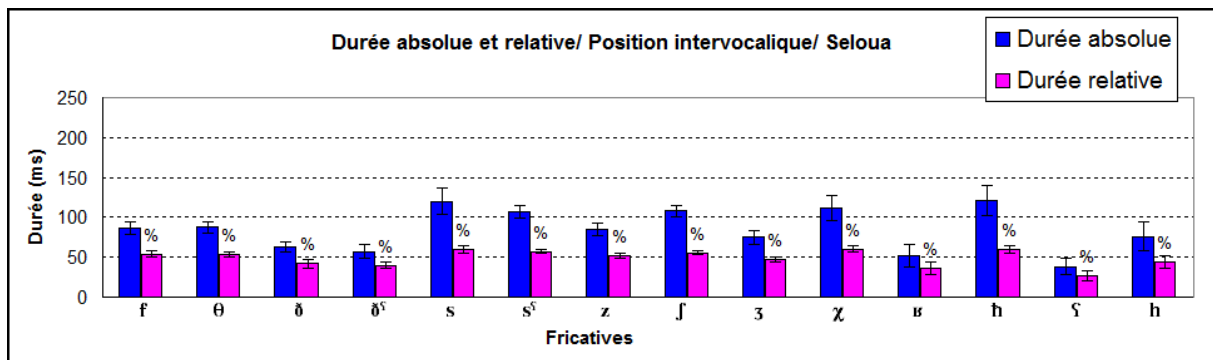




Figures 111 : Valeurs moyennes et écarts-types des durées absolues et relatives des locuteurs Position initiale

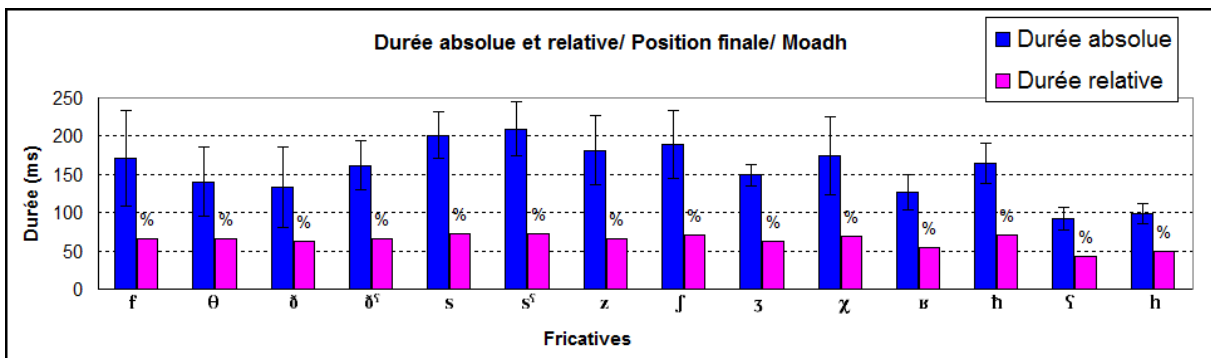
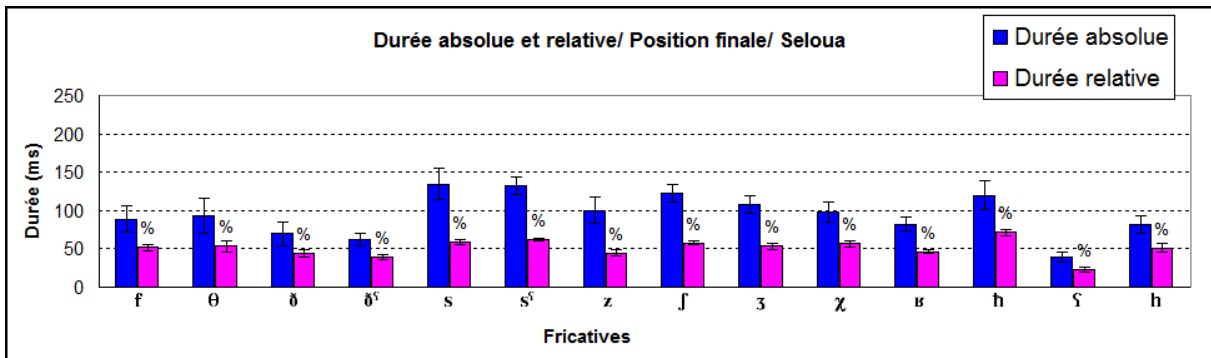
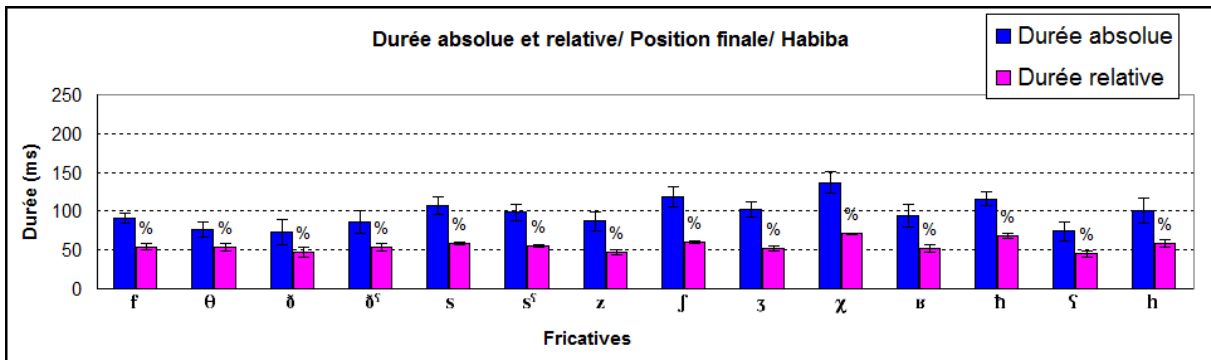
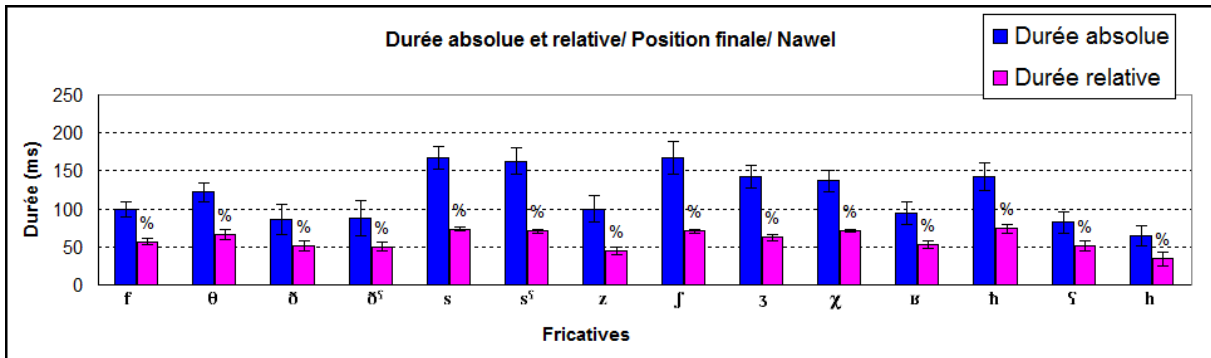
B. Position intervocalique :





**Figures 112 : Valeurs moyennes et écarts-types des durées absolues et relatives des locuteurs
Position intervocalique**

C. Position finale :



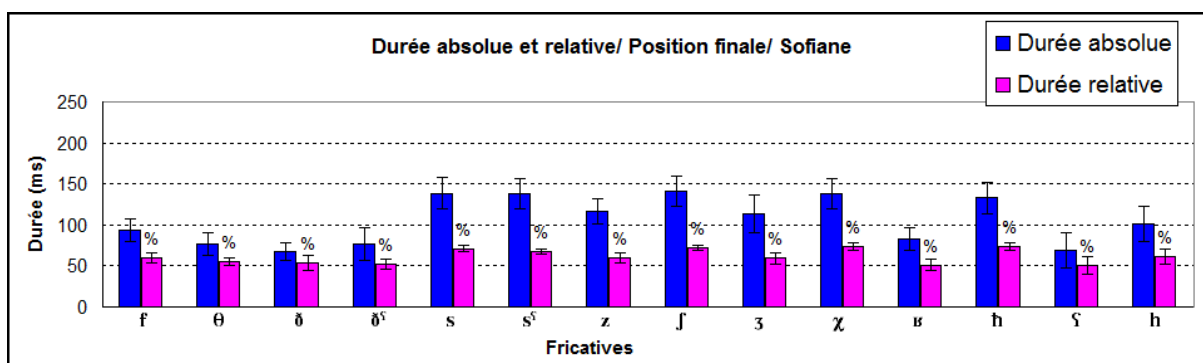
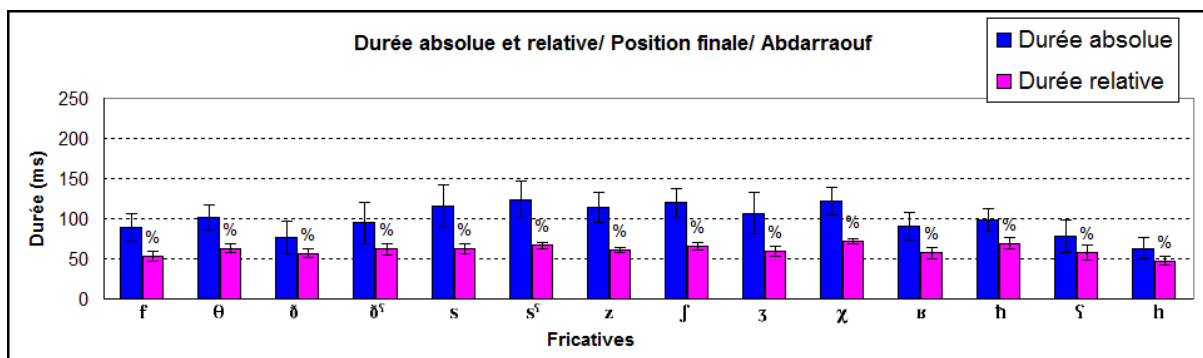


Figure 113 : Valeurs moyennes et écarts-types des durées absolues et relatives des locuteurs
Position finale

2) Intensité relative

Les tableaux 46 et 47 comportent les résultats statistiques obtenus pour les valeurs de l'intensité relative des fricatives de l'arabe obtenues à l'aide du logiciel R.

Tableau 43 : Résultats statistiques des valeurs de l'intensité relative des fricatives
Position initiale

```
reg1<-aov (Intensité relative Position initiale)
(Sexe+Locuteurs+ Lieu d'articulation+Voisement)

Summary (reg1)
              Df Sum Sq Mean Sq F value Pr(>F)
Sexe          1  2303.5  2303.53  93.5452 <2e-16 ***
Locuteurs     4  8599.1  2149.78  87.3017 <2e-16 ***
Lieu d'articulation  8 19305.7  2413.21  97.9993 <2e-16 ***
Voisement     1    25.7    25.65  1.0417  0.3077
Residuals    825 20315.4   24.62
---
Signif. codes:  0 '***' 0.001 '**' 0.01 '*' 0.05 '.' 0.1 ' ' 1
```

**Tableau 44 : Résultats statistiques des valeurs de l'intensité relative des fricatives
Position intervocalique**

```

reg2<-aov (Intensité relative Position intervocalique)
(Sexe+Locuteurs+ Lieu d'articulation +Voisement)

> Summary (reg2)
              Df Sum Sq Mean Sq F value Pr(>F)
Sexe          1  5429.4  5429.4 253.7612 < 2e-16 ***
Locuteurs     4  7391.5  1847.9  86.3673 < 2e-16 ***
Lieu d'articulation 8 17747.9 2218.5 103.6892 < 2e-16 ***
Voisement     1    92.7    92.7   4.3316  0.03772 *
Residuals    825 17651.3    21.4
---
Signif. codes:  0 '***' 0.001 '**' 0.01 '*' 0.05 '.' 0.1 ' ' 1
    
```

Les tableaux ci-dessous (cf. Tableaux 45 et 46) comportent les valeurs moyennes et écarts-types de l'intensité relative des fricatives de l'arabe, pour chacun des six locuteurs (les trois féminins puis les trois masculins).

**Tableau 45 : Valeurs moyennes et écarts-types de l'intensité relative pour chacun des locuteurs
Position initiale**

Intensité relative (dB)		f	θ	ð	ð'	s	s'	z	ʃ	ʒ	χ	ʁ	h	ʕ	ħ
Nawel	Moyenne	-17,15	-23,06	-9,09	-9,84	-3,44	-9,84	-5,25	-4,36	-5,15	-9,78	-12,96	-8,43	-12,725	-5,09
	Ecart-type	1,18	4,61	2,64	2,14	2,84	2,14	2,20	2,66	2,38	2,83	3,71	3,03	2,26	1,33
Habiba	Moyenne	-21,81	-25,2	-15,24	-14,19	-14,45	-13,83	-14,48	-6,82	-9,79	-15,13	-20,81	-11,78	-15,34	-10,52
	Ecart-type	3,43	6,18	3,93	2,55	4,01	2,27	3,99	1,80	2,87	1,86	3,12	2,24	2,95	3,79
Seloua	Moyenne	-26,46	-27,29	-20,63	-20,3	-13,19	-15,92	-13,89	-10,15	-11,72	-23,57	-24,8	-15,24	-11,91	-8,53
	Ecart-type	2,46	2,57	3,93	3,59	3,96	6,56	3,12	4,25	2,08	3,23	4,50	1,61	2,93	3,01
Moadh	Moyenne	-14,58	-16,5	-13,79	-16,43	1,84	-0,51	-1,81	1,09	-0,71	-5,93	-9,55	-8,88	-6,93	-7,31
	Ecart-type	5,98	4,44	1,38	4,00	1,30	2,14	1,82	1,32	2,21	1,48	2,00	2,11	3,21	5,47
Abdarraouf	Moyenne	-20,30	-16,76	-11,03	-13,47	-2,46	-5,58	-6,97	-4,79	-5,89	-16,70	-11,02	-12,58	-4,38	-14,87
	Ecart-type	2,17	3,45	1,98	1,32	2,40	3,15	3,30	2,53	0,83	4,72	2,13	2,47	2,63	10,48
Sofiane	Moyenne	-28,19	-25,7	-16,81	-21,35	-6,76	-10,82	-13,58	-4,03	-11,84	-11,92	-21,76	-11,92	-6,59	-9,83
	Ecart-type	4,10	2,58	9,09	4,89	4,71	2,49	2,15	3,43	3,11	3,09	5,36	3,11	3,61	6,43

**Tableau 46 : Valeurs moyennes et écarts-types de l'intensité relative pour chacun des locuteurs
Position intervocalique**

Intensité relative (dB)		f	θ	ð	ð'	s	s'	z	ʃ	ʒ	χ	ʁ	h	ʕ	ħ
Nawel	Moyenne	-17,05	-24,88	-9,18	-9,88	-1,77	-2,78	-5,86	-2,14	-6,91	-8,6	-7,85	-3,85	-4,39	-1,07
	Ecart-type	3,12	3,13	1,82	1,51	2,55	4,43	1,55	2,73	1,76	3,63	6,37	3,16	5,35	2,06
Habiba	Moyenne	-19,66	-25,96	-15,52	-14,21	-14,19	-10,74	-10,78	-6,59	-10,15	-13,97	-14,35	-9,23	-8,44	-7,16
	Ecart-type	1,07	3,63	3,21	1,68	1,35	9,62	9,19	1,72	1,97	2,70	1,97	1,48	1,54	1,65
Seloua	Moyenne	-26,79	-30,07	-19,11	-14,43	-14,20	-15,58	-13,78	-7,41	-8,93	-18,93	-22,20	-18,14	-6,43	-7,23
	Ecart-type	3,14	3,97	4,02	8,87	2,26	2,70	2,39	1,63	2,85	3,09	3,40	1,09	2,68	1,73
Moadh	Moyenne	-9,11	-14,66	-9,16	-9,43	0,02	2,06	-2,95	4,41	-0,13	-5,53	-8,28	-5,38	-2,45	-2,45
	Ecart-type	1,93	2,34	1,19	1,59	1,07	1,52	2,01	2,10	1,16	1,82	2,79	0,85	3,24	1,77
Abdarraouf	Moyenne	-14,45	-13,68	-8,21	-8,57	2,18	-8,57	-3,52	-1,25	-3,56	-5,50	-10,34	-5,48	-7,12	-0,40
	Ecart-type	1,63	1,75	1,34	1,92	1,62	1,92	1,16	2,13	1,13	3,54	3,08	1,48	3,45	0,90
Sofiane	Moyenne	-16,38	-18,5	-11,08	-17,48	-9,05	-6,25	-12,56	-3,79	-8,49	-9,88	-15,83	-7,94	-2,39	-4,57
	Ecart-type	2,81	2,30	7,45	3,73	2,02	10,43	3,24	3,12	3,42	4,57	5,66	4,73	2,56	2,79

3) HNR

Nous présentons ci-dessous des tableaux représentant les résultats statistiques obtenus pour les valeurs du HNR des fricatives à l'aide du logiciel R (cf. Tableaux 47, 48 et 49).

Tableau 47 : Résultats statistiques des valeurs du HNR des fricatives
Position initiale

```

> reg3<-aov (HNR. Position initiale ~Locuteurs+Sexe+Lieu d'articulation+ Voisement
+Fricatives)
> reg3
Call:
  aov (formula = HNR. Position initiale ~ Locuteurs + Sexe + Lieu d'articulation +
  Voisement + Fricatives)

Terms:
      Locuteurs Lieu d'articulation Sonorité Fricatives Residuals
Sum of Squares  648.430           395.080 3407.416   239.408 4281.351
Deg. of Freedom    5             3      1      3    467

Residual standard error: 3.027834
5 out of 18 effects not estimable
Estimated effects may be unbalanced
> Summary (reg3)
      Df Sum Sq Mean Sq F value Pr(>F)
Locuteurs      5  648.4   129.7  14.1458  6.728e-13 ***
Lieu d'articulation 3  395.1   131.7  14.3648  5.747e-09 ***
Voisement      1 3407.4  3407.4 371.6731 < 2.2e-16 ***
Fricatives      3  239.4    79.8   8.7047  1.251e-05 ***
Residuals     467 4281.4     9.2
---
Signif. codes: 0 '***' 0.001 '**' 0.01 '*' 0.05 '.' 0.1 ' ' 1

```

Tableau 48 : Résultats statistiques des valeurs du HNR des fricatives
Position intervocalique

```

Call:
  > Reg2 Aov (formula = X.HNR. Position intervocalique ~ Locuteurs + Sexe + Lieu
d'articulation +
  Voisement + Fricatives)

Terms:
      Locuteurs Lieu d'articulation Voisement Fricatives Residuals
Sum of Squares  465.970           1186.900 2804.300   678.930 3230.209
Deg. of Freedom    5             3      1      3    467

Residual standard error: 2.630007
5 out of 18 effects not estimable
Estimated effects may be unbalanced
> Summary (reg2)
      Df Sum Sq Mean Sq F value Pr(>F)
Locuteurs      5  466.0   93.19   13.473  2.737e-12 ***
Lieu d'articulation 3 1186.9  395.63   57.198 < 2.2e-16 ***
Voisement      1 2804.3 2804.30  405.425 < 2.2e-16 ***
Fricatives      3  678.9  226.31   32.718 < 2.2e-16 ***
Residuals     467 3230.2     6.92
---
Signif. codes: 0 '***' 0.001 '**' 0.01 '*' 0.05 '.' 0.1 ' ' 1

```

**Tableau 49 : Résultats statistiques des valeurs du HNR des fricatives
Position finale**

```

> reg1<-aov (HNR. Position finale~Locuteurs+Sexe+Lieu d'articulation+ Voisement
+Fricative)
> reg1
Call:
aov (formula = HNR.F ~ Locuteurs + Sexe + Lieu d'articulation + Voisement + Fricative)

Terms:
      Locuteurs Lieu d'articulation Voisement Fricative Residuals
Sum of Squares 431.0049           930.8240 929.8560 1084.9812 2457.8966
Deg. of Freedom    5             3      1      3      467

> Summary (reg1)
              Df    Sum Sq Mean Sq F value    Pr(>F)
Locuteurs      5  431.00   86.20 16.378 6.67e-15 ***
Lieu d'articulation 3  930.82  310.27 58.952 < 2.2e-16 ***
Voisement      1  929.86  929.86 176.673 < 2.2e-16 ***
Fricative      3 1084.98  361.66 68.715 < 2.2e-16 ***
Residuals     467 2457.90    5.26
---
Signif. codes: 0 '***' 0.001 '**' 0.01 '*' 0.05 '.' 0.1 ' ' 1

```

Tableau 50 : Valeurs moyennes des fricatives pour l'étude acoustique

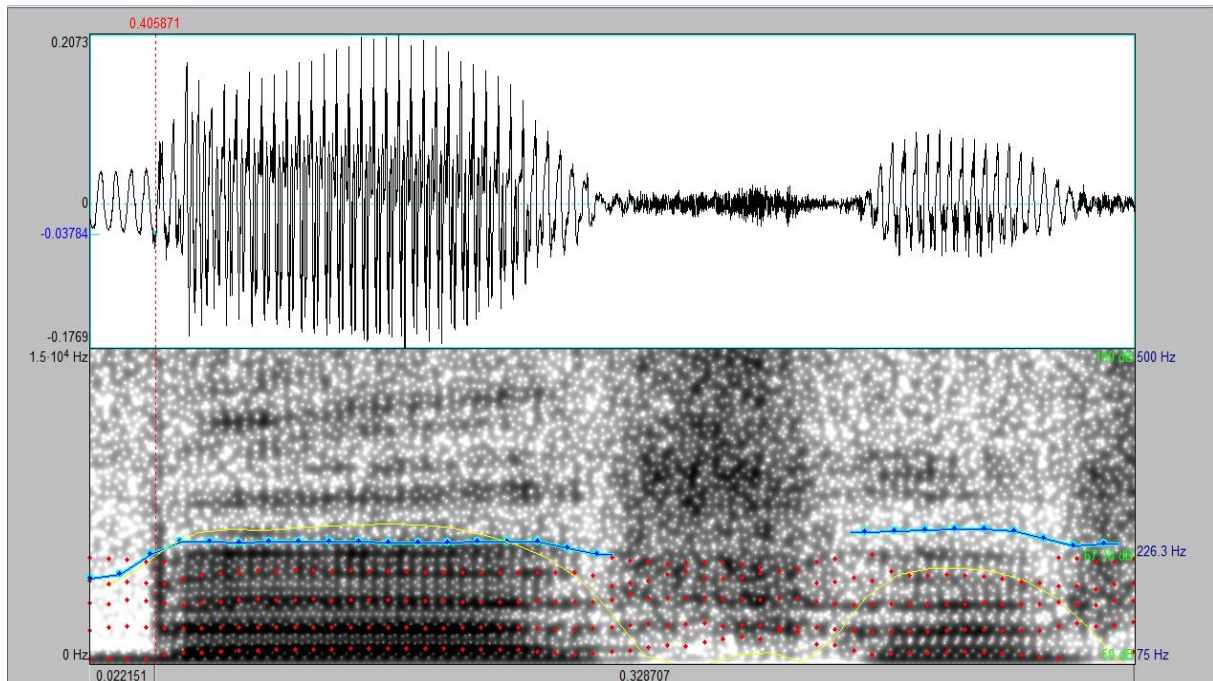
Valeurs moyennes	CoG α	Durée absolue α	Intensité relative α	HNR α
élevées	[z], [ʒ], [s], [sʰ] et [ʃ]. α	[s], [sʰ], [z], [ʃ], [ʒ], [χ], [ʁ] et [f]. α	[ʃ], [s], [sʰ], [ʃ] et [h]. α	[ð] et [ʃ]. α
intermédiaires	[θ] et [f]	[θ], [ð] et [ðʰ]. α	[χ], [ʁ], [ð] et [ðʰ]. α	[s], [sʰ], [z], [ʒ] et [ʁ]. α
faibles	[ð], [ðʰ], [ʁ], [ʃ], [χ], [h] et [h]. α	[h], [ʃ] et [h]. α	[θ] et [f]. α	[ʃ] et [θ]. α

Quelques spectrogrammes des fricatives de l'arabe standard

Position intervocalique

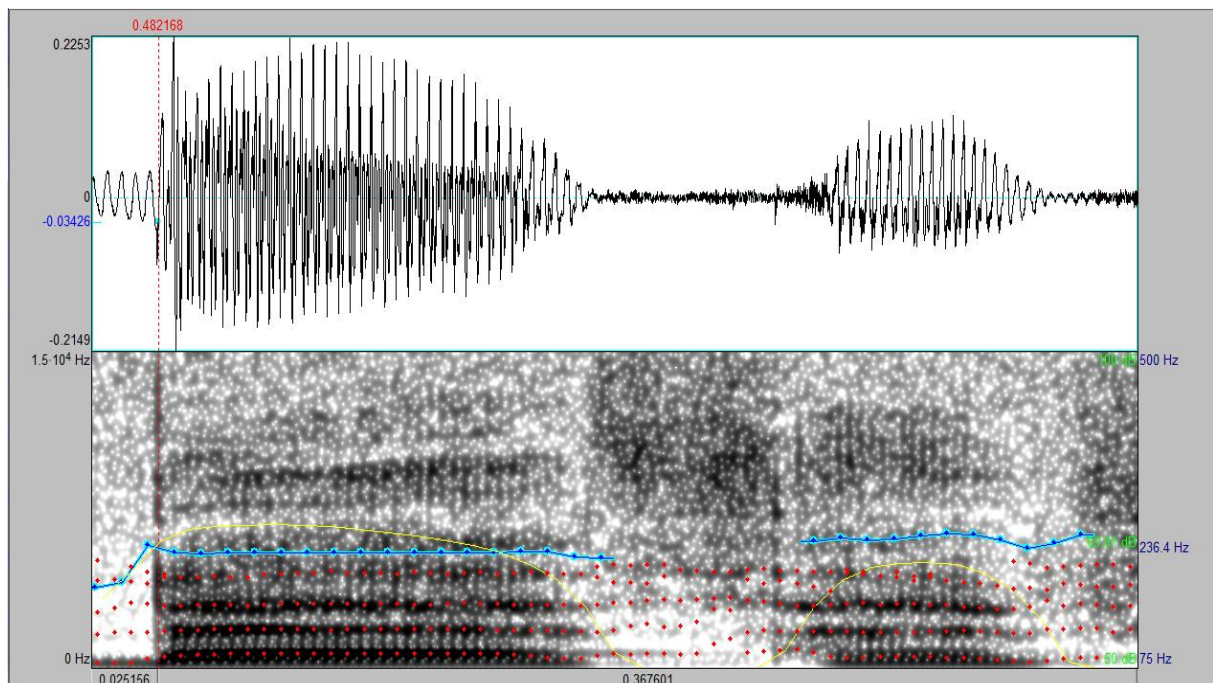
Locutrice 1 (Nawel)

Les séquences sont de types : [a:-F-a], où F est l'une des fricatives.



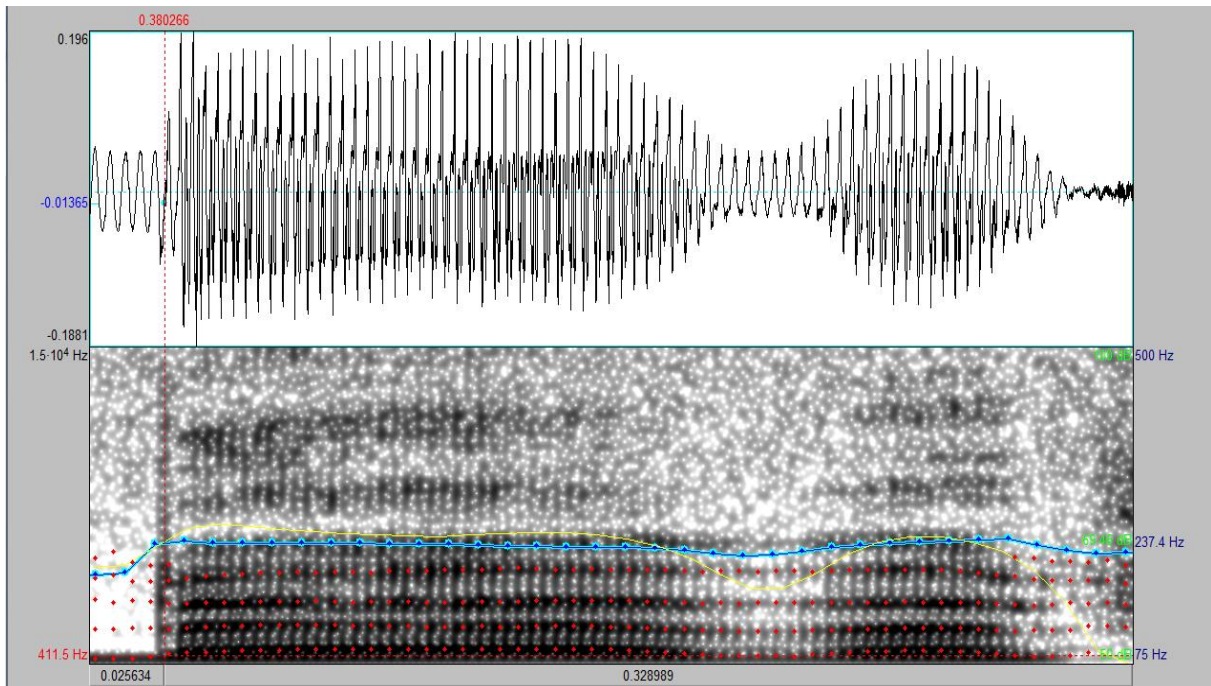
[a:fa]

Figure 114 : la labiodentale non voisée



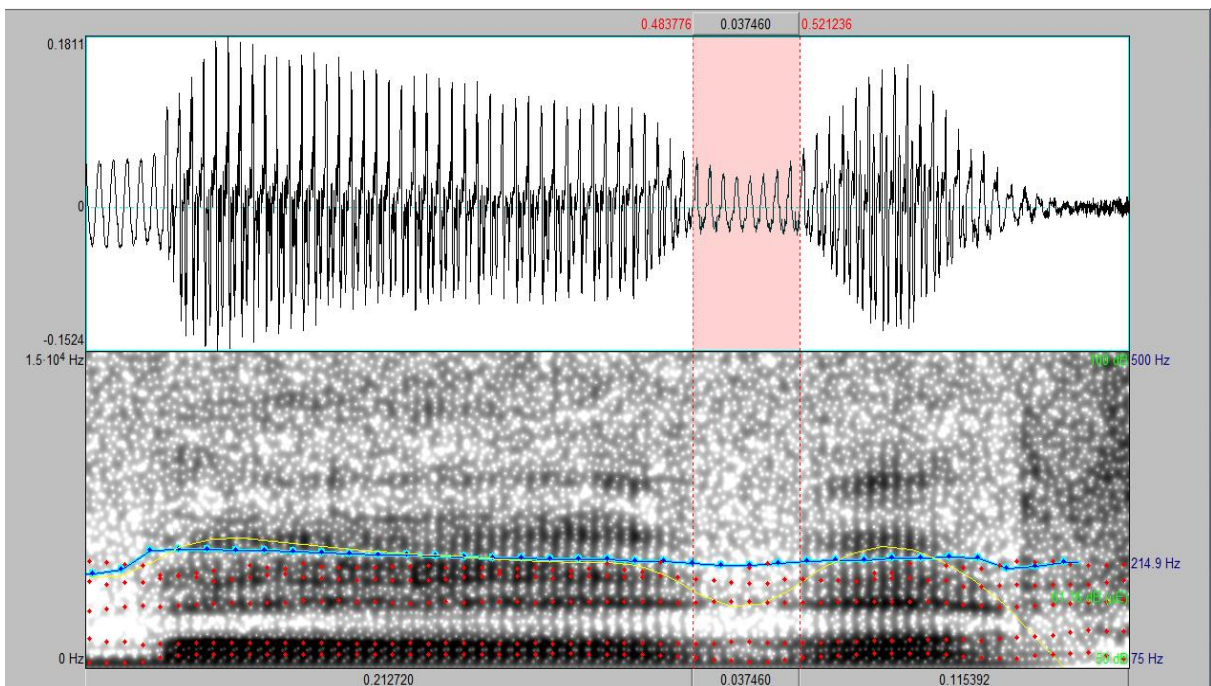
[a:θa]

Figure 115 : L'interdentale non voisée



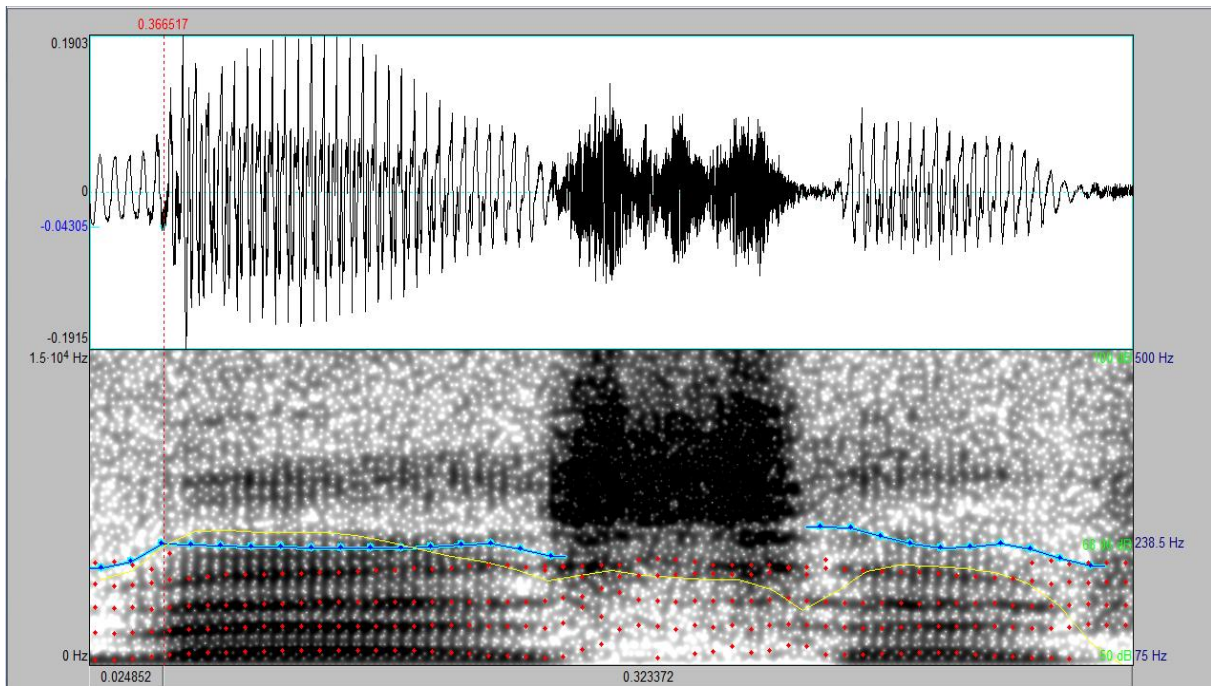
[a:ð̥a]

Figure 116 : L'interdentale voisée



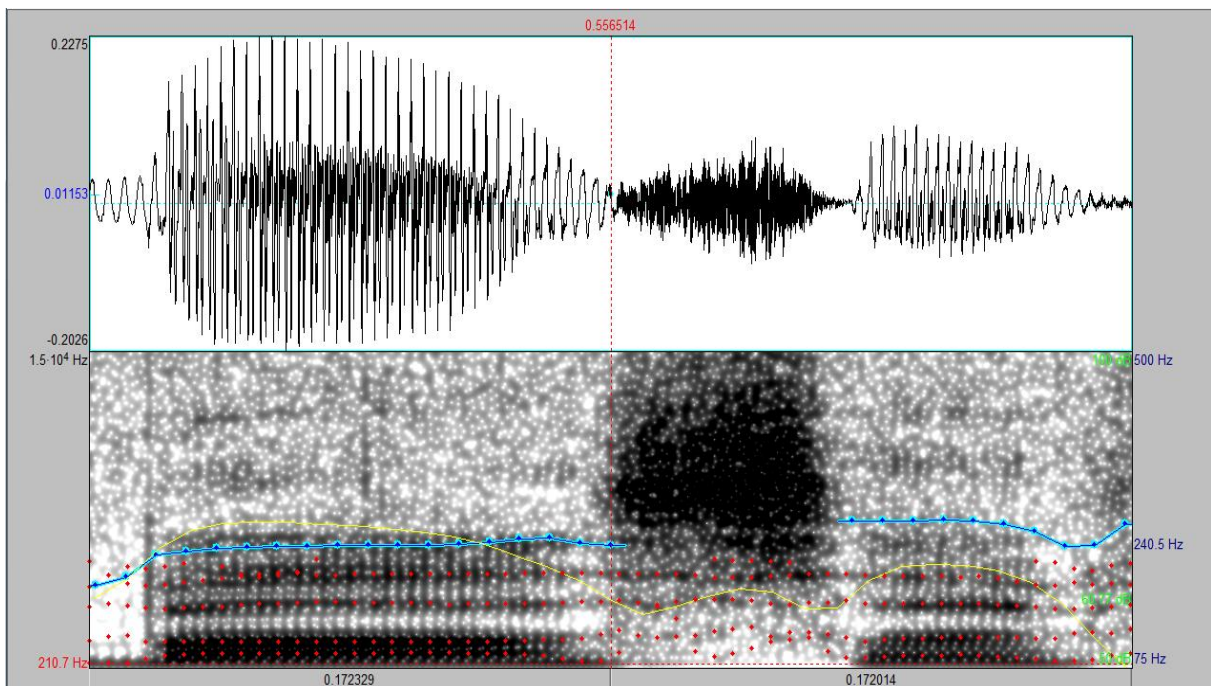
[a:ð̥̣a]

Figure 117 : L'interdentale voisée



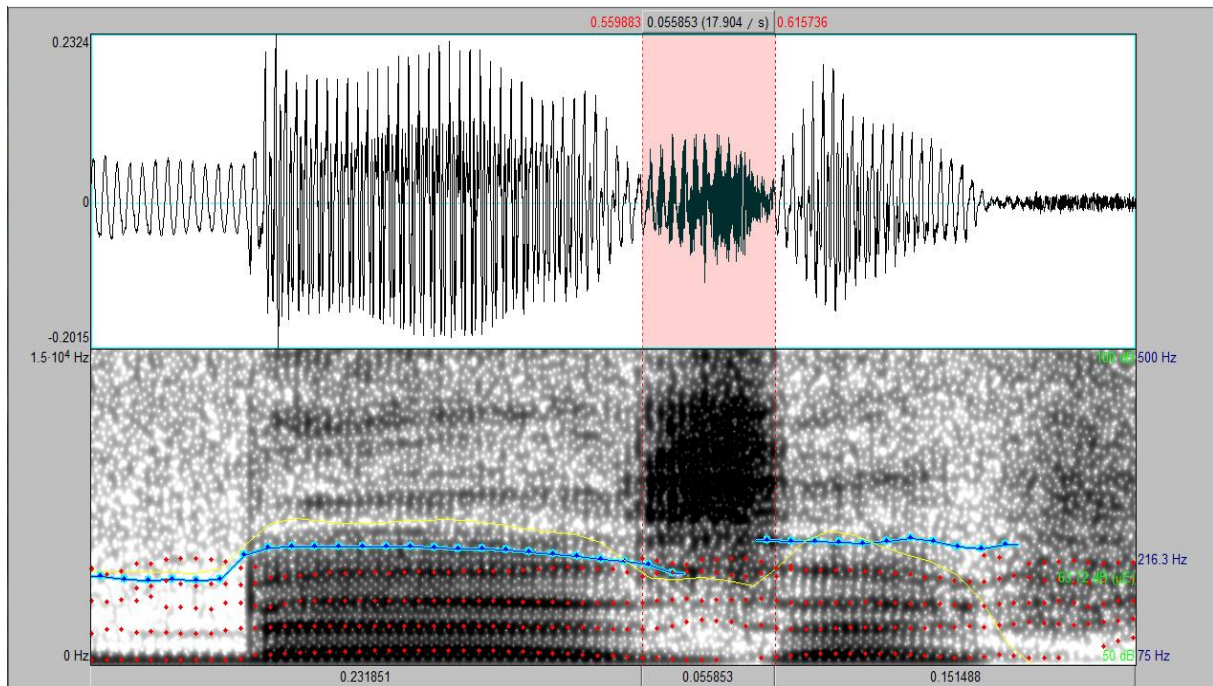
[a:sa]

Figure 118 : L'alvéolaire non voisée



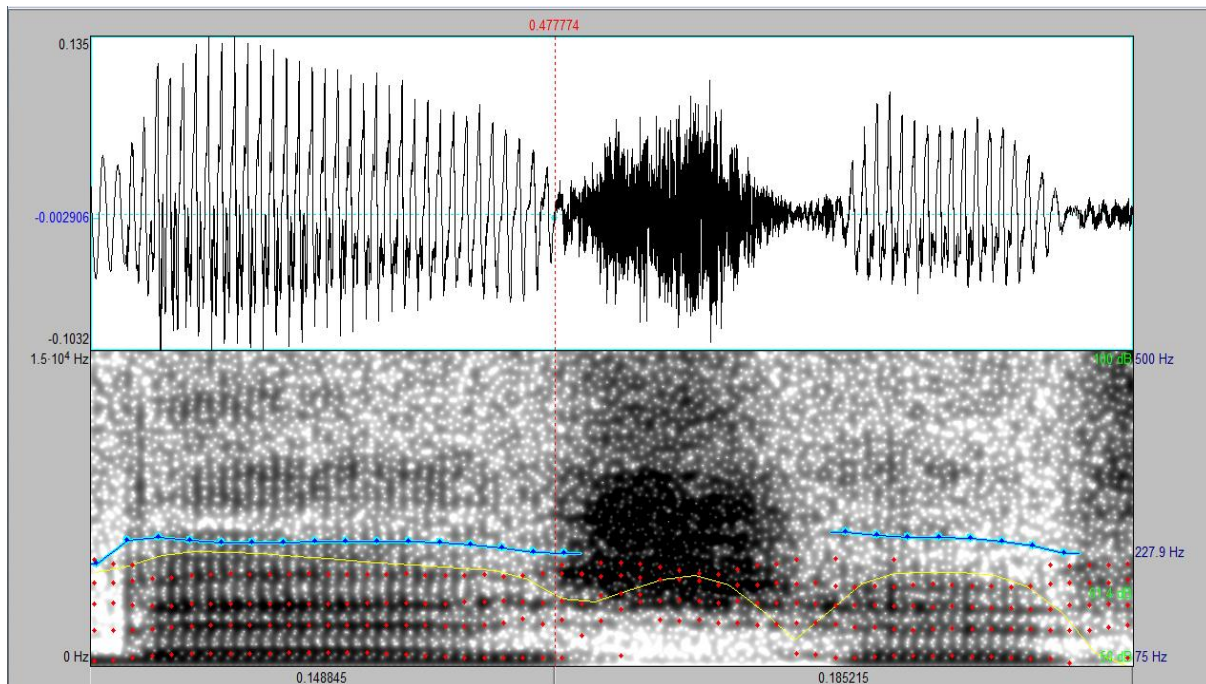
[a:s^ha]

Figure 119 : L'alvéolaire pharyngalisée



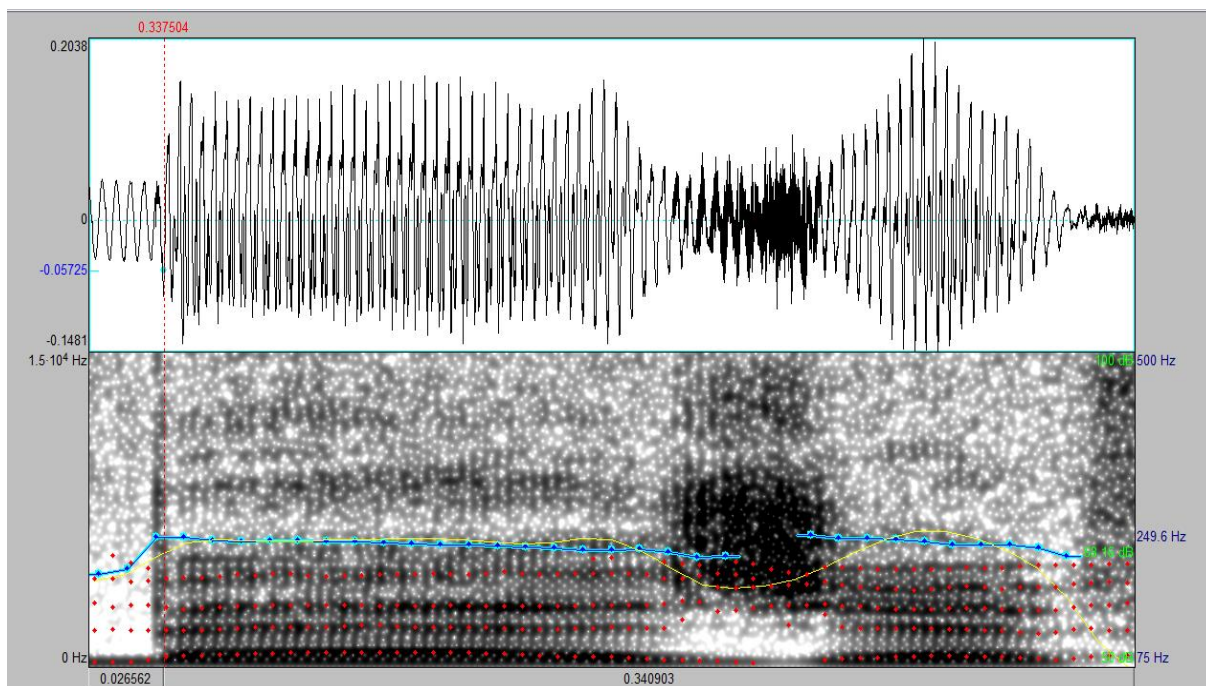
[ba:za]

Figure 120 : L'alvéolaire voisée



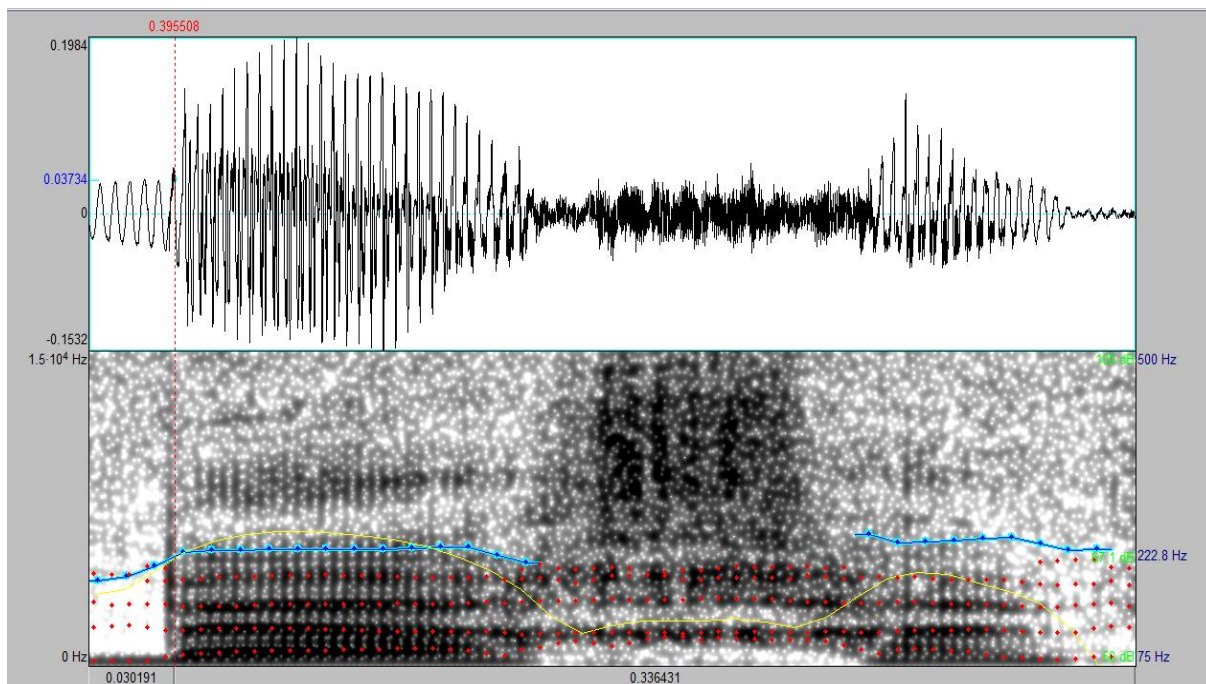
[a:ʃa]

Figure 121 : La postalvéolaire non voisée



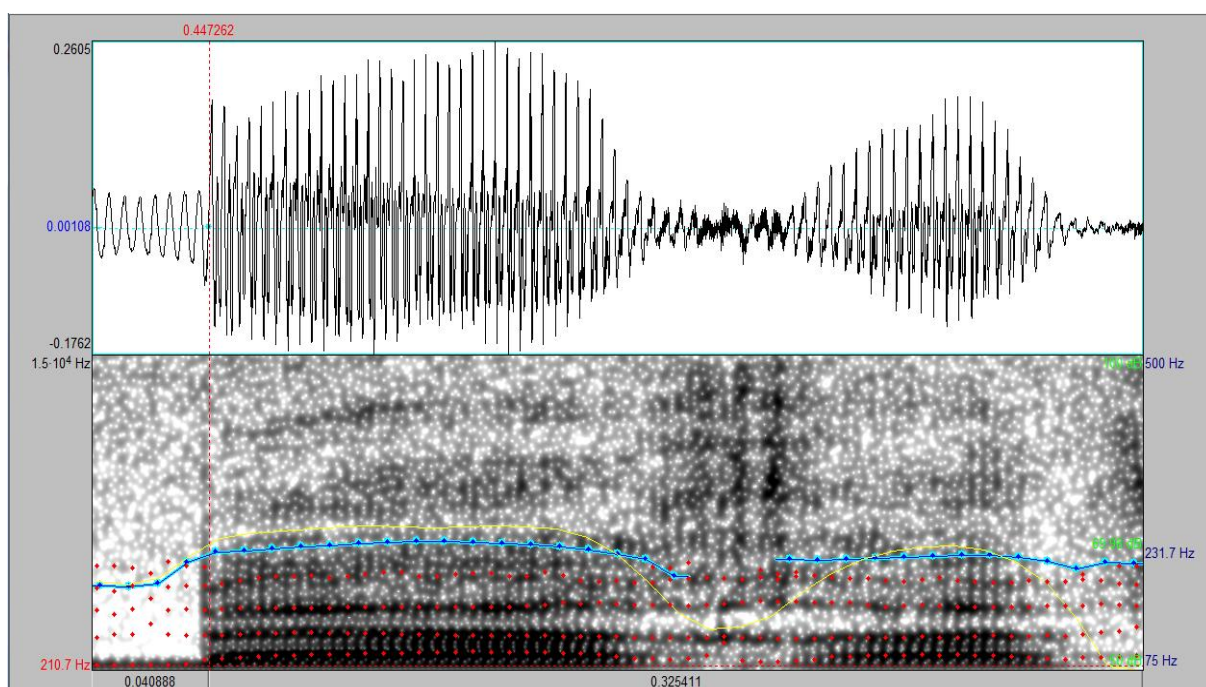
[a:ʒa]

Figure 122 : La postalvéolaire voisée



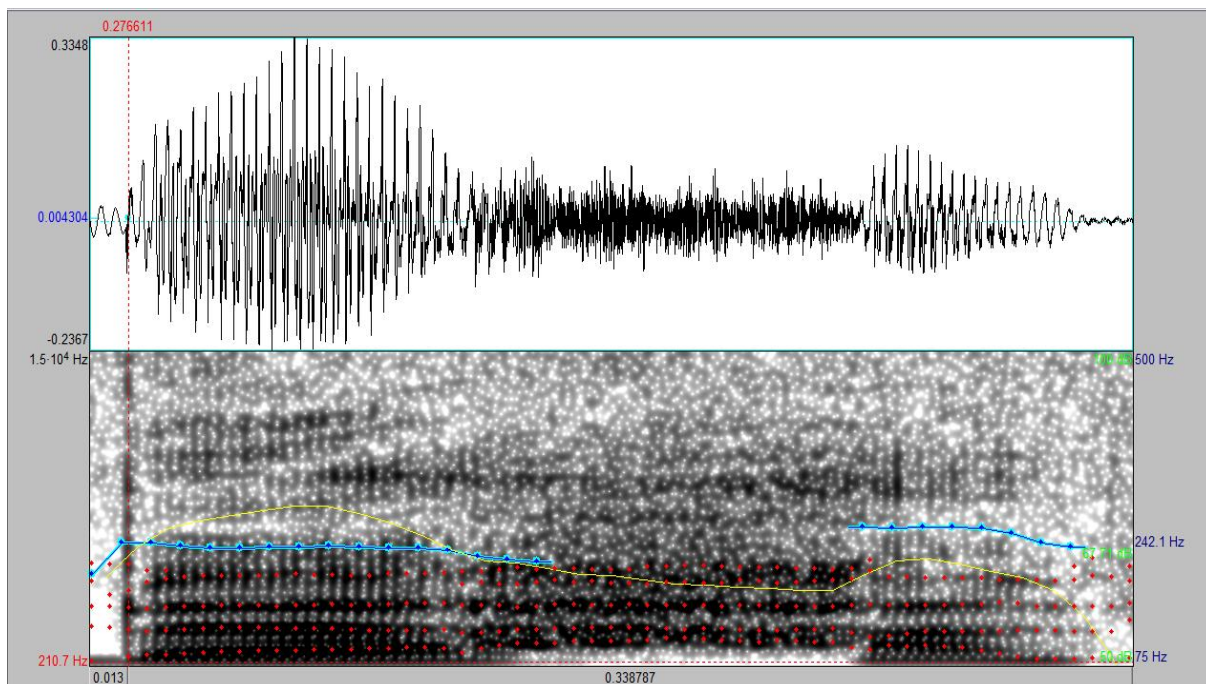
[a:χa]

Figure 123 : L'uvulaire non voisée



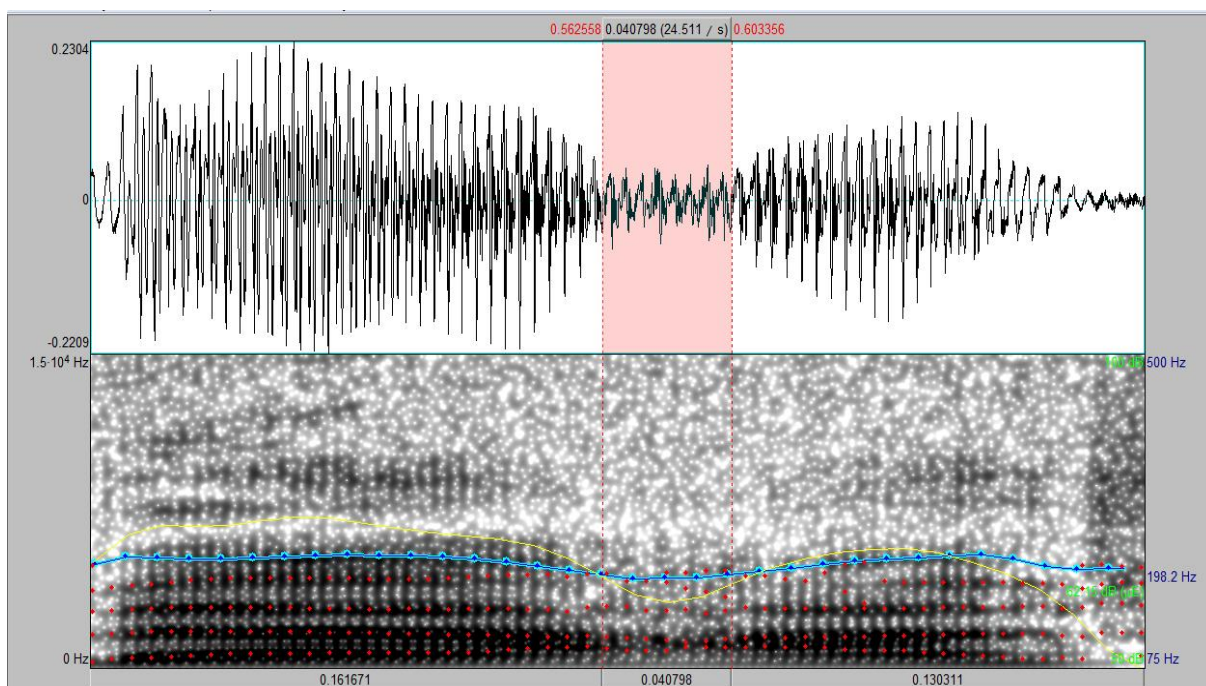
[a:ʁa]

Figure 124 : L'uvulaire voisée



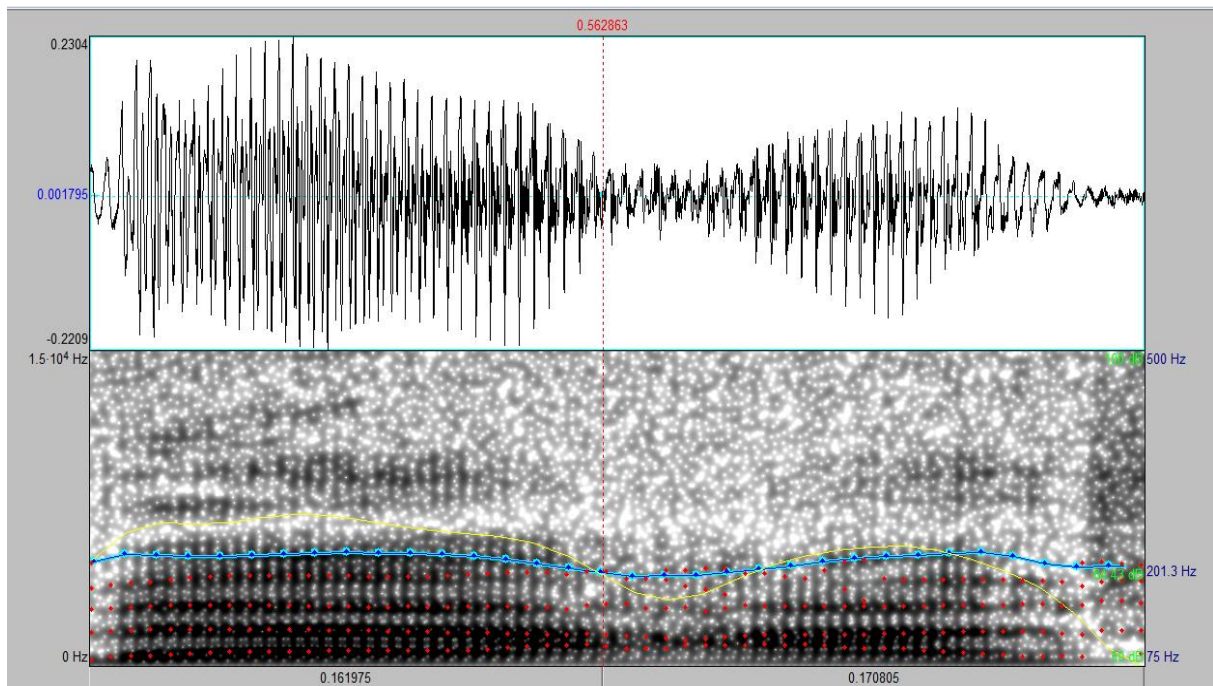
[a:ħa]

Figure 125 : La pharyngale non voisée



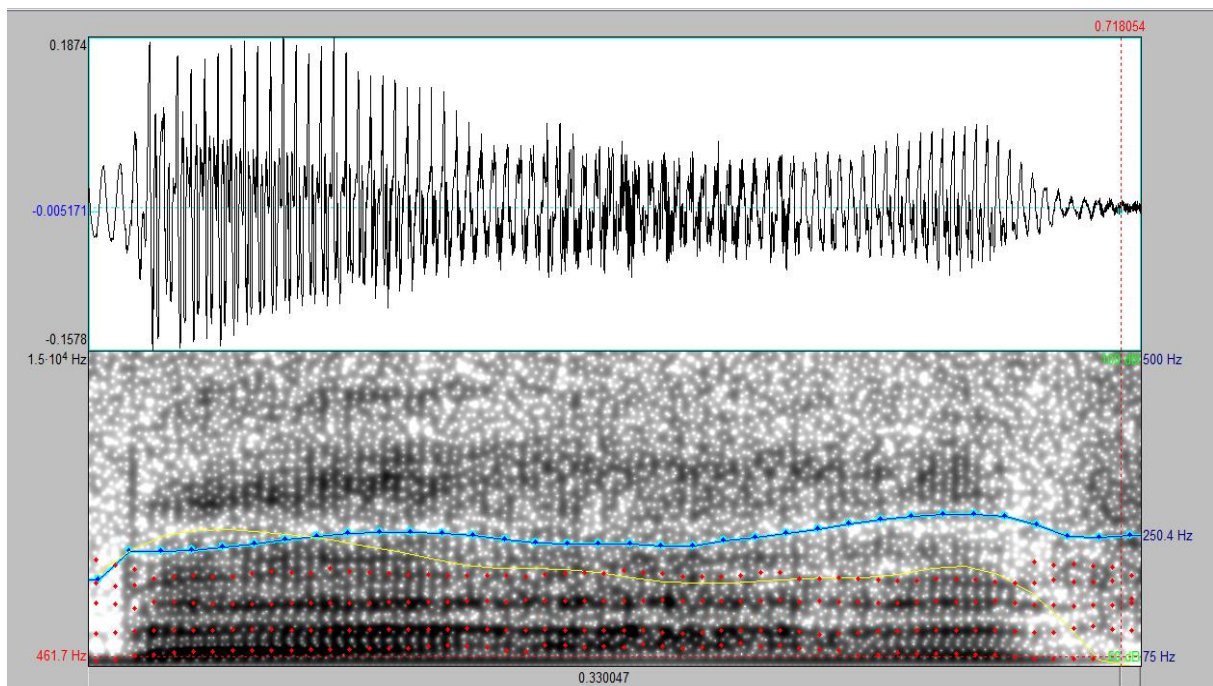
[a:ʕa]

Figure 126 : La pharyngale voisée



[a:ʕa]

Figure 127 : La pharyngale voisée



[a:ha]

Figure 128 : La laryngale non voisée