

Durée des consonnes géminées en parole arabe : mesures et comparaison

Mohamed Khairallah KHOUJA (1), Mounir ZRIGUI (2)

(1) et (2) Laboratoire RIADI (unité de Monastir)

(1) khairallah_k@yahoo.fr

(2) Faculté des Sciences de Monastir,

mounir.zrigui@fsm.rnu.tn

Mots-clefs – Keywords

Analyse acoustique, arabe standard, gémiation, durée, reconnaissance de la parole.

Acoustic analyze, standard Arabic, gemination, duration, speech recognition.

Résumé – Abstract

Dans ce papier, nous présentons les résultats d'une étude expérimentale de la durée des consonnes géminées de l'arabe. Nous visons à déterminer la durée, pour une séquence VCCV, de la consonne géminée CC ainsi que de la voyelle qui la précède. Nous comparons ces valeurs à celles mesurées pour une séquence VCV. Les résultats ont prouvé que la durée de la consonne simple était sensiblement différente de celle géminée, ainsi que la durée de la voyelle précédant la consonne. A la base, ce travail est entrepris dans un but d'étudier l'utilisation des durées de phonèmes comme une source d'information pour optimiser un système de reconnaissance, donc introduire des modèles explicites de durée des phonèmes, et mettre en application ces modèles comme partie du modèle acoustique du système de reconnaissance.

In this paper, we represent the results of an experimental study concerning the duration of geminated consonants in the Arabic language. We are seeking to determine the duration of a sequence VCCV, of the geminated consonant CC and of the vowel that precedes it. We are comparing these items with those measured for a sequence VCV. The results have shown that the duration of the simple consonant was so apparently different from that geminated and the same was true for the duration of the vowel that precedes such consonant. Basically, this work is undertaken with an aim of studying the use of the durations of phonemes like a source of information to optimize a recognition system, therefore to introduce explicit models of duration of the phonemes, and to apply these models like part of the acoustic model of the recognition system.

1 Introduction

L'arabe est une langue dans laquelle les durées des phonèmes jouent un rôle distinctif dans la reconnaissance automatique de la parole (RAP). L'information en durée est la plupart du temps négligée dans les systèmes de RAP dus à l'utilisation des modèles cachés de Markov qui sont déficients pour une modélisation correcte des durées des phonèmes (Selouani S-A., 2000).

2 La gémiation dans l'arabe

La gémiation est définie comme étant la succession de deux consonnes identiques prononcées consécutivement. En arabe, la gémiation est exprimée à l'aide du symbole « ْ » (الشدة). Ce symbole joue un rôle important dans la définition et le sens de certains mots.

Pour la langue arabe le paramètre de durée est très important tant au niveau sémantique qu'au niveau grammatical. Il caractérise non seulement les voyelles, mais également les consonnes gémées. Concernant ce trait, un double problème se pose en RAP de l'arabe : il faut déceler les phonèmes allongés tout en s'assurant que ce prolongement est pertinent, c'est à dire en le distinguant des allongements dus au débit d'élocution, à un accent particulier du locuteur, etc. En effet si l'on observe l'exemple du mot « صلى » /salla:/ (prier) dérivé de la racine « صلا » qui ne s'oppose que par la gémiation de la consonne « ل » au mot « صلي » /sala:/ (griller) dérivé de la racine « صلى », nous mesurons à la fois l'importance et la difficulté d'un système automatique à déceler ce trait. La gémiation se manifeste par le renforcement de l'articulation et une prolongation de la fermeture de la plosive ou du continuant des autres consonnes (Barkat M., 2000).

Plusieurs études similaires à ce travail ont été présentées pour d'autres langues, ou la gémiation est considérée comme un trait remarquable, notamment celle pour l'italien (Giovanardi M., Di Benedetto M-G., 1998), le grec (Arvaniti A., Tserdanelis G., 2000) et l'indien (Samudravijaya K., 2003). Pour l'arabe standard aucune étude n'est faite à nos connaissances dans le cadre de la parole spontanée. Les travaux de Jomaa (Jomaa M., 1993) et Allatif (Allatif O., Abry C., 2004), sont intéressés par l'effet de la quantité de contraste pour les séquences VVC et CCV et à la quantité vocalique pour l'arabe dialectale.

3 Données et mesures

3.1 Acquisition des données

Vu l'absence d'un corpus annoté, nous étions amenés à effectuer nos propres enregistrements à l'aide du logiciel PRAAT¹ et d'un microphone professionnel mis à la même distance de la bouche de chacun des quatre locuteurs (2 hommes et 2 femmes) participant aux enregistrements, tous dans la même salle pratiquement isolée. On a demandé aux locuteurs de

¹ Logiciel développé à l'institut des sciences phonétiques de l'université d'Amsterdam par P. Boersma et D. Weenink.

lire avec une vitesse moyenne tout en assurant une bonne articulation et en évitant les perturbations dus aux hésitations, les reprises, les respirations, ..., dans de tel cas le locuteur est invité à reprendre sa lecture. La fréquence d'échantillonnage des enregistrements est 22050 Hz. Des phrases contenant les mots choisis pour l'étude sont lus les uns après les autres sans arrêt. La durée totale des enregistrements est de 1 h 27 min. Les mots sont choisis afin d'avoir au moins, si possible, deux fois la couverture de toutes les consonnes dans le cas de gémation et simple. Le nombre total des mots analysés a atteint 520 mots.

3.2 Analyse acoustique

Les données étudiées ont été extraites manuellement à l'aide du logiciel PRAAT. Le fait que tous les relevés aient été opérés par la même personne, garantit l'unicité de la méthode et des principes de base et donc l'homogénéité des données. Notre découpage a été fait manuellement sur la base d'indices visuels (spectre, amplitude, formant) le contrôle étant perceptif.

3.3 Mesures

La durée des différentes unités est considérée en générale comme le phénomène central pour la prosodie. En effet chaque variation de fréquence fondamentale ou d'intensité s'établit sur un certain laps de temps, durée mesurable. Etudier l'organisation temporelle de la parole est incontournable. Etudier la durée c'est observer et modéliser les durées d'unités bien déterminées. L'effort produit lors de l'articulation ne peut être infini, la séquence est toujours la même : effort et relâchement. Cet effort et ses variations sont véhiculés à travers le signal, ils permettent une segmentation temporelle de la parole en unités. Dans notre cas les unités à mesurer sont les phonèmes.

Pour chaque mot extrait des enregistrements on commence par en extraire les unités à mesurer donc la voyelle, la consonne ou la consonne géminée. Chaque unité est éditer (signal + spectre + formants) séparément afin de pouvoir raffiner les limites et calculer la durée. Une moyenne de la durée pour chaque unité est calculée sur les quatre locuteurs.

4 Résultats

Les durées des diverses unités de la parole ont été calculées et employées pour étudier les caractéristiques en durée des consonnes et des voyelles qui les précèdent. Les changements observés des durées dues à la gémation sont présentés et discutés dans cette section.

4.1 Durée de la voyelle

La Figure 1 présente la durée moyenne pour les différents tests sur les trois voyelles courtes. Pour chaque couple de mots (simple et géminé) nous calculons la durée de la voyelle précédant la consonne sujet de la gémation. La durée pour les voyelles longues est calculée sur d'autres mots composant le corpus, elle est donnée à titre indicatif.

Nous constatons que la durée de la voyelle précédant une gémiation diminue par rapport à son homologue (consonne simple) pour 86% des mots étudiés. En moyenne on a une diminution de 11 ms pour le /a/, 13 ms pour /u/ et 12 ms pour /i/. Cette diminution peut être expliquée par une tendance du locuteur à insister sur la gémiation plutôt que sur la voyelle qui la précède. Ce résultat est trouvé pour d'autres langues tels que l'italien et l'indien (diminution de 10 à 15 ms) et il confirme les résultats présentés dans (Zeki M. Hassan 2002).

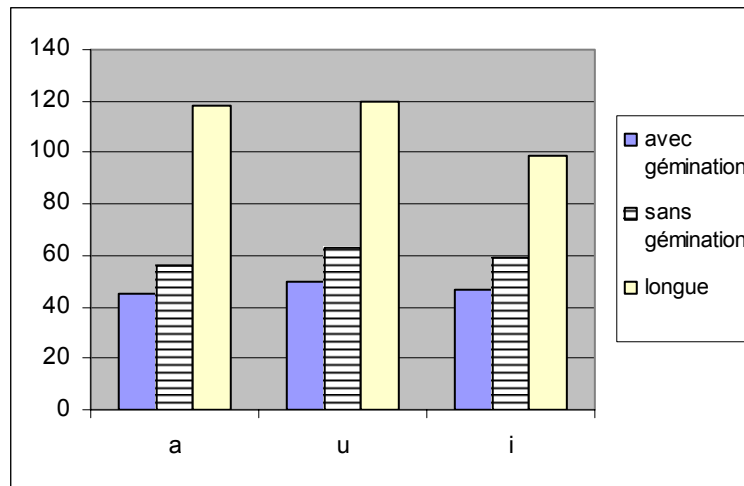


Figure 1 Représentation des durées moyennes (ms) des voyelles précédant une consonne simple ou gémée et celle d'une voyelle longue.

4.2 Durée des consonnes

L'un des exercices les plus périlleux du traitement de la parole consiste à déterminer les frontières des différentes unités phonétiques contenues dans un énoncé. Cette difficulté tient à la nature même de la parole continue : les unités sont fortement coarticulées, et l'on passe souvent de l'une à l'autre de manière continue.

Comme précisé en 3.3, nous avons mesuré la durée pour chaque consonne simple et son homologue gémée en conservant la même séquence qui précède et qui suit la consonne. Cela est possible puisque nous partons d'une racine verbale (فعل) et nous la dérivons en (فعل), en plus de quelques noms et leurs dérivés.

Les résultats des moyennes de quelques unes de ces durées sont donnés par la Figure 2. Les valeurs sont arrondies et exprimées en ms.

Le rapport (G/S) donne une idée sur la différence entre une consonne simple et la même gémée. La thèse classique considérant ce rapport égal à 2, (Bonnot J.F., 1979), reste comme une moyenne mais n'est pas vraie pour toutes les consonnes puisque les résultats expérimentaux obtenus donnent un rapport variant entre 1,48 et 2,24.

Pour mieux cerner les caractéristiques en durée des consonnes nous avons établis la Figure 3, qui présente les durées suivant le type des consonnes.

Consonne	Simple	Géminé	G/S	Consonne	Simple	Géminé	G/S
/b/ ب	58	99	1,71	/t/ ت	62	105	1,69
/θ/ ث	65	123	1,89	/ʒ/ ج	70	121	1,73
/x/ خ	65	110	1,69	/ħ/ ح	63	102	1,62
/d/ د	69	145	2,10	/ð/ ذ	68	139	2,04
/r/ ر	64	95	1,48	/h/ ه	59	116	1,97
/s/ س	70	130	1,86	/ʃ/ ش	72	131	1,82
/t/ ط	69	134	1,94	/ʕ/ ع	61	113	1,85
/f/ ف	62	129	2,08	/q/ ق	52	101	1,94
/k/ ك	67	129	1,93	/l/ ل	68	141	2,07
/m/ م	62	116	1,87	/n/ ن	60	124	2,07

Figure 2 Extrait des moyennes des durées des consonnes simples et géminées et leurs rapports

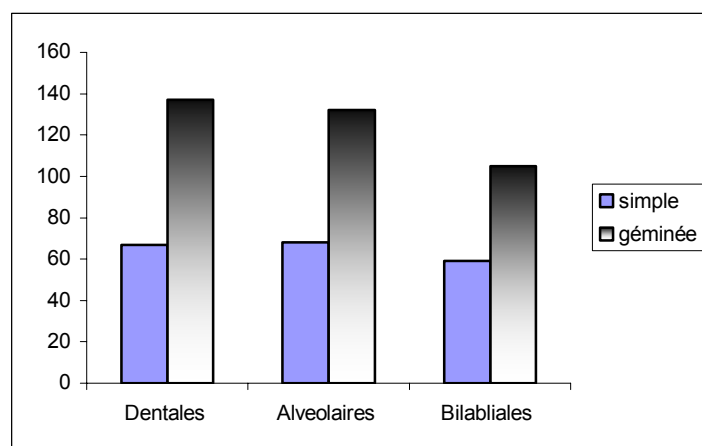


Figure 3 Représentation des durées (ms) pour certains types de consonnes dans les cas simples et géminés.

Le classement des consonnes suivant leurs types donne une vision plus claire sur la notion de durée. Cette classification montre bien la différence entre les différentes classes de consonnes puisque le rapport géminé/simple est plus caractéristique : 2,04 pour les dentales, 1,94 pour les alvéolaires et 1,78 pour les bilabiales. Ces résultats restent préliminaires puisqu'une étude plus complète sur un corpus plus important sera plus consistante.

5 Conclusion

Dans cet article nous avons présenté les résultats des mesures en durée des consonnes géminées pour la parole arabe. Les résultats statistiques obtenus montrent bien que nous pouvons caractériser une consonne simple d'une géminée d'un point de vu durée. Les résultats ont prouvé que la durée de la consonne géminée était sensiblement différente que celle simple avec les rapports présentés, ainsi que la durée de la voyelle précédant cette consonne. Pour pouvoir résoudre le problème de la gémination, dans un système de (RAP) continu pour la langue arabe, il faudrait différencier entre une gémination et une consonne simple suivie d'une voyelle longue. Cela passe par une bonne approche automatique acoustique pour la détermination des frontières entre consonne et voyelle.

Références

- Allatif O., Abry C., (2004) Adaptabilité des paramètres temporels et spectraux dans l'opposition de quantité vocalique de l'arabe de Mayadin (Syrie), *JEP'2004*, 2004.
- Arvaniti A., Tserdanelis G., (2000) On the phonetics of geminates: evidence from cypriot greek, *In proceedings of 6th International Conference on Spoken Language Processing*, volume 2, p: 559-562. Beijing, China, 2000.
- Barkat M. (2000) Détermination d'indices acoustiques robustes pour l'identification automatique des parlers arabes, *Thèse de doctorat*, Université Lumière LYON 2, 2000.
- Bonnot J.F. (1979) étude expérimentale de certains aspects de la gémination et de l'emphase en arabe, *travaux de l'institut phonétique de Strasbourg*, N°11, pp. 109-118, 1979.
- Giovanardi M., Di Benedetto M-G. (1998) Acoustic Analysis of Singleton and Geminate Fricative in Italien, *The European Student Journal of Language and Speech*, 1998.
- Jomaa M. (1993) Effect of quantity contrasts on the temporal regulation of mandibular movements in Arabic, *Actes du colloque du 2ième congrès : Langue arabe et technologies informatiques avancées*, pages : 141-169, 1993.
- Samudravijaya K. (2003) Durational Characteristics of Hindi Stop Consonants, *EUROSPEECH 2003*, 2003.
- Selouani S-A. (2000) Reconnaissance automatique de la parole par des techniques multi-agents, connexionnistes et hybrides, *Thèse d'état, Université des Sciences et Technologie Houari Boumediène*, 2000.
- Zeki M. Hassan (2002) Gemination in swedish & arabic with a particular reference to the preceding vowel duration. An instrumental & comparative approach, *TMH-QPSR* vol. 44 Fonetik 2002.