

Réalisation d'un conjugeur automatique des verbes arabes

1. Introduction

Les verbes arabes peuvent être classés en deux classes selon leur mode de conjugaison à l'inaccompli présent (I.P). Dans la première nous regroupons les verbes qui se conjuguent à l' I.P suivant un modèle bien défini, et dans la deuxième classe il y'a le reste des verbes arabes qui, conjugués à l'I.P, ne suivent pas un modèle connu malgré la connaissance de leur modèle à l'accompli. Notons aussi que les verbes à trois lettres constituent la grande majorité des verbes arabes. Ces verbes se décomposent en trois classes bien définies:

- la première classe notée S_1 est constituée par des verbes qui à l'accompli suivent un des deux modèles " فَعَلَ " ou " فَعِلَ ". La conjugaison à la 3ème personne du singulier à l'I.P des verbes du premier modèle suit l'unique modèle " يَفْعَلُ ", alors que celle des verbes du deuxième modèle suivent toujours le modèle " يَفْعَلُ " à l'exception de treize verbes qui se conjuguent à l'I.P selon le modèle " يَفْعِلُ ".
- la deuxième classe notée S_2 est constituée par des verbes qui à l'accompli suivent le modèle " فَعَلَ ". Leur conjugaisons à la 3ème personne du singulier à l'I.P suivent au moins l'un des trois modèles suivants " يَفْعُلُ ", " يَفْعِلُ " ou " يَفْعَلُ ".

Cette dernière classe a été largement étudiée par les linguistes, mais ils n'ont pas pu définir des règles permettant d'identifier le modèle de conjugaison à l'inaccompli présent associé à un verbe donné [Kamel Fayed 1991].

Notre approche consiste à prononcer les verbes conjugués à l'inaccompli présent suivant les différents modèles possibles ; et en utilisant une analyse acoustique et prosodique des signaux vocaux correspondant à ces prononciations, nous identifions le modèle adéquat en étudiant l'énergie de chacun de ces signaux. Le modèle adéquat correspond au signal dont l'énergie est minimale. Les tests ont été réalisés sur un corpus représentatif de la deuxième catégorie.

2. Présentation du conjugeur automatique

2.1. Présentation générale

Les études réalisées par les linguistes sur les verbes arabes ont montré que les trois modèles de l'I.P de la classe S_2 apparaissent avec des proportions presque identiques. Ils ont partagé cette classe en deux sous classes S_{21} et S_{22} . S_{21} constitue la majorité des verbes de S_2 et est formée par les verbes dont la conjugaison à l'I.P ne suivent que l'un des trois modèles, alors que dans S_{22} on trouve le reste des verbes de S_2 dont la conjugaison à l'I.P suivent deux des trois modèles. Par ailleurs, ils n'ont pas pu, pour un verbe donné, établir des règles permettant d'identifier son modèle de conjugaison à l'I.P.

Notre travail consiste à donner des éléments de réponse concernant le modèle de conjugaison à l'I.P d'un verbe quelconque de la classe S_2 . En s'inspirant de la règle de production de la parole qui stipule que les mots d'un vocabulaire d'une langue quelconque sont prononcés avec un coût articulatoire optimal, nous proposons une étude basée sur l'énergie des signaux des verbes prononcés selon les trois modèles de conjugaison à l'I.P afin d'identifier parmi eux le modèle adéquat.

Nous avons fait deux études. Dans la première, nous avons prononcé les verbes d'un échantillon représentatif de la sous classe S_{21} suivant les trois modèles de conjugaison possibles à l'I.P et nous avons mesuré l'énergie relative à chaque prononciation. Ensuite, nous avons calculé d'une part le taux des verbes dont l'énergie relative à la prononciation suivant le modèle adéquat est minimale, et d'autre part celui dont l'énergie relative à la prononciation suivant un modèle inadéquat est maximale. Pour confirmer les résultats obtenus, nous avons fait dans la deuxième étude des tests similaires sur un corpus de l'autre sous classe S_{22} .

Les enregistrements sont réalisés au laboratoire à l'aide du logiciel du traitement de la parole PRAAT¹ et sont au format « .wav ».

2.2. Etude d'un échantillon de la sous classe S_{21}

¹ www.praat.org

2.2.1 Corpus d'étude et enregistrement des fichiers sons

Notre corpus est composé de quatre vingt dix verbes sains de la sous classe S₂₁ dont :

- trente trois verbes se conjuguent à l'I.P suivant le modèle " يَفْعَلْ " .
- vingt-neuf verbes se conjuguent à l'I.P suivant le modèle " يَفْعِلْ " .
- vingt-huit verbes se conjuguent à l'I.P suivant le modèle " يَفْعُلْ " .

Le corpus est choisi de telle sorte qu'il soit représentatif dans le sens qui il couvre tous les modes et lieux d'articulation des consonnes.

Dans la langue arabe, il existe des sons dont la fréquence varie entre 8khz et 10khz [J.Hernandez, 95], contrairement à la langue française où les fréquences des consonnes et voyelles ne dépassent pas 8khz. D'après le théorème de Shannon [Calliope, 1989], une fréquence d'échantillonnage supérieure à 20khz pour les sons arabes est donc nécessaire. Dans notre étude, nous avons choisi sur le logiciel PRAAT une fréquence d'échantillonnage égale à 22,050khz afin de garantir une bonne numérisation des signaux.

Nous avons considéré dans un premier temps une base de données enregistrée par un seul locuteur, ensuite nous avons fait des enregistrements avec un autre locuteur afin de confirmer les résultats obtenus. Afin d'atténuer les erreurs pouvant provenir des conditions d'enregistrement, chacun des deux locuteurs prononce pour chaque verbe et chaque modèle de conjugaison à l'I.P (" يَفْعُلْ ", " يَفْعِلْ ", " يَفْعَلْ ") cinq prononciations, soit au total quinze prononciations pour chaque verbe.

2.2.2 Traitement des fichiers sons par spectrogramme

Dans une première étape, nous avons utilisé le spectrogramme, qui est un outil de visualisation tridimensionnel (temps, fréquence, intensité), pour visualiser les prononciations des verbes selon les trois modèles de conjugaison à l'I.P et extraire des caractéristiques du modèle de conjugaison adéquat par rapport aux deux autres. Nous avons remarqué pour la plus part des verbes que les prononciations associés aux modèles adéquats sont caractérisées par une noirceur moins intense dans la zone correspondante à la syllabe du milieu comparativement aux deux autres (voir figures 1-2-3).

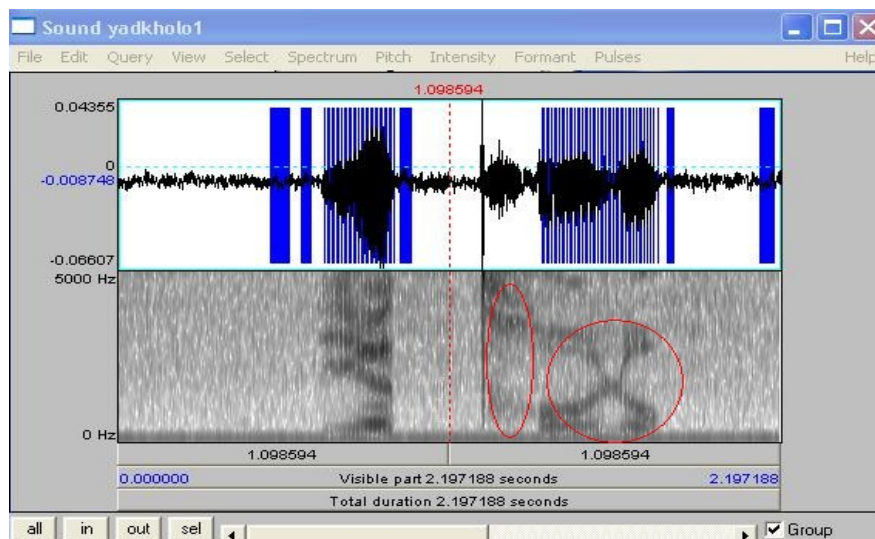


Figure 1: Spectrogramme de la prononciation juste " يَدْخُلُ " « yadxulu ».

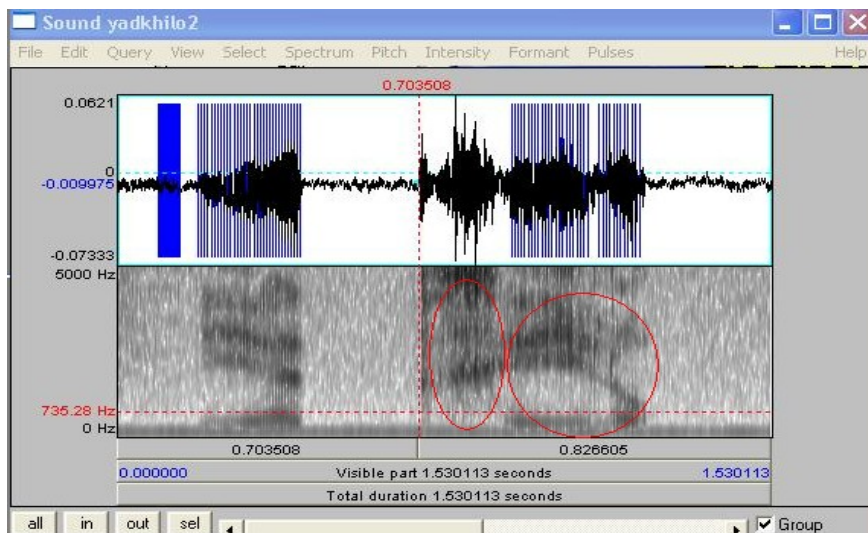


Figure 2 : Spectrogramme de la prononciation fausse " يَدْخُلُ " « yadkhilu »

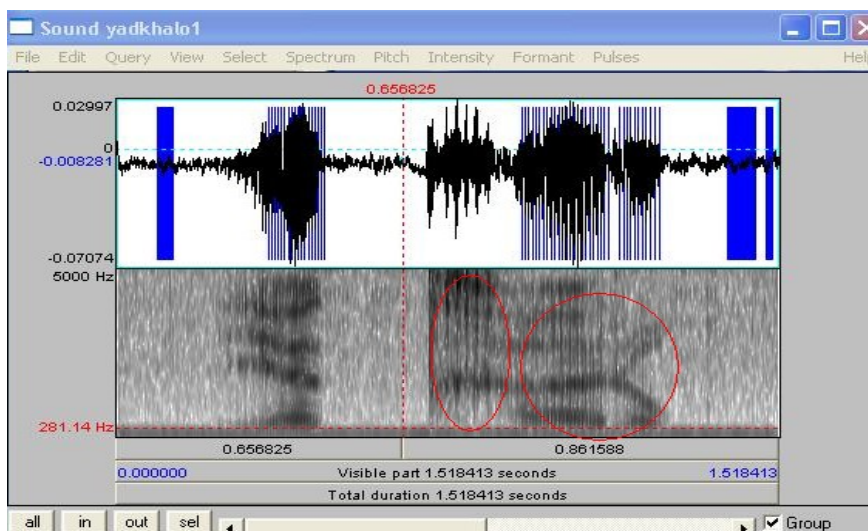


Figure 3 : Spectrogramme de la prononciation fausse " يَدْخُلُ " « yadxalu ».

L'intensité de la noirceur peut s'expliquer par l'énergie [Bertrand 2003]. En effet, une prononciation avec une noirceur intense correspond à une énergie élevée. Comme l'énergie d'une syllabe d'un mot est influencée par la nature des syllabes voisines, nous avons dans notre étude pris en compte l'énergie totale du verbe prononcé.

2.2.3 Traitement par énergie

Nous avons, pour chacun des trois modèles de conjugaison à l'I.P, prononcé tous les verbes de l'échantillon cinq fois. Grâce à un programme Matlab, nous avons calculé la moyenne des énergies totales relatives à ces prononciations. Par la suite, nous nous sommes intéressés dans un premier temps à la prononciation dont l'énergie est minimale et qui correspond à un modèle de conjugaison à l'I.P adéquat. Dans le Tableau 1, nous donnons le taux des verbes prononcés selon un modèle adéquat et ayant une énergie minimale.

le taux des verbes prononcés selon un modèle adéquat et ayant une énergie minimale	Nombre des verbes prononcés selon le modèle adéquat et ayant une énergie minimale	le taux des verbes prononcés selon un modèle adéquat et ayant une énergie minimale
90	59	65.56

Tableau 1 : Étude du taux des verbes prononcés selon un modèle adéquat et ayant une énergie minimale.

Nous nous sommes ensuite intéressés aux prononciations ayant une énergie est maximale. Dans le Tableau 2, nous donnons le taux des verbes prononcés selon un modèle inadéquat et ayant une énergie maximale.

Nombre des verbes prononcés	Nombre des verbes prononcés selon le modèle inadéquat ayant une énergie maximale	le taux des verbes prononcés selon un modèle inadéquat et ayant une énergie maximale
90	85	94.44

Tableau 2 : Étude du taux des verbes prononcés selon un modèle inadéquat et ayant une énergie maximale.

Conclusion : Cette étude permet d'avancer que pour identifier le modèle de conjugaison à l'I.P adéquat d'un verbe de la sous classe S_{21} , il suffit de le prononcer selon les trois modèles, puis de calculer les énergies correspondantes. En suite, on rejette la prononciation relative à l'énergie maximale et on choisi comme prononciation juste celle relative à l'énergie minimale. Les probabilités d'avoir pris la bonne décision sont de l'ordre de 0.94 pour la première décision et de 0.65 pour la seconde.

2.3. Etude d'un échantillon de la sous classe S_{22}

Dans cette partie, notre objectif est de confirmer l'étude précédente. Pour cela, nous nous sommes intéressés aux verbes de la sous classe S_{22} pour voir si la prononciation relative au modèle inadéquat a une énergie maximale. Nous avons choisis un corpus représentatif de 58 verbes de la sous classe S_{22} , et on leur a fait subir un traitement identique à celui de l'échantillon de la sous classe S_{21} du paragraphe précédent. Dans le Tableau 3 ci-dessous, nous donnons le taux des verbes prononcés selon le modèle inadéquat et ayant une énergie maximale.

Nombre de verbes	Nombre des verbes prononcés selon le modèle inadéquat et ayant une énergie maximale	le taux des verbes prononcés selon un modèle inadéquat et ayant une énergie maximale
58	54	93,10

Tableau 2 : Étude du taux des verbes prononcés selon un modèle inadéquat et ayant une énergie maximale.

Ces résultats permettent d'affirmer que si on conjugue un verbe de la sous classe S_{22} suivant les trois modèles de la conjugaison à l'I.P, alors le modèle dont la prononciation correspond à l'énergie maximale peut être rejeté avec un taux de réussite de l'ordre 93%.

Conclusion : cette étude a permis de limiter à deux choix les modèles de conjugaison à l'I.P d'un verbe donné au lieu de trois. En effet, le modèle dont l'énergie correspondante est maximale peut être rejeter dans plus de 93% des cas. De plus, le modèle correspondant à la conjugaison adéquate a une énergie minimale dans plus de 65% des cas. Etant donné que ce dernier taux n'est pas très élevé, il est utile de chercher d'autres paramètres caractérisant les signaux et permettant d'identifier le modèle adéquat parmi les deux modèles restants.

Bibliographie

- [Bertrand 2003] D.Bertrand, "*Analyse et représentation des signaux acoustiques modulés*", ENST Paris, 2003.
- [Calliope 1989] Calliope, "*La parole et son traitement automatique*", Masson, paris, 1989.
- [Hernandez 1995] J.Hernandez, "*Algorithmes d'Acquisition, Compression et Restitution de la Parole Vitesse Variable*", ENSEA, Cergy-Pontoise Paris, Avril 1995.
- [Kamel Fayed 1991] Wafae Kamel Fayed, "*تراكب الأصوات في الفعل الثلاثي الصحيح*", alam kutub, Caire, 1991.