

République Algérienne Démocratique et Populaire  
Ministère de l'Enseignement Supérieur et de la Recherche Scientifique

Ecole Normale Supérieure des Sciences Humaines  
Alger

**MEMOIRE DE MAGISTER**  
EN SCIENCES DU LANGAGE ET DE LA COMMUNICATION  
LINGUISTIQUE

**OPTION : Traitement Automatique de la Parole**

Présenté par :

**M. AISSIOU Mohamed**

**Thème**

**Application des Algorithmes Génétiques en  
vue de la Reconnaissance Automatique des  
Voyelles de l'Arabe Standard**

Devant le Jury :

**Pr. A.HADJ-SALAH**

**Directeur –CRSTDLA**

**Président**

**Dr. M.GUERTI**

**Maître de Conférences -ENP-Alger**

**Rapporteur**

**Dr. M.Diaf**

**Maître de Conférence –UMMTO**

**Examineur**

**Février 2004**

## Abstract

The aim of this work is to apply **Genetic Algorithms (GA)** at Standard Arabic vowels Automatic Recognition. For that, we have analyzed a corpus composed of several sentences, registering by only one speaker, using Linear Predicting Coding method. It results a set of discriminate parameters vectors, which serves as reference for the two proposed Parameterization Genetic Models.

The difference between these two models is the result of the used adaptation or Fitness function and the discriminate parameters reference vectors. An intelligent definition of The adaptation function allows the AG for a better possible solutions evaluation. This evaluation concerns the dissimilarity degree between the two types of acoustical vectors mentioned above.

The Genetic Algorithms, which search to maximize the inverse function of the Fitness one, have permitted to us, to reach interesting results.

**Key words :** Genetic Algorithms, Speech Automatic Recognition, Linear Predicting Coding, Standard Arabic vowels.

## Résumé

Le but de ce travail est l'application des **Algorithmes Génétiques (AG)** à la Reconnaissance Automatique des voyelles de l'**Arabe Standard (AS)**. Pour cela, nous avons analysé un corpus de plusieurs phrases enregistrées par un seul locuteur, par la technique du **Codage Prédicatif Linéaire(LPC)**. Ce qui a permis d'obtenir un ensemble de vecteurs de paramètres pertinents, servant de référence pour les deux **Modèles Génétiques de Paramétrisation (MGP)** proposés.

La différence entre ces deux modèles est le résultat du choix de la fonction d'adaptation ou Fitness et celui des paramètres pertinents des vecteurs de référence. Une définition judicieuse de la fonction d'adaptation permet aux AG de bien évaluer les solutions possibles. Cette évaluation se porte sur le degré de dissimilarité ou de dissemblance entre les vecteurs acoustiques de référence et ceux des données. L'utilisation efficace des AG nécessite une bonne connaissance de leur fonctionnement ainsi qu'une parfaite analyse des voyelles de l'AS à reconnaître.

Les AG qui cherchent à maximiser la fonction inverse de la fonction Fitness, nous ont permis d'obtenir des résultats encourageants.

**Mots clés :** Algorithmes Génétiques, Reconnaissance Automatique de la Parole, Codage Prédicatif Linéaire, Voyelles de l'Arabe Standard.

**INTRODUCTION GENERALE****CHAPITRE 1 : NOTIONS FONDAMENTALES SUR LA PAROLE**

1.1	Introduction.....	3
1.2	Système de production de la parole.....	3
1.2.1	Description de l'appareil phonatoire.....	3
1.2.2	Fonctionnement de l'appareil phonatoire.....	6
1.2.2.1	Production de l'onde glottique.....	6
1.2.2.2	Fonction résonateur du conduit vocal.....	6
1.2.2.3	Fonction générateur de bruit du conduit vocal.....	7
1.2.3	Modélisation du système de production de la parole.....	7
1.3	Description du signal vocal.....	8
1.4	Propriétés spécifiques du signal vocal.....	9
1.4.1	Continuité.....	9
1.4.2	Variabilité.....	9
1.4.2.1	Variabilité intra-locuteur.....	10
1.4.2.2	Variabilité inter-locuteur.....	10
1.4.2.3	Variabilité contextuelle.....	10
1.4.3	Coarticulation.....	11
1.4.4	Redondance.....	11
1.4.5	Grande liberté du langage parlé.....	11
1.5	Classification des sons du langage.....	11
1.5.1	Les voyelles.....	12
1.5.2	Les consonnes.....	13
1.5.3	Les semi-voyelles.....	14
1.6	Généralités sur les sons de l'Arabe Standard.....	14
1.7	L'Arabe Standards et le modèle Néo-Khalilien.....	17
1.7.1	Niveau intra lexical ou kalima.....	17
1.7.2	Niveau lexical ou lexie.....	17
1.7.3	Niveau syntaxique (tehtonies).....	19
1.7.4	Spécificités du modèle Néo-Khalilien.....	20
1.8	Particularités de l'Arabe Standard.....	21
1.8.1	Emphase.....	21

1.8.2	Consonnes d'arrière.....	22
1.8.3	Gémiation.....	23
1.9	Système vocalique de l'Arabe Standard.....	24
1.9.1	Vocalisme sur le plan articulatoire.....	24
1.9.2	Vocalisme sur le plan acoustique.....	25
1.10	Conclusion.....	26

## **CHAPITRE 2 : PRINCIPE ET APPROCHES DE LA RECONNAISSANCE**

### **AUTOMATIQUE DE LA PAROLE**

2.1	Introduction.....	27
2.2	Tâches de la reconnaissance automatique de la parole.....	27
2.2	Qu'est ce que la Reconnaissance Automatique de la Parole ?.....	28
2.4	Différents modes du langage.....	29
2.4.1	Les sources de connaissances indépendantes du contexte.....	30
2.4.2	Sources de connaissances contextuelles .....	30
2.5	Différentes approches de la Reconnaissance Automatique de la Parole.....	30
2.5.1	Approche globale.....	31
2.5.2	Approche analytique.....	33
2.6	Différents modèles de la Reconnaissance Automatique de la Parole.....	34
2.7	Décodage Acoustico-Phonétique.....	36
2.7.1	Extraction des paramètres utiles du signal vocal.....	37
2.7.1.1	Traits acoustiques.....	38
2.7.1.2	Indices acoustiques.....	39
2.7.2	Segmentation du signal vocal.....	40
2.7.3	Classification.....	41
2.8	Conclusion.....	42

## **CHAPITRE 3 : ANALYSE ACOUSTIQUE DU SIGNAL VOCAL**

3.1	Introduction.....	43
3.2	Prétraitement du signal vocal.....	43
3.2.1	Echantillonnage du signal.....	43
3.2.2	Préaccentuation.....	44

3.2.3	Fenêtrage.....	44
3.3	Différentes représentations du signal vocal.....	44
3.3.1	Représentation non paramétrique.....	45
3.3.1.1	Transformée de Fourier Rapide.....	45
3.3.1.2	Spectrogramme.....	46
3.3.2	Représentation paramétrique.....	47
3.3.2.1	Codage prédictif Linéaire.....	48
3.3.2.2	Analyse cepstrale du signal vocal.....	48
3.3.2.3	Passage par zéro.....	51
3.4	Analyse prédictive linéaire.....	51
3.4.1	Modèle Auto Régressif.....	54
3.4.2	Méthode d'autocorrélation.....	57
3.4.3	Méthode de covariance.....	58
3.4.4	Estimation des formants et du fondamental.....	59
3.5	Conclusion.....	60

#### **CHAPITRE 4 : PRINCIPES DE BASE DES ALGORITHMES GENETIQUES**

4.1	Introduction.....	61
4.2	Genèse des Algorithmes génétiques.....	61
4.3	Objectifs des Algorithmes Génétiques.....	62
4.4	Algorithmes Génétiques et lois de la nature.....	63
4.5	Principes de base des Algorithmes Génétiques.....	64
4.5.1	Initialisation de la population.....	67
4.5.2	Codage et espace de représentation.....	67
4.5.2.1	Codage.....	67
4.5.2.2	Espaces de recherche.....	69
4.5.3	Fonction d'évaluation.....	70
4.5.3.1	Méthode à échelle fixe.....	71
4.5.3.2	Méthode de changement linéaire d'échelle.....	71
4.5.3.3	Méthode du sigma tronqué.....	72
4.6	Sélection naturelle.....	72
4.6.1	Procédures de la sélection.....	72
4.6.1.1	Sélection déterministe.....	72
4.6.1.2	Sélection stochastique.....	73

4.6.2	Principes de la sélection.....	73
4.6.3	Techniques de la sélection.....	73
4.6.3.1	Sélection ordonnée.....	74
4.6.3.2	Roulette Biaisée.....	74
4.6.3.3	Sélection par tournoi .....	74
4.6.3.4	Sélection uniforme .....	75
4.6.4	Amélioration classique de la Sélection.....	75
4.6.4.1	Technique du changement d'échelle.....	75
4.6.4.2	Technique de partage.....	77
4.7	Opérateurs génétiques de reproduction.....	77
4.7.1	Techniques de croisement.....	78
4.7.1.1	Croisement simple.....	79
4.7.1.2	Croisement multiple.....	79
4.7.1.3	Croisement uniforme.....	80
4.7.1.4	Croisement linéaire.....	81
4.7.1.5	Croisement discret.....	81
4.7.1.6	Choix de la technique de croisement.....	81
4.7.2	Techniques de mutation.....	82
4.7.2.1	Mutation aléatoire.....	84
4.7.2.2	Mutation non uniforme.....	84
4.8	Dilemme exploration/exploitation.....	84
4.9	Parallélisation des Algorithmes Génétiques.....	85
4.10	Conclusion.....	86

## **CHAPITRE 5 : MISE EN OEUVRE DES MODELES GENETIQUES ET LEUR APPLICATION**

5.1	Introduction.....	87
5.2	Classification génétique.....	87
5.3	Population initiale de classifieurs.....	88
5.4	Choix des données acoustiques de référence.....	89
5.4.1	Ensemble de données de référence du premier modèle.....	89
5.4.2	Ensemble de données de référence du deuxième modèle.....	91
5.5	Modélisation génétique.....	91
5.5.1	Création de la population initiale .....	92

---

5.5.2	Fonction d'Adaptation .....	94
5.5.2.1	Choix de la mesure de dissemblance.....	95
5.5.2.2	Définition de la fonction d'adaptation du premier modèle.....	96
5.5.2.3	Définition de la fonction d'adaptation du deuxième modèle.....	96
5.5.2.4	Evaluation de la fonction d'adaptation.....	96
5.6	Résultats et interprétations.....	97
5.6.1	Résultats.....	98
5.6.1.1	Résultats du premier modèle génétique.....	98
5.6.1.2	Résultats du deuxième modèle génétique.....	99
5.6.2	Commentaires . .....	100
5.7	Conclusion .....	102

***Conclusion générale et perspectives***