

REPUBLIQUE ALGERIENNE DEMOCRATIQUE ET POPULAIRE

MINISTERE DE L'ENSEIGNEMENT SUPERIEUR

ET DE LA RECHERCHE SCIENTIFIQUE

UNIVERSITE DES SCIENCES ET DE LA TECHNOLOGIE

D'ORAN (U.S.T.O) –MOHAMED BOUDIAF

**FACULTE DE GENIE ELECTRIQUE
DEPARTEMENT D'ELECTRONIQUE**

**MEMOIRE EN VUE DE L'OBTENTION
DU DIPLOME DE MAGISTER**

SPECIALITE : ELECTRONIQUE

OPTION :SIGNALS ET SYSTEMES

PRESENTE PAR

M^R HENNI SID AHMED

SUJET DE MEMOIRE

**L'APPORT NEURO-MARKOVIAN
A LA RECONNAISSANCE AUTOMATIQUE
DE LA LANGUE ARABE**

SOUTENU LE :34/12/2000 DEVANT LE JURY COMPOSE DE :

M^R . M .F BEL BACHIR

M^R . A .BENYETTOU

M^R . A RAHMOUN

M^R A. ECH-CHERIF

PROFESSEUR A L'U.S.T.O

MAITRE DE CONFERENCE A L'U.S.T.O

MAITRE DE CONFERENCE A SIDI BEL-ABBES

CHARGE DE COURS A L'U.S.T.O

PRÉSIDENT

RAPPORTEUR

EXAMINATEUR

EXAMINATEUR

Sommaire

Préface

Introduction générale

Chapitre 1 : La nature de la parole	
1.1 Introduction	1
1.2 Emission de la parole	1
1.3 Réception de la parole	2
1.4 Classification phonétique	3
1.4.1 Les voyelles	3
1.4.2 Les consonnes	5
1.4.3 Cas des phonèmes de l'arabe	5
1.5 Modèles de représentation	8
1.6 Acquisition du signal vocal	9
1.6.1 Codage	9
1.6.2 Le prétraitement	10
1.7 Méthodes d'analyse du signal	12
1.7.1 Analyse temporel	12
1.7.2 Analyse spectral	12
1.7.3 Analyse par les mécanismes de production	14
1.8 Les indices de décodage	17
1.8.1 La détection de syllables	17
1.9 Conclusion	18

Chapitre2 : Les chaînes de Markov cachés

2.1 Introduction	19
2.2 Notion élémentaires sur les modèles de Markov	19
2.3 Les éléments d'un HMM	21
2.4 Les problèmes fondamentaux d'un HMM	21
2.4.1 Énoncé des problèmes	21
2.4.2 Résolution des trois problèmes fondamentaux d'un HMM	22

2.5	Principaux types de HMM	32
2.5.1	Le modèle érgodique	32
2.5.2	Le modèle gauche droite	32
2.5.3	Commentaire	32
2.6	Technique d'implantation	32
2.6.1	Problème de dépassement	32
2.6.2	Problème de données insuffisantes	33
2.6.3	Initialisation des HMM	34
2.6.4	Les suites d'observation multiples	35

Chapitre3 : Les réseaux neuromimétique

3.1	Fondements	36
3.1.1	Structure des neurones	36
3.1.2	Fonctionnement des neurones	36
3.2	Introduction	39
3.3	Un réseau de neurone en face d'un problème	39
3.4	Définition formelle d'un réseau neuromimétique	39
3.5	Fonction d'activation d'un neurone formel	41
3.6	Apprentissage par les réseaux de neurones	43
3.6.1	Définition	43
3.6.2	Types d'apprentissage	43
3.7	Protocole d'apprentissage	43
3.7.1	La procédure d'apprentissage	43
3.7.2	La procédure de la validation croisée	44
3.8	Réseaux à couches	45
3.8.1	Le perceptron (Réseaux à deux couches)	45
3.8.2	Le perceptron, multi couches	47
3.9	De la théorie à la pratique	49
3.10	Les réseaux et le temps	51
3.10.1	Quelques mots sur les réseaux récurrents	51
3.10.2	La rétropropagation dans le temps	52
3.10.3	L'apprentissage en temps réel	52
3.11	Conclusion	53

Chapitre4 : La reconnaissance de la parole

4.1	Généralités	54
	4.1.1	Objectif
	4.1.2	Complexité de la reconnaissance de la parole
	4.1.3	Les méthodes appliquées
	4.1.4	Les approches de la RAP
4.2	La quantification vectorielle	57
	4.2.1	Généralités
	4.2.2	Principe
	4.2.3	L'algorithme de L.B.G
	4.2.4	La quantification vectorielle des coefficients LPC
4.3	Reconnaissance de mots isolés par les HMM	59
	4.3.1	Choix du modèle
	4.3.2	Les systèmes prototypes
4.4	Reconnaissance de mots enchaînés	60
	4.4.1	La construction par niveaux en programmation dynamique
4.5	Conclusion	64

Chapitre5 : La reconnaissance de la parole par les systèmes hybrides

5.1	Introduction	65
5.2	Comparaison entre HMM et NN	65
5.3	Equivalences théoriques	65
5.4	Les NN comme prétraitement des HMM	66
	5.4.1	Interprétation probabiliste de l'apprentissage Des réseaux de neurones utilisant un critère Global discriminants
		67
5.5	PMC comme pré traitement d'un HMM	69
	5.5.1	HMM
	5.5.2	PMC et les entrées séquentielles temporelles
		72
	5.5.3	Approche hybride : PMC+HMM
		74

5.6	autre approches d'hybride	75
	5.6.1 Optimisation des deux modèles Ensembles Lors de l'apprentissage	75
	5.6.2 Coopération des deux modèles lors de la reconnaissance	
5.7	Conclusion	77

Chapitre6 : Résultats expérimentaux et comparaison

6.1	Introduction	78
6.2	Acquisition du signal et constitution du corpus de parole	78
6.3	Apprentissage	79
	6.3.1 Classification	79
	6.3.2 Algorithme informel de la rétropropagation du gradient	
6.4	Construction des HMM à partir du PMC	80
	6.4.1 Evaluation de A	80
	6.4.2 Evaluation de b	80
6.5	La reconnaissance	80
6.6	Résultats expérimentaux	81
6.7	Commentaire	83
	Conclusion générale	84
	Glossaire	86
	Annexe	88
	Bibliographie	91

Résumé

L'objet de cette étude est d'évaluer les performances de classifieurs statistiques connexionnistes par rapport aux modèles statistiques plus classiquement utilisés en reconnaissance des formes.

Le domaine d'application est le traitement automatique de la parole et plus spécifiquement la reconnaissance de la parole. Les meilleurs systèmes actuels en reconnaissance automatique de la parole sont basés sur une modélisation statistique de type markovienne. Les modèles connexionnistes développés dans cette étude sont parmi les plus performants, il s'agit de modèles de type perceptrons multicouches.

Un système de reconnaissance automatique de la parole a pour but de transformer la représentation acoustique du signal vocal en une suite de mots. Un tel système utilise plusieurs niveaux de modélisation, une modélisation des unités acoustiques et une modélisation du langage. La modélisation acoustique est obtenue après une phase d'apprentissage du système. L'apprentissage permet de trouver des correspondances entre le signal acoustique de phrases et la transcription phonétique qui leur correspond. Lors de la reconnaissance, la modélisation résultant de l'apprentissage permet de sélectionner la séquence des étiquettes phonétiques correspondant au signal acoustique inconnu, il s'agit alors de reconnaissance phonétique. L'utilisation d'un lexique permet ensuite d'intégrer ces unités phonétiques en mots. enfin, le modèle de langage, qui impose des contraintes sur la séquence des mots, permet de reconnaître des phrases syntaxiquement correctes. D'autres niveaux de reconnaissances peuvent intervenir pour améliorer la reconnaissance de la parole : la sémantique, la prosodie, la pragmatique...

Enfin, il peut servir à un apprentissage de type « corrective training » c'est à dire à un post traitement des HMMs.

A l'heure actuelle, peu de résultats montrent une amélioration des performances des modèles markoviens grâce à l'intégration d'un modèle connexionniste. L'un des objectifs de notre étude était justement de construire un système hybride neuronal et markovien, tirant partie des qualités des deux systèmes et offrant de meilleures performances que l'un ou l'autre pris séparément. Nous avons obtenus des résultats particulièrement intéressants en faisant coopérer lors de la reconnaissance les probabilités issues des deux modèles. Ces résultats sont d'autant plus encourageants qu'ils ont été obtenus avec une architecture neuronale modulaire assez simple qui devrait pouvoir être optimisée.

Les systèmes hybrides connexionnistes et markoviens sont certainement une voie de recherche prometteuse. Notre travail a été une exploration de cette voie qui s'est ouverte récemment et qui suscite l'intérêt de bon nombre de chercheurs à l'heure actuelle. D'un point de vue théorique, de nombreux travaux de recherches sont effectivement encore nécessaires pour améliorer les algorithmes d'apprentissage des réseaux et les structures actuelles. Enfin, d'un point de vue expérimental, une validation de cette approche sur une autre base de données devrait permettre d'avoir plus de certitudes quant à l'apport des réseaux et des méthodes hybrides dans le domaine de la reconnaissance de la parole.