

Ministère de l'enseignement Supérieur et de la Recherche Scientifique  
Ecole Nationale Polytechnique



DER- Génie Electrique & Informatique  
Département d'Electronique

## Thèse

Présentée Par  
**M<sup>r</sup> Chaâbane BOUBAKIR**, Ingénieur d'Etat en Electronique  
En vue d'obtenir le Grade  
de **Magister** en Electronique

Option: Télécommunications

## THEME

**REHAUSSEMENT  
DE LA  
PAROLE HYPERBARE**

*Soutenue le 25. 10. 1998... devant le Jury composé de :*

Président:	Mr	A.FARAH .....	Professeur à L'ENP
Rapporteur:	Mr	D. BERKANI .....	Maître de Conférences à L'ENP
Examineurs:	Mr	R. AKSAS .....	Maître de Conférences à L'ENP
	Mr	A. BELOUHRANI .....	DR, Enseignant à L'ENP
	Mme.	L. HAMAMI .....	Chargée de Cours à L'ENP

Octobre - 1998

ملخص  
في هذا العمل قمنا بتصميم عدة خوارزميات لتحسين نوعية الاشارات الصوتية الغامضة الناتجة تحت ضغوط عالية و في اعماق كبيرة .  
بالإضافة الي عدة تقنيات لتخفيض نسبة الاضطرابات. النظام المقترح يعتمد على خوارزمية التنبؤ الخطي لتحليل و تركيب الاشارات  
الصوتية. أما عملية التصويب فتتم في فضاءي الأزمنة و التواترات.  
كلمات جوهرية: الاشارات الصوتية في الهليوم او تحت ضغوط عالية. تحسين النوعية. الغموض. تخفيض الاضطرابات. الاتصالات تحت  
الماء.

## Abstract

In this work we studied several algorithms for helium speech enhancement. The system to be proposed is based on the use of a Linear prediction for speech analysis and synthesis, corrections are made directly in the time domain or in the frequency domain. Obtained results show that the designed algorithms restore the intelligibility and improve the speech diver's quality. Several noise reduction techniques are incorporated to improve the quality of noisy helium speech.

**Keys words: Helium Speech, Enhancement, Intelligibility, Noise Reduction, Diver's Communication**

## Résumé

Dans ce travail nous avons étudié plusieurs algorithmes de restauration de l'intelligibilité de la parole hyperbare produite à de grandes profondeurs sous haute pression. Le système proposé est basé sur la prédiction linéaire pour l'analyse et la synthèse de la parole hyperbare, les corrections ont été réalisées directement dans le domaine temporel ou dans le domaine fréquentiel. Les résultats obtenus montrent que les algorithmes proposés restaurent efficacement l'intelligibilité et améliorent la qualité de la parole en plongée sous-marine. Plusieurs techniques de réduction de bruit sont incorporées aux systèmes de correction afin d'améliorer la qualité du signal dans un milieu très hostile.

**Mots clés : Parole Hyperbare, Rehaussement, Intelligibilité, Réduction de bruit, Communication sous-marine**

# SOMMAIRE

Dédicace	ii
Avant Propos	iii
Liste des Notations et Abréviations Utilisées	vi
Liste des Figures et Tableaux	viii

## **Chapitre I** **1**

---

### **Introduction**

I.1	Problématique.....	1
I.2	Contribution de cette Thèse.....	3
I.3	Organisation de la Thèse.....	5

## **Chapitre II** **5**

---

### **Le Signal Vocal**

II.1	Introduction.....	5
II.2	Production du Signal Vocal.....	6
II.3	La Prédiction Linéaire (LPC).....	12
II.3.1	La Méthode d'Autocorrélation.....	14
II.3.2	Les Considérations de Choix des Conditions d'Analyse LPC.....	17
II.3.3	La Préaccentuation (Preamphasis).....	18
II.4	Conclusion.....	19

## **Chapitre III** **20**

---

### **Le Signal Hyperbare**

III.1	Introduction.....	20
III-2	Comparaison entre les Propriétés de la Parole dans les Conditions Normales et Hyperbares.....	21
III.3	Variation des Fréquences des Formants.....	25
III.4	Variation des Largeurs de Bandes des Formants.....	27
III.5	Variation des Amplitudes des Sons Voisés et non Voisés.....	27
III.6	Les Caractéristiques du Signal Hyperbare.....	28
III.7	Conclusion.....	32

**Les Systèmes de Traitement**

IV.1	Introduction.....	33
IV.2	Synthèse des Systèmes Existants.....	34
IV.2.1	Les Systèmes à Approche Temporelle.....	34
IV.2.1.a	Enregistrement / Reproduction ou "Tape Recorder Playback".....	34
IV.2.1.b	Codage Numérique des Signaux "Digital Coding".....	34
IV.2.1.c	Traitement par signal analytique.....	34
V.2.1.d	Traitement par Convolution.....	35
V.2.2	Les Systèmes à Approche fréquentielle.....	35
IV.3	Considération de Conception du Système de Traitement.....	36
IV.4	Correction des Corrélations.....	37
IV.5	Correction Spectrale.....	40
IV.6	Résultats.....	43
IV.6.1	Description des Fichiers de Données & Conditions d'Expérimentation.....	43
IV.6.2	Commentaires et Interprétations des Résultats.....	46
IV.7	Conclusion.....	54

**Réduction de Bruit d'un Signal Hyperbare**

V.1	Introduction.....	55
V.2	Caractéristiques du Bruit dans un Milieu Hyperbare.....	56
V.3	Réduction de Bruit dans le Domaine Temporel.....	57
V.3.1	Pondération du résidu.....	57
V.3.2	La Représentation SMC de la Parole Hyperbare Bruitée.....	61
V.4	Réduction de Bruit dans le Domaine Spectral.....	63
V.4.1	La Soustraction Spectrale.....	63
V.4.2	Estimation du Spectre du Bruit.....	66
V.4.3	Algorithme d'Amélioration Basé sur la Soustraction Spectrale.....	66
V.5	Conclusion.....	69