

**République Algérienne Démocratique et Populaire**  
Ministère de l'Enseignement Supérieur et de la Recherche Scientifique  
Université de Batna  
Faculté des Sciences de l'ingénieur  
Département d'Electronique

**MEMOIRE**

Présenté Par

**SAHRAOUI LEILA**

Pour l'obtention du Diplôme de

**MAGISTER EN ELECTRONIQUE**

**OPTION : MICRO-ONDES POUR TELECOMMUNICATIONS**

**Thème**

**Génération et Détection des Ondes de Volume dans les  
Structures Piézoélectriques et Modélisation d'un Echographe  
à Ultrasons**

Devant le jury composé de :

<b>Pr. BENSLAMA Malek</b>	<b>Professeur</b>	<b>Univ. Constantine</b>	<b>Président</b>
<b>Pr. BENAÏA Djamel</b>	<b>Professeur</b>	<b>Univ. Batna</b>	<b>Rapporteur</b>
<b>Dr. BENOUDJIT Nabil</b>	<b>M.C</b>	<b>Univ. Batna</b>	<b>Examineur</b>
<b>Dr. FORTAKI Tarek</b>	<b>M.C</b>	<b>Univ. Batna</b>	<b>Examineur</b>

## **Résumé**

De nos jours, l'utilisation de l'échographie a envahi les milieux cliniques à des fins diagnostiques et thérapeutiques. Cette technique d'investigation du corps humain à caractère non invasif, utilise les systèmes relatifs à la transformation d'énergie électrique en énergie acoustique.

Les sondes échographiques susceptibles de permettre l'émission et la réception des ondes ultrasonores de fréquences élevées (de l'ordre de mégahertz) sont conçues à base de matériaux piézoélectriques. Dans notre travail, on s'intéresse à la détection et génération des ondes de volume dans les structures piézoélectriques afin de cerner les techniques de productions des ondes ultrasonores utilisées dans le domaine médical.

Une méthode de caractérisation tissulaire est ensuite développée de manière à acquérir à la sortie d'un échographe les signaux radio fréquence (RF) rétrodiffusés par les tissus (les échos) ainsi que les courbes d'intensité et du maximum de pression. Pour cela on s'est basé sur la visualisation de microdiffuseur (microréflecteur) disposé dans une structure de simulation. Cette étude peut être complémentaire à l'élastographie, qui est une technique d'imagerie fondée sur le principe de production des images de la distribution de l'élasticité des tissus mous.

## **Abstract**

Nowadays, the use of echography invaded the clinical mediums at diagnostic and therapeutic ends. This technique of investigation of the human body in noninvasive matter uses the systems relating to the electric energy conversion into acoustic energy. The echographic probes likely to allow the emission and the reception of the ultrasonic waves of high frequencies (about megahertz) are conceived containing piezoelectric materials. In this context, the study of detection and the generation of the waves of volume in the piezoelectric structures were our prime objective in order to determine the techniques of productions of the ultrasonic waves used in the medical field.

A method of characterization tissue is then developed. So as to acquire, at the exit of an echograph, the signals radio operator frequency (RF) retrodiffused by the fabrics (echoes) and the curves of intensity and the maximum of pressure, while basing themselves on the visualization of microdiffusor (microreflector) laid out in a structure of simulation. This study can be complementary to the elastography which is a technique of imagery based on the principle of producing images of the distribution of the elasticity of soft fabrics.

## SOMMAIRE

Introduction Générale.....	1
<b>Chapitre1 : Principe de la piézoélectricité .....</b>	<b>4</b>
<b>1. La Piézoélectricité .....</b>	<b>4</b>
1.1. Le Phénomène de Piézoélectricité .....	4
1.2. Principe de la piézo-électricité .....	5
1.2.1. Piézoélectricité naturelle.....	5
1.2.2. Piézo-électricité artificielle.....	6
<b>2. Les différents matériaux piézo-électriques .....</b>	<b>7</b>
2.1. Les cristaux .....	7
2.2. Les céramiques .....	8
2.3. Les polymères.....	8
2.4. Les composites .....	9
2.4.1. Structure d'un Composite .....	9
2.4.2. Pilier de Céramique noyé dans un Polymère.....	9
<b>3. Etude de l'effet piézoélectrique.....</b>	<b>10</b>
3.1. La céramique piézoélectrique.....	10
3.2. Polarisation .....	10
3.3. Equations de la piézoélectricité .....	12

3.4. Modes de vibrations .....	14
3.5. Dispositifs piézoélectriques et leurs applications .....	15
<b>Chapitre 2 : Détection des Ondes de Volume .....</b>	<b>16</b>
1. Introduction .....	16
2. Ondes élastiques et électriques .....	18
3. Equations de mouvement d'une particule et du potentiel électrique.....	18
4. forme générale de la solution .....	20
5. Comportement des racines.....	21
6. Application sur le $\text{LiNbO}_3$ (Niobate de Lithium) coupe Y-X ( $Y=X_3$ ET $X=X_1$ ) .....	23
<b>Chapitre 3 : Modélisation d'un Echographe Ultrasonique et imagerie Echographique.....</b>	<b>26</b>
<i>1<sup>ère</sup> partie : Etude des Ultrasons</i>	
1. Introduction .....	26
2. L'onde ultrasonore.....	26
2.1. Principaux types d'ondes .....	27
3. Comportement des ondes ultrasonores .....	28
3.1. L'impédance acoustique.....	28
3.2. Réflexion et réfraction .....	29
3.3. Atténuation d'une onde ultrasonore .....	30
3.4. L'absorption et la dispersion .....	31

4. Les paramètres ultrasoniques les plus utilisés pour la caractérisation acoustique des tissus mous .....	31
4.1. La mise en équations des paramètres ultrasoniques .....	32
4.2. La pression acoustique .....	33
4.3. Intensité de l'onde ultrasonore .....	34
4.4. Intensité $I_{SPTA}$ .....	35
4.5. Intensité $I_{SPTP}$ .....	35
<i>2<sup>ème</sup> partie : l'Echographe Ultrasonique</i>	
1. L'échographe.....	37
1.1. Le transducteur ultrasonore.....	37
1.1.1. Géométrie .....	38
1.1.2. Fonctionnement d'une sonde acoustique .....	38
1.1.3. Sondes à balayage mécanique.....	38
1.1.4. Sondes à balayage électronique.....	39
1.2. Représentation de l'image ultrasonore .....	40
1.2.1. Mode A.....	40
1.2.2. Mode B.....	41
1.2.3. Mode M ou TM.....	41
1.2.4. Écho Doppler .....	41
1.3. Echographie multilignes (formation de voies) .....	41

1.3.1. L'imagerie échographique : du mode standard au mode ultrarapide .....	42
a). L'émission.....	42
b). La réception.....	42
1.3.2. La nécessité d'augmenter la cadence en imagerie échographique .....	44
1.4. L'Elastographie .....	44
1.4.1. L'elastographie Impulsionnelle.....	44
1.4.2. Supersonic Shear Imaging (SSI).....	45
2. Modélisation d'un échographe ultrasonique avec l'échographie multibeam (ultrarapide).	46
<b>Chapitre 4 : Résultats et Discussion .....</b>	<b>47</b>
1. Partie expérimentale .....	47
1.1. Programme Field II .....	47
1.2. Partie programmation .....	48
1.2.1. Organigramme 1 .....	49
1.2.2. Organigramme 2.....	50
2. Résultats.....	51
3. Discussion.....	55
<b>Conclusion et Perspectives .....</b>	<b>57</b>