



# Mémoire de Master

## Présenté au

**Département** : Génie Électrique

**Domaine** : Sciences et Technologies

**Filière** : Télécommunications

**Spécialité** : Systèmes des Télécommunications

**Réalisé par :**

**FACI Fatma**

Et

**ZIAD Naila**

## Thème

---

---

### Détection sans contact de l'apnée du sommeil avec une génération d'alarme

---

---

Soutenu le: **30/10/2021**

Devant la commission composée de :

|                      |       |              |            |
|----------------------|-------|--------------|------------|
| Mr : DIB Riad        | M.A.A | Univ. Bouira | Président  |
| Mr : REZKI Mohamed   | M.C.A | Univ. Bouira | Rapporteur |
| Mr : HOUASSINE Hamza | M.C.A | Univ. Bouira | Examineur  |

## ***Dédicaces***

*Je dédie ce travail à :*

*Mes parents est la source de vie, d'amour et d'affection, pour leurs soutient moral et financier et d'être la lumière de ma vie, qui m'ont toujours encouragé pour terminer mes études, en leur espérant une longue vie et que dieu les gardes.*

*À ma grand-mère, Dieu repose son âme*

*À mes chers frères Alilo et Mohamed et ma petite sœur Manel, source de joie et de bonheur.*

*À ma tante Ghania*

*Pour mon binôme : Naila et sa famille*

*Sans parler de tous mes professeurs qui ont contribué à ma formation, depuis l'école primaire Jusqu'à présent.*

*À tous mes amis qui m'ont aidé à réaliser ces mémoires.*

*En fin de compte, pour tous ceux que j'aime, qui m'aiment.*

***Fatma***

---

## ***Dédicaces***

*Je dédie ce travail à :*

*Mes parents la source de vie, d'amour et d'affection, pour leurs soutient moral et financier et d'être la lumière de ma vie, qui m'ont toujours encouragé pour terminer mes études, en leur espérant une longue vie et que dieu les gardes.*

*À ma tante fatiha.*

*À mes chers frères et sœurs, source de joie et de bonheur.*

*Pour mon binôme : Fatma et sa famille*

*Sans parler de tous mes professeurs qui ont contribué à ma formation, depuis l'école primaire Jusqu'à présent.*

*À tous mes amis qui m'ont aidé à réaliser ces mémoires.*

*En fin de compte, pour tous ceux que j'aime, qui m'aiment.*

***Naila***

## Remerciements

*Au terme de ce travail :*

*Nous tenons à remercier tout d'abord ALLAH tout puissant et maître de l'univers qui nous a donné la force nécessaire, la forte volonté et la patience afin d'accomplir ce travail.*

*Nous tenons à remercier vivement nos chers parents. Nous remercions également notre promoteur : DR. MOHAMED REZKI pour l'aide qu'il nous a apporté, pour sa disponibilité, ainsi pour ses précieux conseils.*

*Nous tenons à exprimer notre gratitude à nos professeurs du Département de génie électrique de l'Université de Bouira et spécialement un grand remerciement DR. ALIMOHAD ABDENNOUR et MR. ISMAIL MEDJDOUB.*

*Nous tenons à exprimer nos profonds remerciements aux membres de jury pour leurs participations dans le jugement de notre travail.*

*Nous remercions également Mr. BELABBAS MILOUD pour l'aide qu'il nous a apporté, pour sa disponibilité, ainsi pour ses précieux conseils.*

*Enfin nous adressons nos reconnaissances à tous ceux qui nous ont aidés de près ou de loin à la réalisation de ce travail en particulier nos parents.*

## Résumé

L'apnée du sommeil est un trouble grave. La respiration s'arrête à plusieurs reprises assez longtemps pour gêner le sommeil, entraînant souvent une diminution temporaire des niveaux d'oxygène et une augmentation du niveau de dioxyde de carbone dans le sang. Et une des causes principales de l'apnée du sommeil se trouve le ronflement d'où l'importance de son étude.

Dans ce mémoire nous avons proposé une solution pour détecter l'apnée du sommeil en donnant l'alerte soit à la personne lui-même soit à la personne qui veille sur lui, ceci a été possible grâce à notre application qu'on a développée en suivant deux méthodes (seuils d'énergie et VAD) au son du ronflement par MATLAB puis nous avons fait une comparaison pour découvrir la méthode la plus efficace.

Enfin, le ronflement doit être traité avant qu'il ne se développe, car tout retard grave sur la personne peut entraîner des conséquences graves.

**Mots clés :** ronflement, MATLAB, apnée du sommeil, seuillage, VAD, détection.

# Sommaire

---

## Table des matières

|   |      |
|---|------|
| Remerciements .....                                 | I    |
| Résumé .....  | II   |
| Liste des Figures.....                              | VI   |
| Liste des Tableaux.....                             | VIII |
| Listes des Acronymes et Symboles .....              | IX   |
| Introduction Générale.....                          | 1    |
| 1.1 Introduction .....                              | 2    |
| 1.2 Sommeil .....                                   | 2    |
| 1.2.1 Définition.....                               | 2    |
| 1.2.2 Les différents types de sommeil.....          | 2    |
| 1.2.2.1 Le sommeil lent (SL) :.....                 | 2    |
| 1.2.2.2 Le sommeil paradoxal (SP) : .....           | 3    |
| 1.2.3 Les troubles respirations du sommeil .....    | 3    |
| 1.2.3.1 L'apnée .....                               | 3    |
| 1.2.3.2 Ronflement .....                            | 4    |
| 1.2.3.3 L'hypopnée .....                            | 4    |
| 1.3 L'apnée du sommeil .....                        | 5    |
| 1.3.1 Les différents types d'apnée du sommeil.....  | 5    |
| 1.3.2 Les diagnostique d'apnée du sommeil .....     | 6    |
| 1.3.3 Les sources d'origine d'apnée du sommeil..... | 6    |
| 1.3.3.1 Age .....                                   | 6    |
| 1.3.3.2Excès de poids .....                         | 6    |
| 1.3.3.3 Alcool .....                                | 7    |
| 1.3.3.4 Tabac .....                                 | 7    |
| 1.3.3.5 Médicaments .....                           | 7    |
| 1.3.3.6 L'obésité.....                              | 7    |
| 1.3.3.7 La forme de la langue .....                 | 7    |
| 1.3.3.8 Le déplacement de la cloison nasale.....    | 7    |
| 1.4 La parole.....                                  | 8    |
| 1.4.1 Définition.....                               | 8    |
| 1.4.2 Systèmes de reconnaissance de la parole ..... | 8    |
| 1.5 Le son .....                                    | 9    |

# Sommaire

---

|   |    |
|---|----|
| 1.5.1 Son analogique .....                                      | 9  |
| 1.5.2 Son numérique.....  | 9  |
| 1.5.3 Traitement du son.....                                    | 10 |
| 1.5.4 Classification des sons.....                              | 11 |
| 1.5.4.1 Son voisé .....   | 11 |
| 1.5.4.2 Son non voisé .....                                     | 11 |
| 1.5.5 Caractéristique du son .....                              | 12 |
| 1.5.5.1 L'amplitude.....  | 12 |
| 1.5.5.2 Fréquence .....   | 12 |
| 1.5.5.3 Longueur d'onde .....                                   | 12 |
| 1.5.5.4 Propagation du son .....                                | 13 |
| 1.6 Traitement du signal sonore .....                           | 13 |
| 1.6.1 Traitement .....  | 13 |
| 1.6.2 Signal sonore .....                                       | 13 |
| 1.6.3 La compression du signal sonore .....                     | 13 |
| 1.6.3.1 Compression sans perte .....                            | 13 |
| 1.6.3.2 Compression avec perte.....                             | 13 |
| 1.6.4 Les algorithmes de compression .....                      | 14 |
| 1.6.5 Le taux de compression.....                               | 14 |
| 1.6.6 Les formats de fichier.....                               | 14 |
| 1.6.6.1 Principaux formats de fichier non compressés .....      | 14 |
| 1.6.6.2 Principaux formats de fichier compressés.....           | 15 |
| 1.7 Conclusion.....   | 15 |
| 2.1 Introduction .....  | 16 |
| 2.2 Traitement numérique du signal de ronflement.....           | 16 |
| 2.2.1 Analyse du son de ronflement .....                        | 17 |
| 2.2.2 Caractéristiques du signal de ronflement.....             | 17 |
| 2.2.2.1 Fréquence: .....  | 17 |
| 2.2.2.2 Durée : .....   | 18 |
| 2.2.2.3 Amplitude :.....  | 18 |
| 2.2.2.4 Intensité : .....                                       | 18 |
| 2.2.2.5 L'énergie.....  | 18 |
| 2.2.2.6 Spectre .....   | 18 |
| 2.2.3 Analyse des caractéristiques du signal de ronflement..... | 19 |

# Sommaire

---

|   |    |
|---|----|
| 2.3 Propriétés Statistiques Du Signal de ronflement.....                        | 19 |
| 2.3.1 Densité De Probabilité.....   | 20 |
| 2.3.2 La Valeur Moyenne et la variance.....                                     | 20 |
| 2.4 Spectrogramme.....  | 20 |
| 2.5 Méthodes de détection d'apnée.....  | 21 |
| 2.5.1 Détection d'apnée par autocorrélation.....                                | 21 |
| 2.5.2 Détection d'apnée par transformée de Fourier rapide.....                  | 21 |
| 2.5.3 Détection d'apnée par le seuillage d'énergie.....                         | 22 |
| 2.5.3.1 Segmentation et fenêtrage de signal de ronflement.....                  | 22 |
| 2.5.3.2 Seuillage d'énergie.....  | 24 |
| 2.5.4 Détection d'apnée par VAD.....  | 24 |
| 2.5.4.1 L'approche VAD.....   | 24 |
| 2.5.4.2 principe du VAD.....  | 26 |
| 2.5.4.3 Les modèles de base d'un VAD :.....                                     | 26 |
| 2.5.4.4 Le taux de passage par zéro.....  | 27 |
| 2.6 Seuil de détection du silence.....  | 27 |
| 2.7 Conclusion.....   | 27 |
| 3.1 Introduction.....   | 28 |
| 3.2 Présentation du programme MATALB.....                                       | 28 |
| 3.3 Principe de travail.....  | 28 |
| 3.4 Enregistrement des bases de données.....                                    | 29 |
| 3.5 Sélection des bases de données.....   | 29 |
| 3.6 Première application : la détection d'apnée par le seuillage d'énergie..... | 31 |
| 3.6.1 Explication des différentes étapes du traitement :.....                   | 31 |
| 3.6.2 Application et résultat.....  | 32 |
| 3.7 Deuxième application : la détection d'apnée par VAD.....                    | 36 |
| 3.7.1 Explication des différentes étapes du traitement :.....                   | 36 |
| 3.7.2 Application et résultat :.....  | 37 |
| 3.8 Comparaison entre les deux méthodes de détection d'apnée :.....             | 39 |
| 3.9 Conclusion.....   | 39 |
| Conclusion Générale.....  | 40 |

## Liste des Figures

---

### Liste des Figures

|  |    |
|--|----|
| Figure 1.1 : Schéma d'une respiration avec apnée.....                              | 3  |
| Figure 1.2 : Schéma Ronflement .....   | 4  |
| Figure 1.3: Schéma d'hypopnée.....   | 5  |
| Figure 1.4: Schéma d'Apnée du sommeil.....   | 5  |
| Figure 1.5: Production et reconnaissance de la parole .....                        | 8  |
| Figure 1.6: Principe de la reconnaissance de la parole.....                        | 8  |
| Figure 1.7 : Signal analogique .....   | 9  |
| Figure 1.8 : Signal numérique .....  | 9  |
| Figure 1.9 : Signal échantillonné .....  | 10 |
| Figure 1.10 : Signal quantifié .....   | 10 |
| Figure 1.11 : Signal codé.....   | 11 |
| Figure 1.12: exemple de son voisé .....  | 11 |
| Figure 1.13 : exemple de son non voisé.....  | 12 |
| Figure 1.14 : L'évolution de l'amplitude sonore dans le temps.....                 | 12 |
| Figure 2.1 : Traitement numérique de signal de ronflement.....                     | 17 |
| Figure 2.2 : Spectre d'un signal par la transformation de Fourier.....             | 19 |
| Figure 2.3 : spectrogramme d'un signal audio.....                                  | 20 |
| Figure 2.4: Processus général d'un algorithme d'énergie .....                      | 22 |
| Figure 2.5: segmentation de M signal avec recouvrement.....                        | 23 |
| Figure 2.6: Exemple illustrant le principe de la détection d'activité vocale ..... | 25 |
| Figure 2.7: Processus général d'un algorithme de détection d'activité vocale ..... | 25 |
| Figure 2.8: Schéma de principe d'une conception VAD de base.....                   | 26 |
| Figure 3.1 : L'organisation des bases des données .....                            | 39 |

## Liste des Figures

---

|  |    |
|--|----|
| Figure 3.2: Les signaux de ronflement choisis.....                         | 30 |
| Figure 3.3 : Les signaux de ronflement qui va être étudiés .....           | 31 |
| Figure 3.4: les différentes étapes de détection d'apnée par l'énergie..... | 31 |
| Figure 3.5 : Affichage d'énergie des trames (hommes).....                  | 34 |
| Figure 3.6: Affichage d'énergie des trames (femmes).....                   | 35 |
| Figure 3.7: Les différentes étapes de détection d'apnée par VAD.....       | 36 |

## Liste des Tableaux

---

### Liste des Tableaux

|  |    |
|--|----|
| Tableau 3.1 : Énergie des signaux traité (hommes) .....              | 32 |
| Tableau 3.2 : Énergie des signaux traité (femmes).....               | 33 |
| Tableau 3.3 : Affichage des résultats après seuillage (hommes) ..... | 33 |
| Tableau 3.4 : Affichage des résultats après seuillage (femmes) ..... | 34 |
| Tableau 3.5 : Précision de la reconnaissance.....                    | 35 |
| Tableau 3.6 : Les parties de silence (hommes).....                   | 37 |
| Tableau 3.7 : Les parties de silence (femmes).....                   | 37 |
| Tableau 3.8 : Déclenchement d’alarme après seuillage (hommes).....   | 38 |
| Tableau 3.9 : Déclenchement d’alarme après seuillage (femmes).....   | 38 |
| Tableau 3.10 : Précision de la reconnaissance.....                   | 38 |

## Listes des Acronymes et Symboles

- **Acronymes**

DFT Transformée De Fourier Discret

SAS Syndrome d'Apnées Du Sommeil

SL Sommeil Lent

SP Sommeil Para Doxal

TFR : Transformée De Fourier Rapide (Fast Fourier Transform FFT).

TPZ Taux De Passage Par Zéro

TRS Troubles Respirations Du Sommeil

VAD Voice Activity Détection (Détection D'activité Vocale).

- **Symboles**

$\lambda$  Longueur D'onde

$c$  Vitesse De Propagation Du Son

$f$  Fréquence

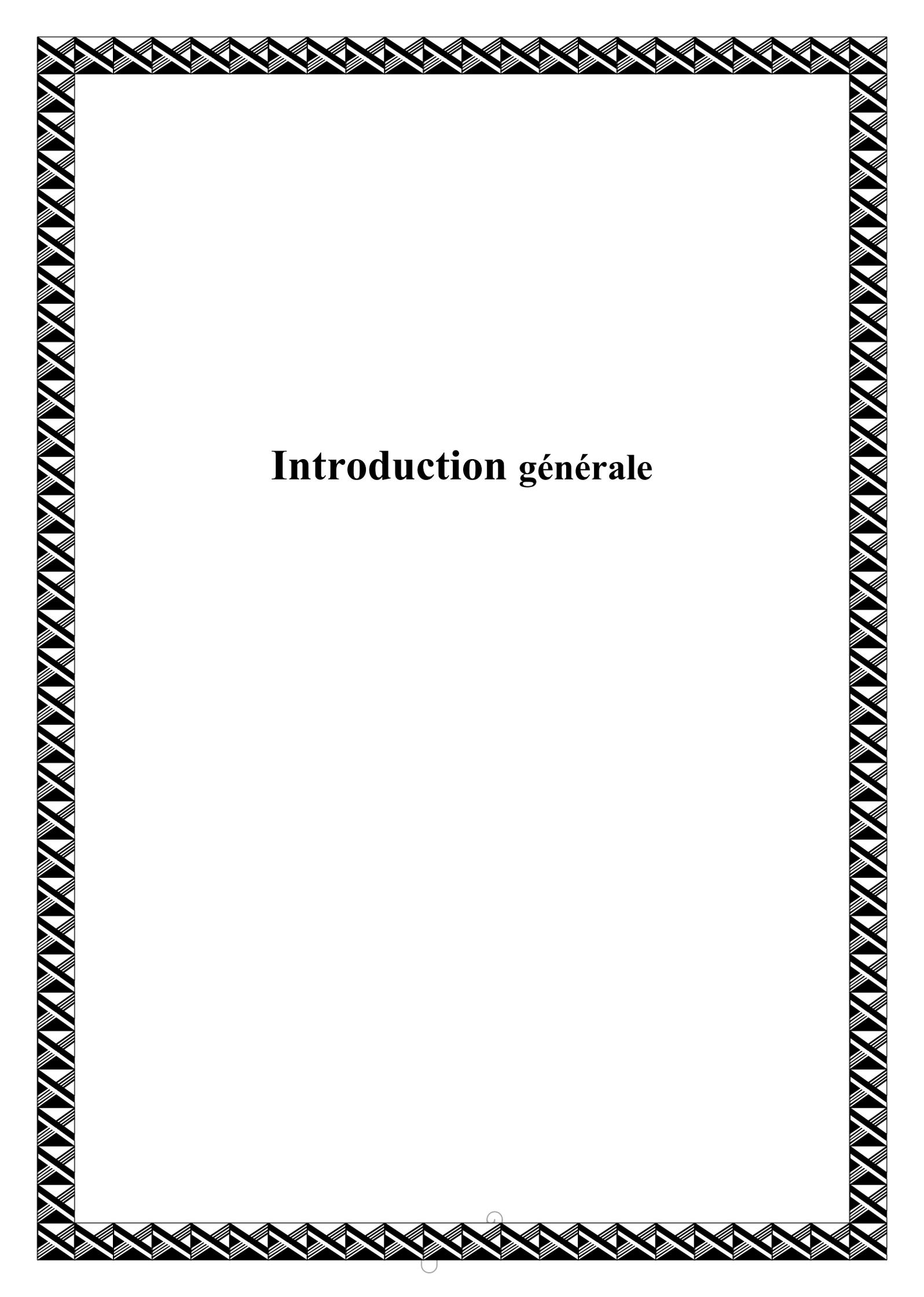
$E$  L énergie

$P_x$  Densité de probabilité

$\mu_x$  Valeur Moyenne

$\delta_x$  La variance

$\xi$  Epsilon



# **Introduction générale**

## Introduction Générale

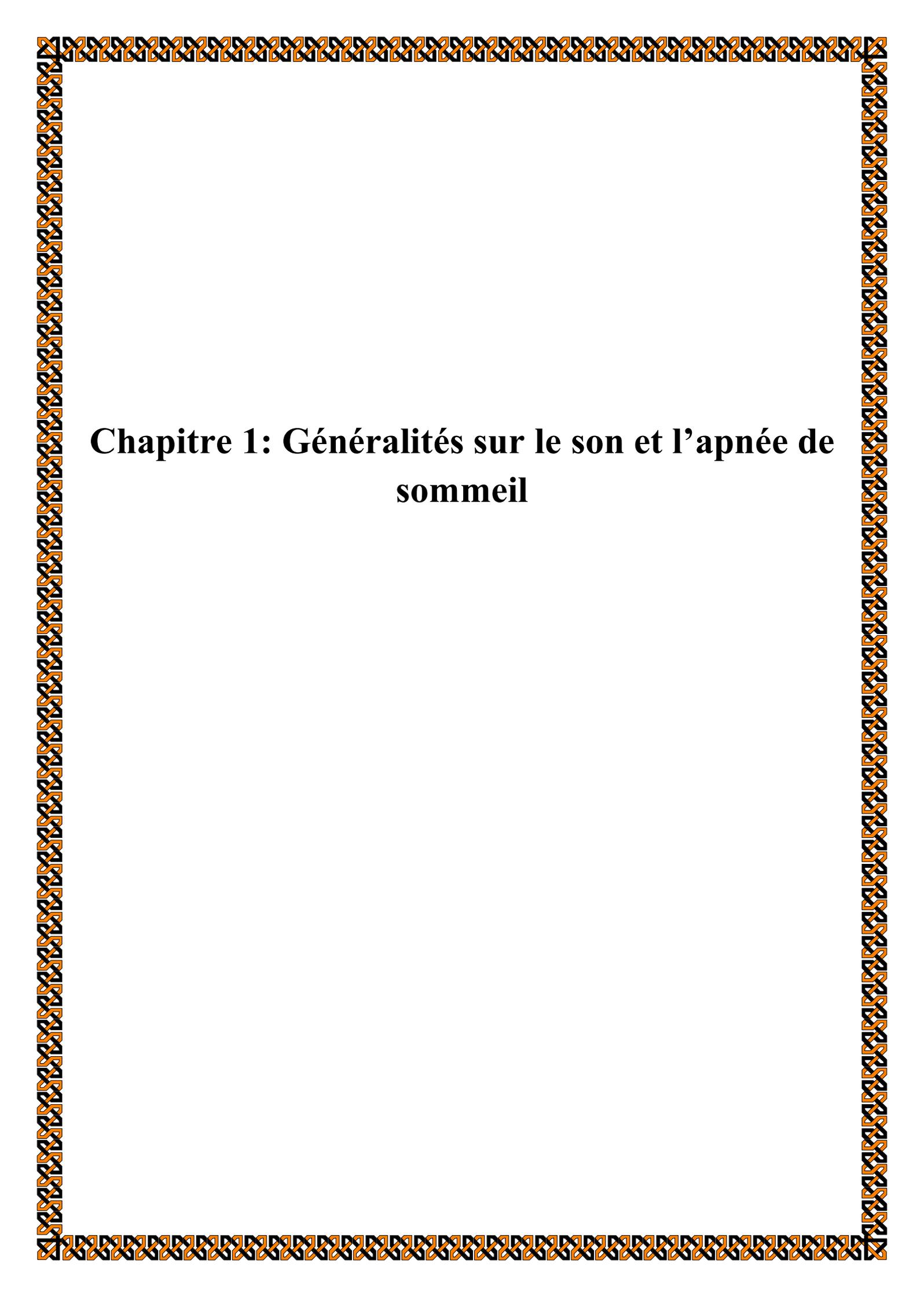
Le sommeil est un état d'éveil inversé et se caractérise par une perte temporaire de conscience du monde extérieur mais sans perte de sensibilité sensorielle, comme dans le coma. Il joue un rôle clé dans la vie des organismes vivants, le rôle exact du sommeil est encore inconnu. L'apnée du sommeil est une maladie courante qui affecte de nombreuses personnes dans le monde. Ce syndrome est caractérisé par des barrières aux voies respiratoires supérieures fréquentes pendant le sommeil (jusqu'à > 50 ou 100 fois par heure de sommeil). Ces obstructions génèrent une suffocation fréquente qui réveille constamment le patient et modifie la qualité de son sommeil. L'apnée du sommeil provoque également des symptômes pendant la journée, tels qu'apnée et suffocation, sommeil perturbé, sommeil intermittent dû à un éveil partiel et ronflement. Au fil du temps, le ronflement peut devenir compliqué [1].

Dans le domaine de l'étude du signal, nous pouvons prendre le ronflement comme un signal complexe, Le traitement du signal est un domaine qui étudie et développe des techniques d'analyse et d'interprétation. Ce domaine est considéré comme très large à travers lequel différents sons et signaux sont traités quel que soit leur type. Puisque le ronflement est un signal aléatoire, nous pouvons étudier et extraire différentes caractéristiques de différentes manières. A travers ce travail on vise l'analyse d'un signal de ronflement qui est un cas spécial du son pour but de détection d'apnée pendant le sommeil.

Le manuscrit contient trois chapitres :

- Le premier chapitre donne des généralités sur le sommeil, le ronflement et l'apnée de sommeil, nous avons parlé sur le son et ses propres caractéristiques.
- Dans le deuxième chapitre, nous allons parler du signal de ronflement, les caractéristiques d'un signal sonore, l'analyse de ronflement et les différentes méthodes de détection d'apnée.
- Dans le troisième chapitre, nous allons programmer deux méthodes sur MATLAB, et discuter par la suite des résultats obtenus.

Le manuscrit sera finalisé par une conclusion générale, ainsi que les perspectives de ce travail



# **Chapitre 1: Généralités sur le son et l'apnée de sommeil**

# Chapitre 1: Généralités sur le son et l'apnée de sommeil

---

## 1.1 Introduction

La respiration est une condition naturelle que l'on retrouve dans tous les êtres vivants sur terre. La respiration est très importante pour la vie humaine, car l'air est inhalé dans les poumons par la bouche ou le nez à la suite d'une contraction musculaire, puis expiré en raison d'une relaxation musculaire, parfois les humains sont confrontés à de nombreux problèmes pendant le sommeil, y compris l'apnée du sommeil et est un trouble grave dans lequel la respiration est répétée et suffisamment longue pour gâcher le sommeil, entraînant souvent une diminution temporaire du les patients souffrant d'apnée se plaignent souvent d'épisodes de suffocation pendant le sommeil, entraînant un fort( ronflement) [2].

Le son est un signal sonore complexe, le traitement du son est une branche de traitement du signal numérique qui s'applique sur les signaux du son à but pour améliorer la qualité du son aussi la qualité du signal.

Dans ce chapitre, nous allons essayer de donner une idée générale sur le sommeil, le ronflement, les apnées de sommeil, et de discuter sur le son et comment le étudier.

## 1.2 Sommeil

### 1.2.1 Définition

Le sommeil est un phénomène naturel auquel tous les animaux sont confrontés. Un tiers de la vie humaine se produit dans le sommeil et l'alimentation Il est défini comme un état physiologique périodique dans lequel l'individu est dans un état suspendu et répond à une stimulation sensorielle externe et à une diminution du métabolisme. Le sommeil est le déclin de l'état de conscience du corps, qui sépare les deux phases d'éveil. Pendant le sommeil, la vigilance diminue et les muscles diminuent. Le sommeil est continu 3 à 6 cycles, chaque cycle dure 60 à 120 minutes [3].

### 1.2.2 Les différents types de sommeil

Il existe deux types de sommeil : le sommeil lent et le sommeil paradoxal.

#### 1.2.2.1 Le sommeil lent (SL) :

Dans ce cycle, le sommeil lent dure 60 à 75 minutes. Après un travail acharné, il peut restaurer l'intégrité du corps en ralentissant de nombreuses fonctions énergivores (température, cœur, rythme respiratoire, etc.) De plus, il favorise la consolidation et la croissance de l'organisme en sécrétant de l'hormone de croissance [4,5].

## 1.2.2.2 Le sommeil paradoxal (SP) :

Le sommeil paradoxal dure 15 à 20 minutes dans le cycle. C'est à ce stade que les informations inutiles sont réinitialisées et l'activation de la mémoire procédurale est l'activation du raisonnement et des connaissances professionnelles. Activité Le cerveau est très important pour détendre les muscles au maximum [4,5].

On propose un rôle de sommeil tel que :

- la performance physique et intellectuelle
- vigilance
- consolidation de la mémoire
- restauration et de conservation de l'énergie

## 1.2.3 Les troubles respiratoires du sommeil

Les troubles respiratoires du sommeil (TRS) se caractérisent par une apnée, une respiration anormale et une ventilation inadéquate du sommeil.

### 1.2.3.1 L'apnée

Une apnée est un arrêt respiratoire. Fil du temps, une Complications de la maladie, prise de poids, sommeil en décubitus dorsal, ronflement Les apnées peuvent devenir compliquées : apnée du sommeil. Lorsque le pharynx est complètement bloqué, il ne peut y avoir d'écoulement, c'est ce qu'on appelle l'apnée. L'apnée du sommeil est un type d'apnée qui survient de façon sporadique et dure moins de quelques secondes. Sa définition est d'arrêter la ventilation 10 à 30 secondes ou plus [6] (pour les nourrissons et les jeunes enfants, arrêtez Supérieur ou égal à 5 secondes). Cette durée est arbitraire. Forte possibilité d'apnée S'ils font chuter la saturation et/ou Terminez par l'Éveil [7].

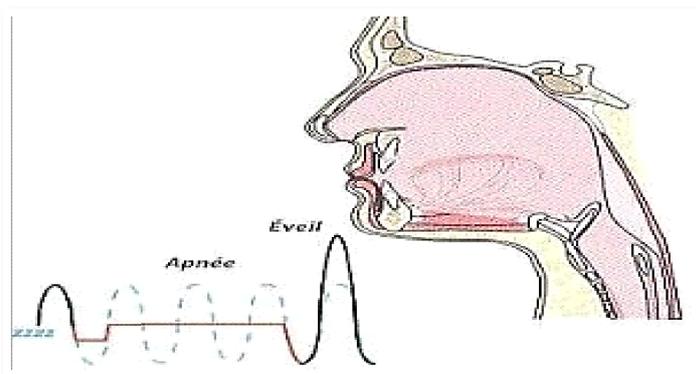


Figure 1.1 : Schéma d'une respiration avec apnée [7].

## 1.2.3.2 Ronflement

Le ronflement est un son qui résulte de la relaxation des muscles de la gorge arrière, du voile du palais, des éléphants et de la langue pendant un sommeil profond. Ce son se produit souvent lors de l'inhalation d'air, avec environ 60% des hommes atteignant l'âge de 35 ans et 40% des femmes âgées de 41 à 65 ans. Selon l'individu, le ronflement peut être transitoire, intermittent ou régulier. Quelques personnes ronflent un peu, mais le ronflement est généralement clair et peut parfois même être entendu dans une autre pièce. Le ronflement ne dérange généralement que les autres personnes qui partagent la chambre ou le lit d'une personne, surtout lorsqu'elles veulent aussi dormir. Les gens qui ronflent se rendent rarement compte qu'ils ronflent à moins que quelqu'un ne leur dise que certaines personnes peuvent entendre des ronflements quand elles se réveillent [8].

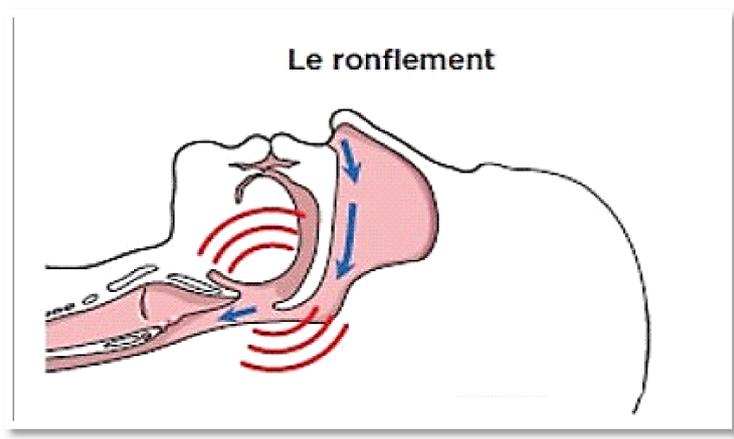


Figure1.2 : Schéma Ronflement [10].

## 1.2.3.3 L'hypopnée

L'hypopnée est généralement définie comme une diminution de la capacité respiratoire et ses caractéristiques techniques sont une baisse de 10 à 50 % de la capacité respiratoire pendant le sommeil et une baisse de la saturation (oxygène dans le sang) d'environ 3 à 4 %. L'hypopnée se caractérise par une diminution du débit respiratoire plutôt que par un arrêt complet. Après l'inhalation, le débit d'air sera considérablement réduit pendant au moins 10 secondes, ce qui obligera une personne à refuser de laisser entrer de l'air dans les poumons [9]

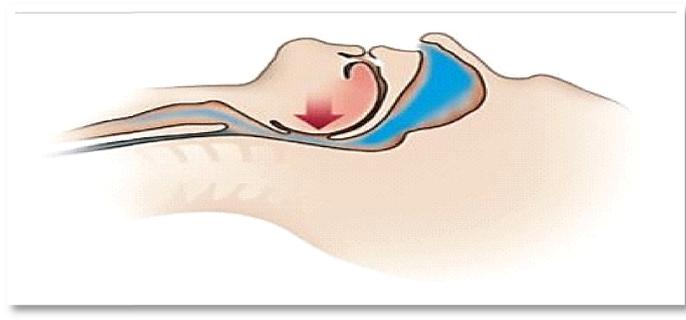


Figure 1.3: Schéma d'hyperpnée [11].

## 1.3 L'apnée du sommeil

L'apnée du sommeil est une série d'interruptions ou de diminutions du flux d'air dans le système respiratoire pendant le sommeil pendant au moins 10 secondes. Le mécanisme de l'apnée du sommeil est de détendre les muscles pharyngés et de préverner la trachée pendant le sommeil. Cela entrave le flux d'air vers le système respiratoire, provoquant une augmentation de la tension respiratoire, activant le système nerveux sympathique pour provoquer une vigilance et une récupération prudente. La reprise de la respiration nécessite des réveils précis perturbant le sommeil [8].

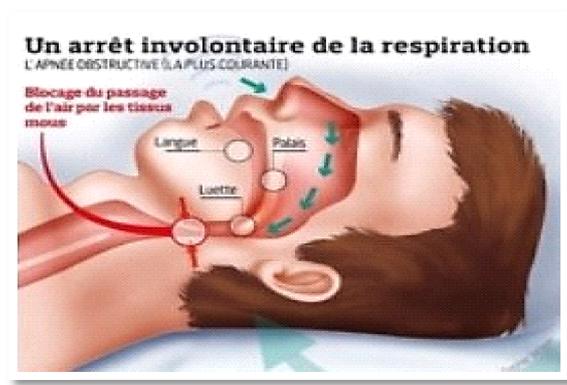


Figure 1.4: Schéma d'Apnée du sommeil [8].

### 1.3.1 Les différents types d'apnée du sommeil

- Les apnées du sommeil obstructives

La respiration obstructive est Fermeture complète ou partielle des voies respiratoires supérieures qui provoquant l'interruption de la respiration.

- **Les apnées du sommeil centrales**

Au cours d'une apnée centrale aucun effort pour respirer ne se manifeste et aucun Volume d'air ne passe par les poumons [12].

- **Les apnées du sommeil mixtes**

On dit que l'apnée est mixte quand il y a à la fois des apnées obstructives et des apnées centrales [12].

### 1.3.2 Les diagnostique d'apnée du sommeil

Pendant le sommeil le corps humain dure un certain temps pour le repos, dans ce temps il y a des moments se produit une apnée du sommeil qui entraîne des symptômes, on cite des signes sont plus ou moins ressentis selon les personnes

- ronflement
- arrêt de respiration
- sensation d'étouffer
- sommeil agité
- sommeil coupé par micro réveils

### 1.3.3 Les sources d'origine d'apnée du sommeil

L'apnée du sommeil a une très forte prédominance masculine (de l'ordre de 90%) mais la proportion de femmes augmente après l'âge de la ménopause. L'existence d'un SAS chez une femme, surtout avant la ménopause, impose la recherche de facteurs favorisant soit morphologique, soit endocrinien [13].

#### 1.3.3.1 Age

L'index d'apnée augmente avec l'âge. L'apnée du sommeil survient plus souvent après 50 ans ; il ne faut cependant pas ignorer la possibilité des SAS chez l'enfant [14].

#### 1.3.3.2 Excès de poids

La grande fréquence des obèses parmi les malades atteints d'apnée du sommeil est une notion classique. C'est surtout l'obésité androïde qui est associée au risque [13].

### 1.3.3.3 Alcool

La consommation d'alcool affecte négativement sur le corps humain. On peut envisager une action inhibitrice au niveau central mais également un effet direct sur les muscles dilatateurs du pharynx [15].

### 1.3.3.4 Tabac

On retrouve une fréquence significativement plus élevée des SAS chez les fumeurs, même si aucune explication claire n'est établie [16].

### 1.3.3.5 Médicaments

De nombreux médicaments favorisent ou aggravent le Syndrome d'Apnées du Sommeil. Ce sont principalement les Benzodiazépines et les dérivés Morphiniques [23].

### 1.3.3.6 L'obésité

L'obésité résulte de la consommation de plus de substances caloriques que le corps n'en dépense sur le long terme, ce qui conduit à une augmentation de la graisse corporelle et à un « gain de poids par rapport à une certaine position ». (L'excès de poids) est une source de certaines maladies, mais il peut être un facteur d'aggravation de la maladie, tandis que l'obésité, qui reflète notamment le risque accru de développer un diabète de type 2 et des maladies cardiovasculaires type 3 [14].

### 1.3.3.7 La forme de la langue

La forme de la langue révèle l'état de santé de l'être humain et par la forme de la langue, l'état de santé du corps peut être vérifié. Habituellement, la langue révèle les secrets de santé d'une personne, et les médecins et les spécialistes s'en remettent à elle pour détecter certaines maladies. Si la langue est longue, il est parfois difficile pour une personne de respirer et cela peut provoquer une interruption de la respiration pendant le sommeil [13].

### 1.3.3.8 Le déplacement de la cloison nasale

La déviation septale est une déformation de la paroi interne du nez vers la gauche ou la droite. Cela peut impliquer le cartilage, les os du nez ou les deux. Favorise l'apparition de sinusite, de rhinite et de ronflement, qui est un facteur d'apnée [18].

## 1.4 La parole

### 1.4.1 Définition

La parole est certainement le moyen de communication directe entre humains qui est le plus sophistiqué. Les subtiles variations du langage sont capables de susciter chez l'auditeur non seulement une palette forte variée d'émotions et de sentiments, mais aussi une attention complète de son cerveau [19], et cela donne naissance à plusieurs travaux de recherche dont l'objectif est la conception de système permettant de reconnaître la séquence des mots parlés [20]. La production et la reconnaissance de la parole est montrée par la figure 1.5

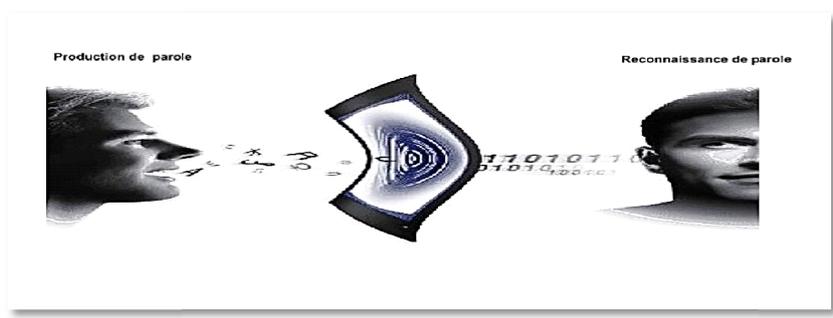


Figure 1.5: Production et reconnaissance de la parole [20].

### 1.4.2 Systèmes de reconnaissance de la parole

Le traitement de la parole est une discipline technologique dont l'objectif est la captation, la transmission, l'identification et la synthèse de la parole. Le traitement de la parole fait l'objet de recherches dans tous les laboratoires des grands opérateurs de télécommunications, ouvrent depuis leurs premières années d'existence. Les travaux se sont intensifiés avec l'apparition du traitement numérique du signal [21]. Qui est représenté par la figure suivante.

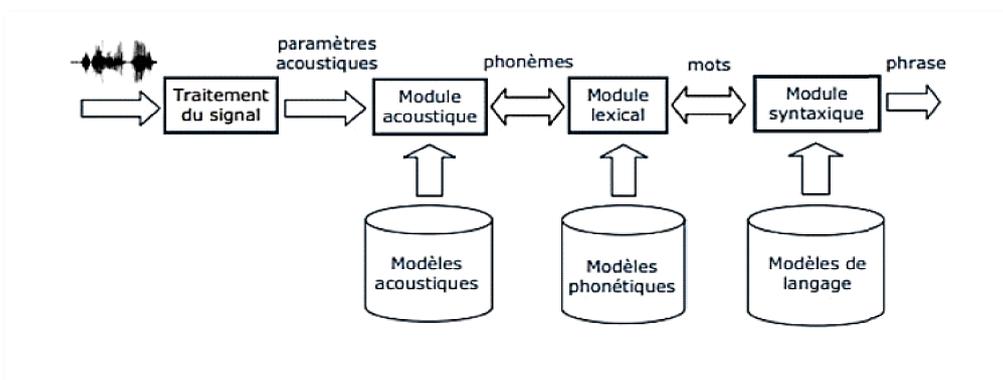


Figure 1.6 : Principe de la reconnaissance de la parole [20].

## 1.5 Le son

On définira le son tout événement peut être perçu par nos oreilles. Le son est une fréquence automatique et un changement rapide de pression causé par les ondulations causées par la vibration d'un objet. Car la vibration passe à travers un milieu flexible, liquide, solide ou gazeux à une fréquence d'environ 20 à 2 000 Hz, cette zone permet de l'oreille humaine pour entendre ces ondes sonores [13].

### 1.5.1 Son analogique

Lorsque le son est capté à partir du microphone, il convertit l'énergie mécanique (pression d'air exercée sur sa membrane) en une différence de tension électrique directe, Ce signal électrique dit « analogique » [23]. Le son analogique a été le premier moyen d'enregistrer des ondes sonores.

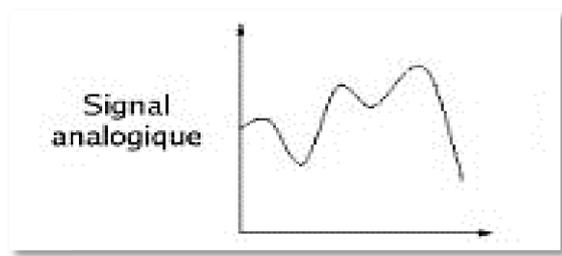


Figure 1.7 : Signal analogique [23]

### 1.5.2 Son numérique

Le son numérique est une copie de signal sonore, lorsque ce même signal électrique est capturé à partir du microphone, il est converti en une série de nombres, appelée numérisation du signal [23].

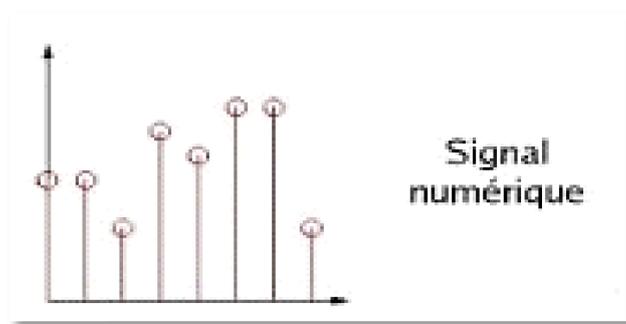


Figure 1.8 : Signal numérique [23].

## 1.5.3 Traitement du son

Pour passer de l'analogique au numérique, il faut passer par trois étapes:

- **Échantillonnage**

Échantillonner un signal audio analogique revient à prélever ses valeurs de tension électrique un certain nombre de fois par seconde. C'est la condition d'échantillonnage de Shannon pour éviter des choucements dans notre signal [23] :

$f_e > 2f_{max}$ .

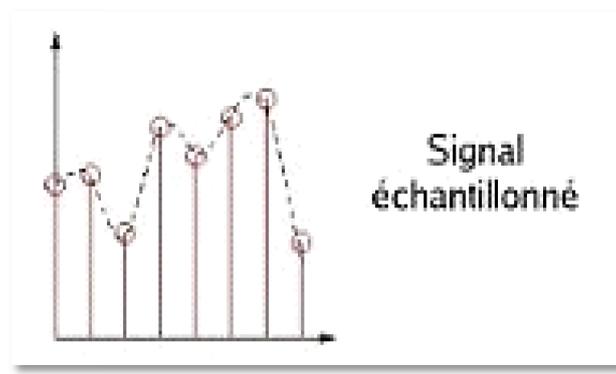


Figure 1.9 : Signal échantillonné [23].

- **Quantification**

Quantifier un signal consiste à placer les amplitudes des échantillons sur une échelle de valeurs à intervalles fixes [23].

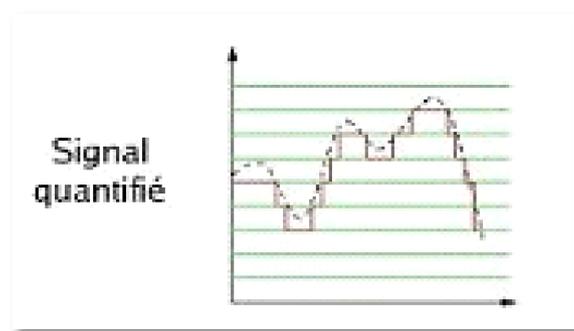


Figure 1.10 : Signal quantifié [23].

- **Le codage**

Le codage désigne le type de correspondance que l'on souhaite établir entre chaque valeur du signal analogique et le nombre binaire qui représentera cette valeur [6].

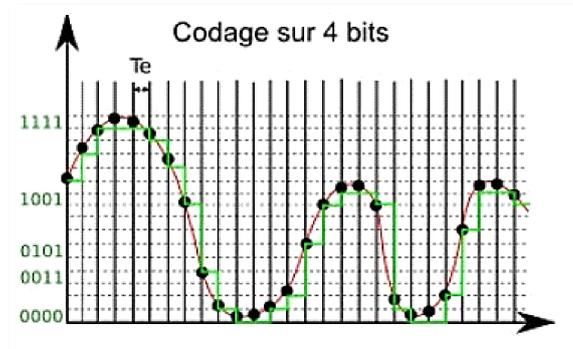


Figure 1.11 : Signal codé [23].

## 1.5.4 Classification des sons

On peut classer le son en deux parties :

### 1.5.4.1 Son voisé

Ce son se produit par le passage de l'air de poumons à partir des trachées qui produit des vibrations des cordes vocales [24]

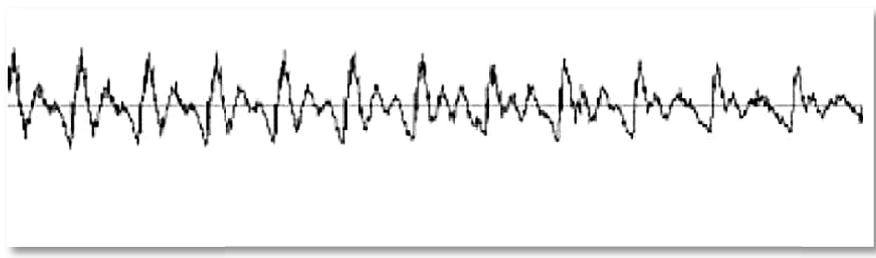


Figure 1.12: Exemple de son voisé [24].

### 1.5.4.2 Son non voisé

Pour cette partie le son se passe à haute vitesse, les cordes vocales ne vibrent pas pour certaines consonnes [24].



Figure 1.13 : Exemple de son non voisé [24].

## 1.5.5 Caractéristique du son

Comme tout phénomène vibratoire, le son peut être analysé comme un signal qui varie dans le temps. On peut citer quelques caractéristiques tel que :

### 1.5.5.1 L'amplitude

L'amplitude est la première caractéristique du son, également appelée intensité ou volume, c'est l'expression de la pression atmosphérique, mesurée en décibels. 0 dB est la valeur minimale que l'oreille humaine peut percevoir (seuil d'audibilité). [25].

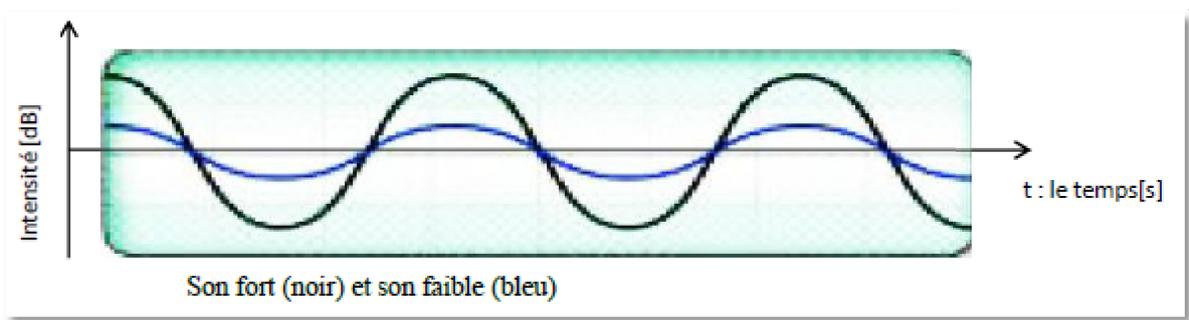


Figure 1.14 : L'évolution de l'amplitude sonore dans le temps [25].

### 1.5.5.2 Fréquence

La fréquence est le nombre de cycles par seconde, elle est exprimée en hertz (Hz), Les aides auditives des personnes normales peuvent percevoir le bruit de 20 Hz à 20 000 Hz (sons graves de 20 à 200 Hz, médium : 200 à 2000 Hz et sons aigus de 2000 à 20 000 Hz) [26].

### 1.5.5.3 Longueur d'onde

Est la distance qui sépare deux pics de compression ou de détente [27].

$$\lambda = \frac{c}{f} \quad (1.1)$$

$\lambda$  : Longueur d'onde

$c$  : Vitesse de propagation du son

$f$  : Fréquence

# Chapitre 1: Généralités sur le son et apnée de sommeil

---

Dans le cas des hautes fréquences, la longueur d'onde est très faible. Ils sont importants dans le cas des basses fréquences. Le temps nécessaire pour terminer un cycle est appelé période  $T$ . On peut donc dire : plus l'amplitude est élevée, plus le son est fort. Plus la longueur d'onde est élevée, plus le son est faible. Plus la fréquence est élevée, plus le son est fort. Longueur d'onde à 20 Hz = 17 m et à 20 000 Hz = 1,7 cm (dans l'air).

## 1.5.5.4 Propagation du son

Le son s'étend en une ligne à partir de la source d'émission [21], c'est-à-dire de son point d'émission sous la formation d'une onde sphérique à une vitesse de 340 m/s. Ce n'est pas l'air qui se propage, mais juste l'onde sonore, en plus [27].

## 1.6 Traitement du signal sonore

### 1.6.1 Traitement

Une série ou un ensemble de processus mécaniques ou chimiques et d'étapes (quelque chose) pour passer d'un modèle à un autre ou le maintenir.

### 1.6.2 Signal sonore

Le signal sonore est la vibration physique de l'onde sonore qui se rapproche, car il s'agit d'un signal unidimensionnel (onde unidirectionnelle) capté et analysé par l'oreille et le cerveau [28]. Il doit être converti en un signal électrique par un microphone [29].

### 1.6.3 La compression du signal sonore

Pour cette partie la compression consister à réduire la taille des données :

#### 1.6.3.1 Compression sans perte

Aussi appelée « compression », cette solution consiste uniquement à compresser les données mais à conserver les mêmes informations. Par conséquent, toutes les informations peuvent être trouvées après le processus de décompression [23]. Ce type de compression est non destructif [30].

#### 1.6.3.2 Compression avec perte

Principalement liés aux fichiers multimédias (images, sons, vidéo), qui incluent la "réduction" d'informations en fonction de nos propres limitations perceptives. Parce que la quantité de données peut être réduite, le résultat ressemble beaucoup à l'original ou même le même à l'oreille humaine [23]. Cette compression est destructrice [30].

## 1.6.4 Les algorithmes de compression

Un algorithme est un ensemble de processus utilisés pour résoudre un problème. Pendant la compression, l'algorithme réduit la taille du fichier en fonction de nombreuses restrictions déterminées par le programmeur. Lors de l'étape de compression, un algorithme spécifique collecté sous le terme général « Codec » sera utilisé.

Dans le cas de la compression le codeur sera pour effectuer une réduction du poids des données.

Le décodeur contient un algorithme destiné à décoder l'information [23].

## 1.6.5 Le taux de compression

Le taux de compression peut être exprimé comme suit : - Ou comme le rapport entre le volume de données initial et le volume de données réduit. Si le volume de données après réduction est le double de l'original (par exemple, de 10 Mo à 5 Mo), nous l'écrivons sous la forme d'un rapport (**2:1**) ; ou le pourcentage du volume réduit par rapport au volume initial. Si la quantité de données après compression est deux fois plus faible, nous l'écrivons sous la forme d'un ratio de 50 %. Il existe également deux types de compression : la compression « destructive » et la compression « non destructive » [23].

## 1.6.6 Les formats de fichier

Il existe plusieurs formats pour les fichiers compressés et non compressés [23] :

### 1.6.6.1 Principaux formats de fichier non compressés

- **WAVE** : le format Wave PCM est le format son standard de Windows. Il est limité à un poids de 2Go. Le format "Disque compact" 44.1 kHz, 16 bits et stéréo nous servira de référence pour le calcul du poids et ratio des autres formats.
- **AIFF** : format de stockage des sons sur les ordinateurs Macintosh d'Apple. C'est l'équivalent du format WAV dans le monde Macintosh. Les résolutions de 8, 16, 20, 24 et 32 bits (à virgule flottante) sont acceptées.
- **AU** : Le format AU est assez bien répandu grâce à Unix et Linux. La fréquence d'échantillonnage est comprise entre 1 kHz et 200 kHz. Mais les applications de rendu audio ne lisent principalement que trois fréquences d'échantillonnage : 8012.821Hz (codec entré), 22050Hz et 44100Hz.

## 1.6.6.2 Principaux formats de fichier compressés

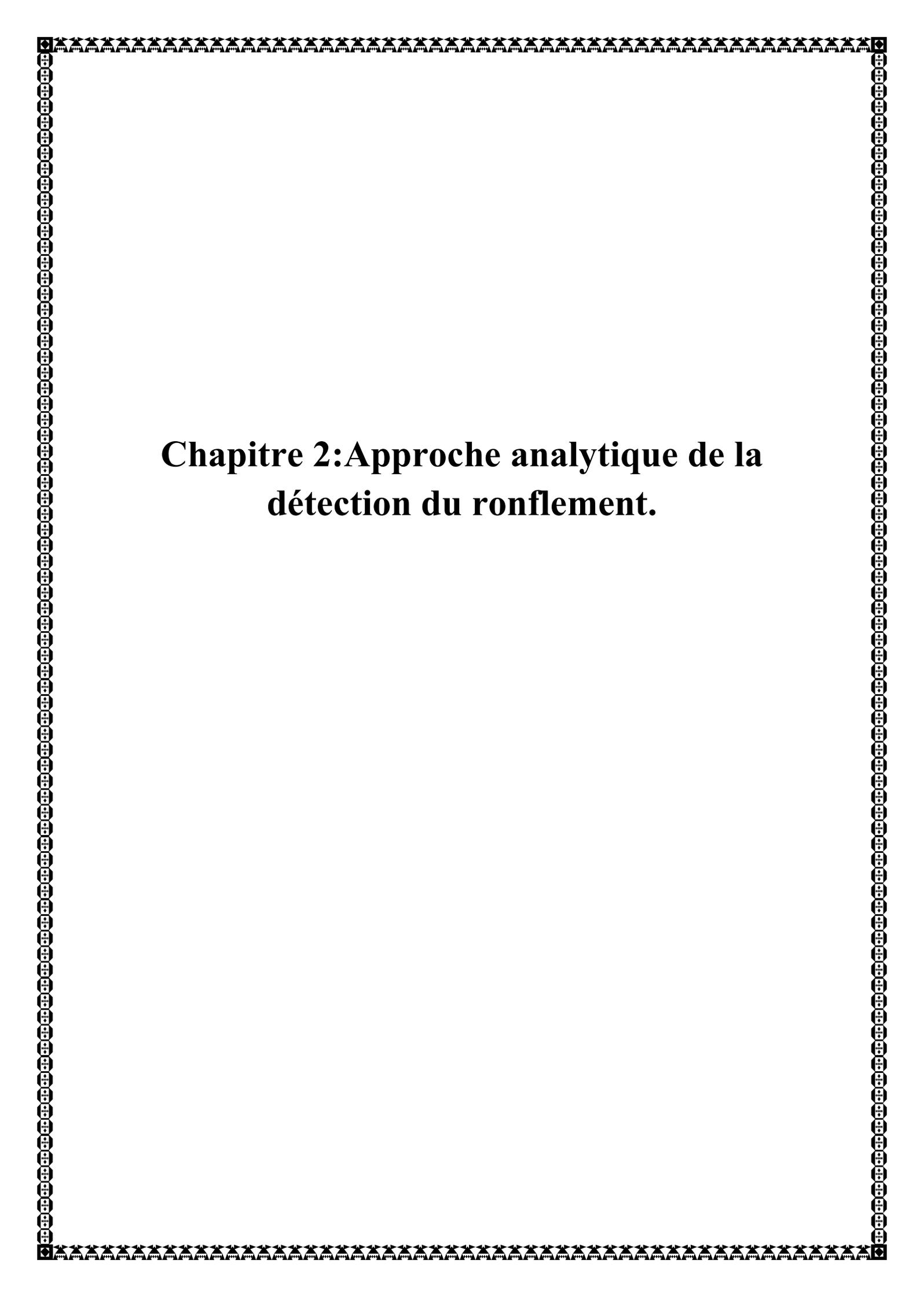
- **MP3** : format de compression très populaire permettant d'occuper quatre à douze fois moins d'espace de donné. La compression au format MP3 exploite aussi un modèle psychoacoustique de l'effet dit de « masque » : si deux fréquences d'intensités différentes sont présentes en même temps, l'une peut être moins perçue que l'autre par l'oreille, selon que ces deux fréquences sont proches ou non.
- **AAC** : c'est le format des fichiers audio supportés par Apple au sein de son baladeur numérique iPod et de son logiciel iTunes. L'AAC est un format de compression audio standardisé par l'ISO basé sur les normes du MPEG-4, d'où son nom MP4. Les fréquences d'échantillonnage vont de 8 kHz à 96 kHz (MP3 officiel : 16 à 48 kHz) et il peut gérer jusque 48 canaux.
- **WMA** : format de compression audio propriétaire développé par Microsoft. Il offre la possibilité de protéger dès l'encodage les fichiers de sortie contre la copie illégale par une technique nommée gestion numérique des droits (ou GND).
- **OGG Vorbis (ou OGA)**: formats et codecs multimédias ouverts, libres et dégagés de tout brevet. Le format de compression audio « Vorbis » est proposé par la fondation Xiph.Org. Moins populaire que le MP3, il lui est pourtant supérieur en termes de qualité à poids égal.
- **RA**: .RA (real audio), .RV (real video), .rm (real media), .ram (real audio metadata). Famille de codecs audio propriétaires (RealNetworks). Très ancien, il permet de diffuser de la musique sur internet en utilisant la technique du streaming.

## 1.7 Conclusion

Ce chapitre a introduit les différentes notions de sommeil. Tout d'abord, nous avons défini le sommeil, ses types et les principales fonctions du sommeil, le ronflement, l'apnée de sommeil aussi nous avons eu recours aux troubles respiratoires du sommeil, avec l'identification des symptômes qui l'accompagnent.

A la fin de ce chapitre, on a essayé d'expliquer en général les spécificités concernant le traitement du signal sonore tout en définissant --tout d'abord- ce signal (type audible c'est à dire sonore) et en donnant aussi ses formats et les différentes façons de sa compression.

Maintenant qu'on a pu introduire en général le signal sonore et son traitement, nous allons présenter dans le chapitre suivant le but de ce traitement qui est l'extraction des caractéristiques, pas toutes les caractéristiques mais uniquement celles que nous allons les utiliser comme méthodes de détection de l'apnée du sommeil.



## **Chapitre 2: Approche analytique de la détection du ronflement.**

### 2.1 Introduction

De nombreuses méthodes ont été utilisées pour développer des processus d'analyse phonologique tels que la parole, le ronflement et d'autres basés sur des algorithmes de traitement du signal.

L'étude du signal sonore permet d'obtenir et d'analyser beaucoup d'informations (considérant qu'il s'agit d'un signal aléatoire de grande variance et répétition, Continu, d'énergie limitée, non constante) et ceci est destiné à permettre une extraction assez précise des paramètres acoustiques qui caractérisent ce signal.

Avec le développement d'outils de traitement du signal, il est devenu possible d'étudier des signaux complexes et irréguliers tels que le ronflement irrégulier avec diverses techniques parmi elles (Autocorrélation, FFT, le seuillage d'énergie de signal et la détection d'activité vocale) [31]. Le but de ces méthodes est d'étudier le signal du ronflement et d'essayer de détecter les temps d'apnée.

Dans ce chapitre on va donner une idée générale sur les caractéristiques de signal de ronflement et quelques propriétés statistiques, on va présenter quelques méthodes qui peuvent détecter l'apnée avec des petites notions complémentaires de ces techniques.

### 2.2 Traitement numérique du signal de ronflement

Les signaux de ronflement sont des signaux silencieux liés aux vibrations des voies respiratoires supérieures pendant le sommeil [32]. Le traitement du ronflement est une science de traitement du signal numérique à plusieurs axes, définis par l'organigramme suivant :

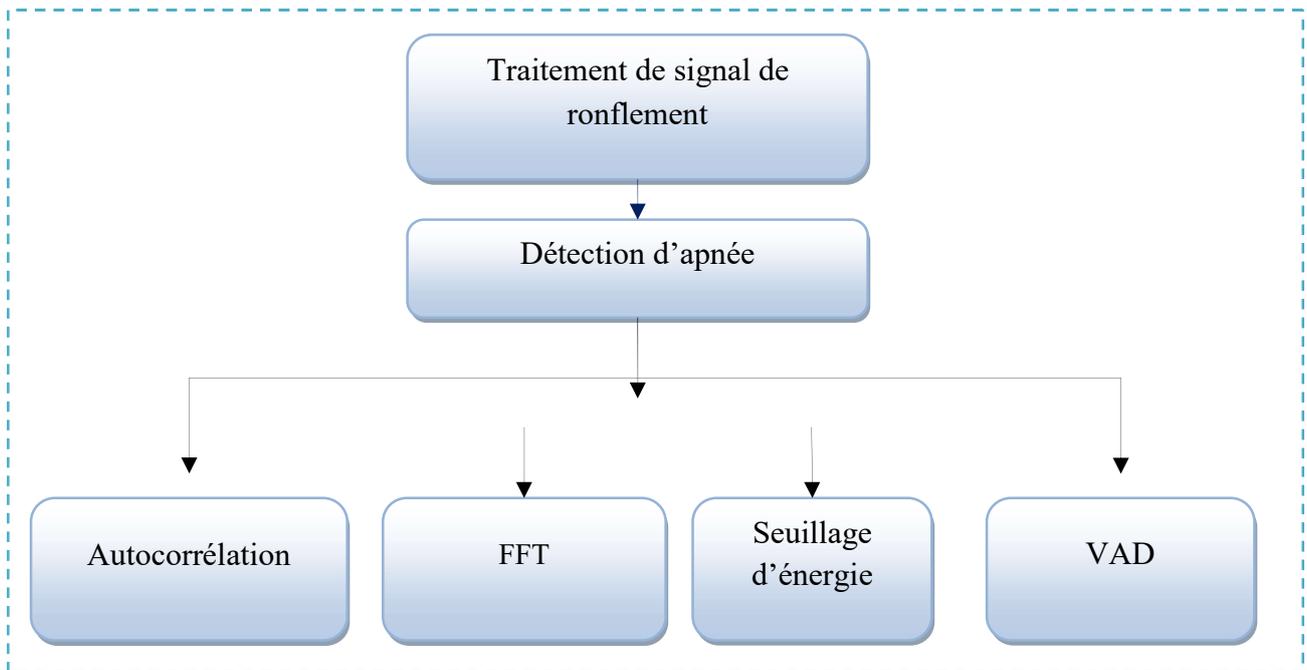


Figure 2.1 : Traitement numérique de signal de ronflement.

### 2.2.1 Analyse du son de ronflement

Comme le ronflement est considéré comme un son gênant, il est libéré du nez et de la gorge pendant le sommeil.

Ces sons sont analysés de différentes manières pour améliorer le son du ronflement afin d'extraire certaines informations en mesurant le volume, l'énergie acoustique et le taux de passage à zéro pour identifier le ronflement de manière plus objective et automatique et l'utiliser dans une étude particulière. Nous allons sélectionner et traiter les signaux de ronflement pour connaître leurs informations [33].

### 2.2.2 Caractéristiques du signal de ronflement

Chaque signal a ses propres caractéristiques et pour le signal de ronflement ses caractéristiques sont:

#### 2.2.2.1 Fréquence:

La fréquence de ronflement lie automatiquement avec l'augmentation de son du ronflement. Le ronflement normal atteint généralement 100-300 Hertz, contrairement au ronflement osa qui dépasse parfois 1000 Hertz. Les types de ronflement ont été identifiés en quatre types et sont les suivants [34]:

- Type 1 : Ronflement à basse fréquence et à T-CT unique
- Type -2: Son double fréquence basse et moyenne fréquence
- Type 3: Son double haut et moyenne fréquence
- Type 4 : Sons triples haute fréquence, inférieurs et moyens

### 2.2.2.2 Durée :

Le côté temps du son représente la durée, c'est-à-dire l'intervalle de temps nécessaire pour envoyer un signal [35]. Habituellement, la durée correspond à la durée du son [36], exprimée en secondes. La durée du ronflement varie d'une personne à l'autre.

### 2.2.2.3 Amplitude :

Est La variation de pression maximale atteinte par rapport à une pression de référence. Elle se calcule comme le rapport entre le niveau de pression acoustique mesuré (P), et le niveau de pression acoustique de référence (Po), le niveau de pression de référence correspond approximativement au seuil de perception de l'oreille humaine [37].

### 2.2.2.4 Intensité :

Pendant le ronflement, le sujet a une sensation sonore différente émise selon qu'il est bruyant et faible ou moyen. Cela vient de la puissance de l'onde sonore émise [38]. L'intensité se mesure en décibels (dB), donc elle correspond à l'amplitude [39]. Le ronflement moyen peut atteindre 45 à 60 décibels, ou bien les plus intenses peuvent atteindre 95.

L'intensité d'un son, appelée aussi volume, permet de distinguer un son fort d'un son faible. Elle correspond à l'amplitude de l'onde acoustique. Pour le son, onde de Compression, cette grandeur est la pression.

### 2.2.2.5 L'énergie

Après la numérisation, en particulier la phase de quantification, le paramètre évident de la caractérisation du signal obtenu est l'énergie [39]. Celle-ci est représentée par l'intensité du son qui est associée à la pression de l'air en amont du larynx. La capacité du signal de ronflement varie au fil du temps en fonction du type de son, et son énergie est donnée dans une trame [40] par :

$$E = \sum_{n=0}^{N-1} S(n)^2 \quad (2.1)$$

Avec N : la taille de la trame.

### 2.2.2.6 Spectre

Il s'agit d'un graphique qui représente la fréquence de l'intensité sonore spécifique où l'amplitude et les fréquences de tous les éléments sismiques du spectre affichent chaque composante et sont généralement obtenues par une analyse de Fourier [40].

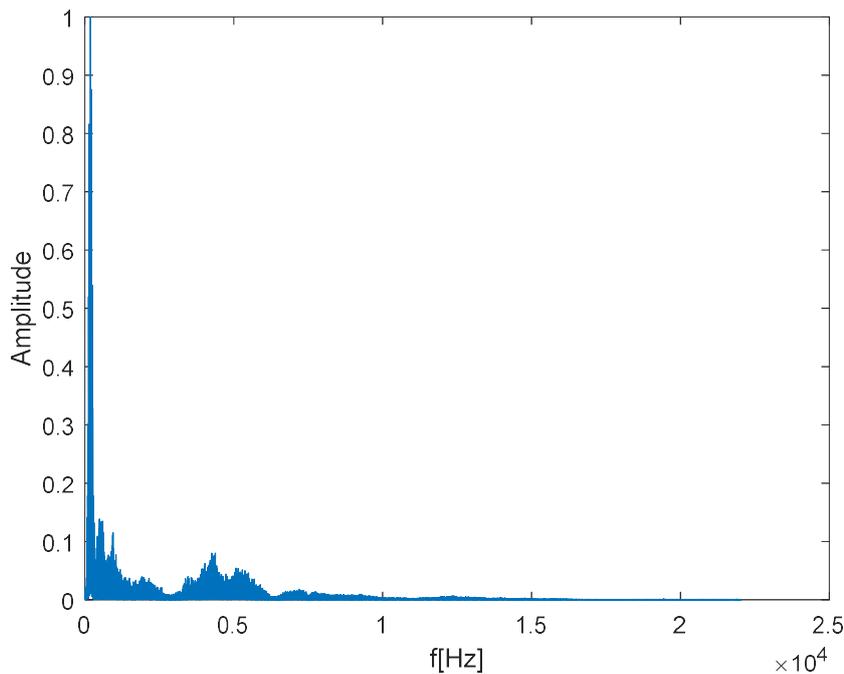


Figure 2.2 : Spectre d'un signal par la transformation de Fourier.

### 2.2.3 Analyse des caractéristiques du signal de ronflement

L'analyse des champs temporels et fréquentiels révèle de nombreuses caractéristiques acoustiques qui permettent de classer chaque son de l'autre côté. On distingue l'effet de deux types d'acquisition, soit avec le microphone et l'environnement tenus devant le patient, soit avec le capteur en contact avec la peau dans la trachée. Une méthode couramment utilisée dans le milieu médical, le signal enregistré est modifié en traversant la peau, qui joue un rôle filtrant. Signaux de ronflement, généraux, périodiques et stables en un coup d'œil Timing mais instable tout au long du ronflement. La puissance est principalement concentrée sur les basses fréquences ( $<2\text{kHz}$ ) [41].

### 2.3 Propriétés Statistiques Du Signal de ronflement

Lors de l'étude du signal de ronflement, il peut parfois être considéré comme un processus aléatoire instable. Lorsque des échantillons de signaux sont prélevés à une fréquence compatible avec la théorie de Shannon, leurs statistiques peuvent être estimées sur les échantillons. En raison du manque de papeterie, les statistiques sont ensuite estimées sur de longues périodes de temps, plusieurs secondes, moyenne pour plusieurs personnes afin d'obtenir des statistiques dites à long terme [42].

### 2.3.1 Densité De Probabilité

La fonction densité de probabilité  $p(n)$  d'un signal  $x(n)$  évalue la probabilité pour les  $N\xi$  qui représente le nombre d'échantillons  $x(n)$  dont l'amplitude est comprise entre  $\left[\frac{\xi-\Delta\xi}{2}, \frac{\xi+\Delta\xi}{2}\right]$  alors que  $n \in [-N, N]$ , la densité de probabilité du signal  $x$  supposé ergo d'Ilim que et stationnaire est donnée par[39]:

$$P_x(\xi) = \lim_{N \rightarrow \infty} \left[ \frac{N\xi}{2N+1} \right] \quad (2.2)$$

### 2.3.2 La Valeur Moyenne et la variance

- La valeur moyenne d'un signal stationnaire par :

$$\mu_x = \int_{-\infty}^{+\infty} \xi P_x(\xi) d\xi = \lim_{N \rightarrow \infty} \left[ \frac{1}{2N+1} \right] \sum_{n=-N}^N x(n) \quad (2.3)$$

- La variance est donné par :

$$\delta_x^2 = \int_{-\infty}^{+\infty} \xi^2 P_x d\xi = \lim_{N \rightarrow \infty} \frac{1}{2N+1} \sum_{n=-N}^N x^2(n) \quad (2.4)$$

## 2.4 Spectrogramme

Le spectrogramme est un diagramme qui représente un spectre de phénomènes Périodiques, reliant chaque fréquence à la densité ou à la force est un outil utile pour le traitement et l'analyse du son qui représente Signal en trois dimensions: temps, fréquence et densité. Dans les phénomènes sonores, le spectrogramme est la Représentation visuelle du son qui représente la fréquence en fonction du temps et de la densité sonore associée à chaque fréquence et représente un niveau de lecture de couleur point de couleur est sombre, haute densité [43].

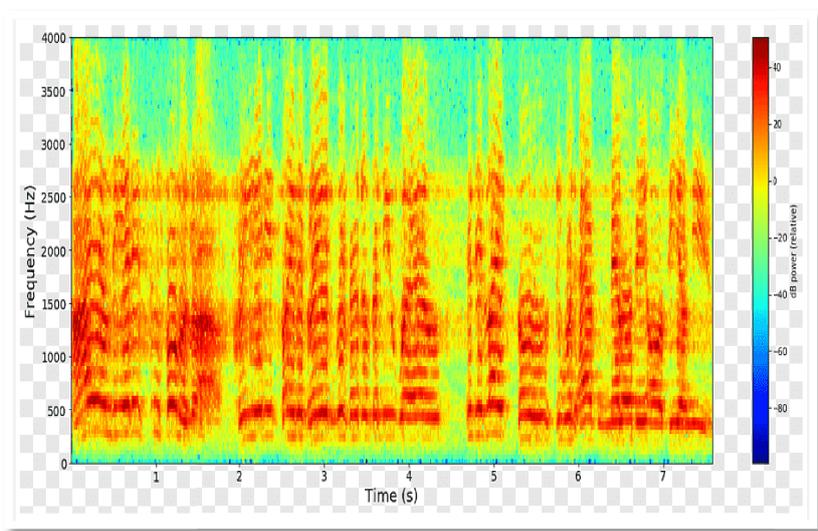


Figure 2.3 : spectrogramme d'un signal audio.

### 2.5 Méthodes de détection d'apnée

#### 2.5.1 Détection d'apnée par autocorrélation

La fonction d'autocorrélation est un outil mathématique souvent utilisé dans le traitement des signaux sonores où ils fournissent des informations sur le signal et comment définir des paramètres, qui sont importants pour l'analyse du signal, en particulier pour les signaux aléatoires. La fonction d'autocorrélation calcule sur une tranche de  $N$  échantillons qui recouvre plusieurs périodes du fondamental [44].

La fonction d'auto-corrélation temporelle est définie par :

$$cx(\tau) = \lim_{T \rightarrow \infty} \frac{1}{T} \int_{-\frac{T}{2}}^{\frac{T}{2}} x(t)x(t - \tau) dt \quad (2.5)$$

Soit pour une séquence temporelle discrète :

$$kx(\tau) = \frac{1}{2q} \sum_{i=0}^{2q} Xi(Xi - \tau) \quad \tau = 1, 2, 3 \dots \dots \dots N \quad (2.6)$$

#### 2.5.2 Détection d'apnée par transformée de Fourier rapide

La transformée de Fourier rapide (TFR) est dérivée de la transformée de Fourier Discret (DFT) est un type de traitement de signal numérique et est l'équivalent discret de la transformée de Fourier continue utilisée pour le traitement Signal, une série de transformées de Fourier discrètes de  $N$  termes  $x(0), x(1), \dots, x(N-1)$  est défini par :

$$X(k) = \sum_{n=0}^{N-1} x(n)e^{-2j\pi \frac{nk}{N}} \quad k = 1, 2, 3 \dots \dots N \quad (2.7)$$

La transformée de Fourier rapide (FFT) est un algorithme de calcul qui minimise le nombre d'opérations nécessaires pour établir la transformée de Fourier d'un signal discret. L'analyse FFT suit naturellement l'analyse DFT (Discrete Fourier Transform). Il est donc naturel de commencer à maîtriser les bases de cette nouvelle technique à partir de là et défini par:

$$X(k) = \sum_{n=1}^N x(n)e^{-2i\pi(k-1)\frac{(n-1)}{N}} \quad \text{Pour } 1 \leq k \leq N \quad (2.8)$$

### 2.5.3 Détection d'apnée par le seuillage d'énergie

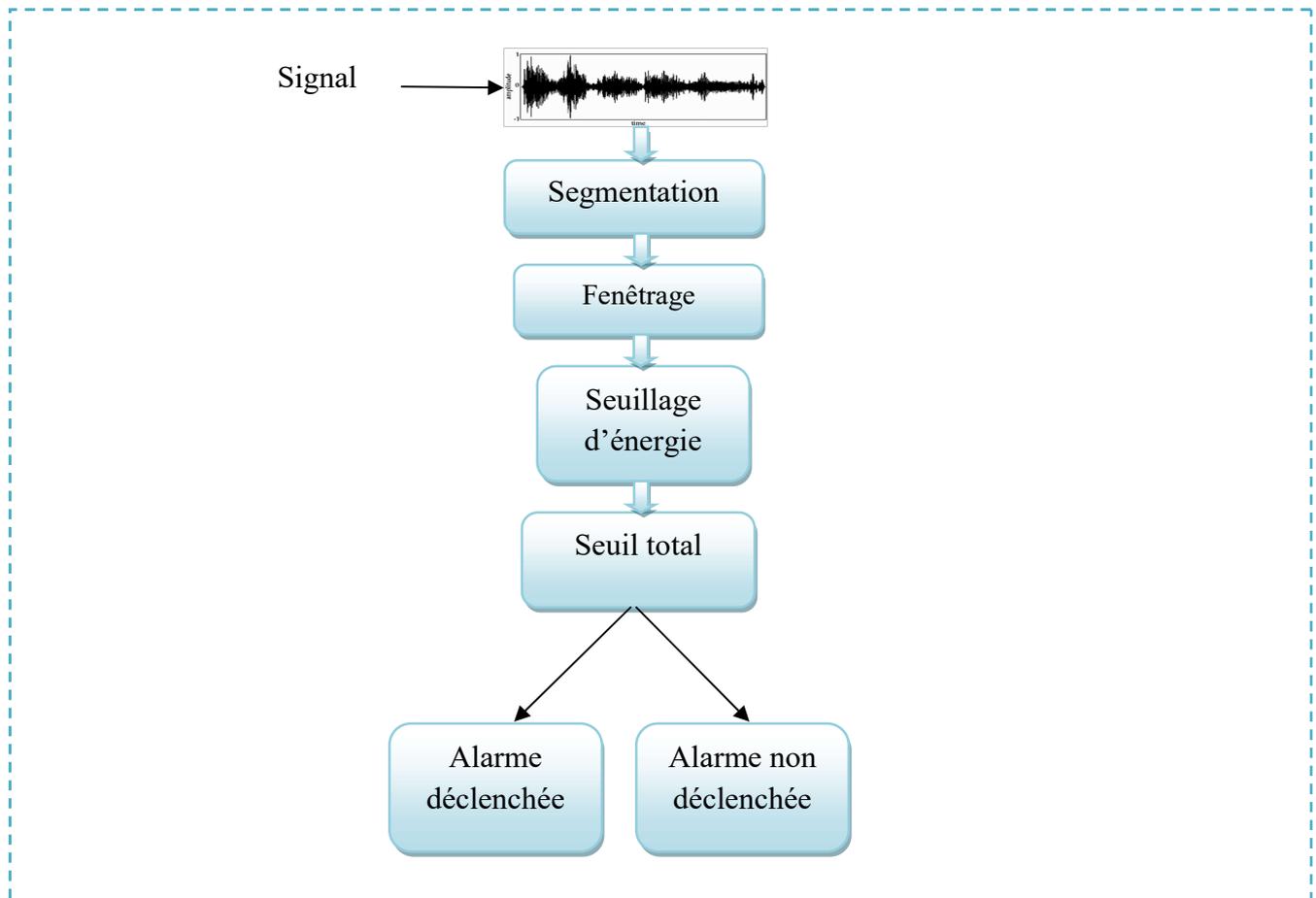


Figure 2.4: Processus général d'un algorithme d'énergie.

#### 2.5.3.1 Segmentation et fenêtrage de signal de ronflement

La segmentation est de découper le signal de ronflement en petites tranches Homogènes. Où il peut être considéré localement comme quasi-stationnaire. la segmentation permet le traitement en temps réel et facilite l'analyse des signaux sur la machine [45], pendant le ronflement on a l'impression qu'elle est composée en deux partie (partie du son et l'autre pour l'apnée), il faut subdiviser le signal en plusieurs segments, chaque segment contient les mêmes ensembles des échantillons. De façon à Assurer la stationnarité du signal de chaque segment. La segmentation est réalisée avec un recouvrement proportionnel à la taille du segment avec une multiplication de chaque segment par une fenêtre de Hamming [46].

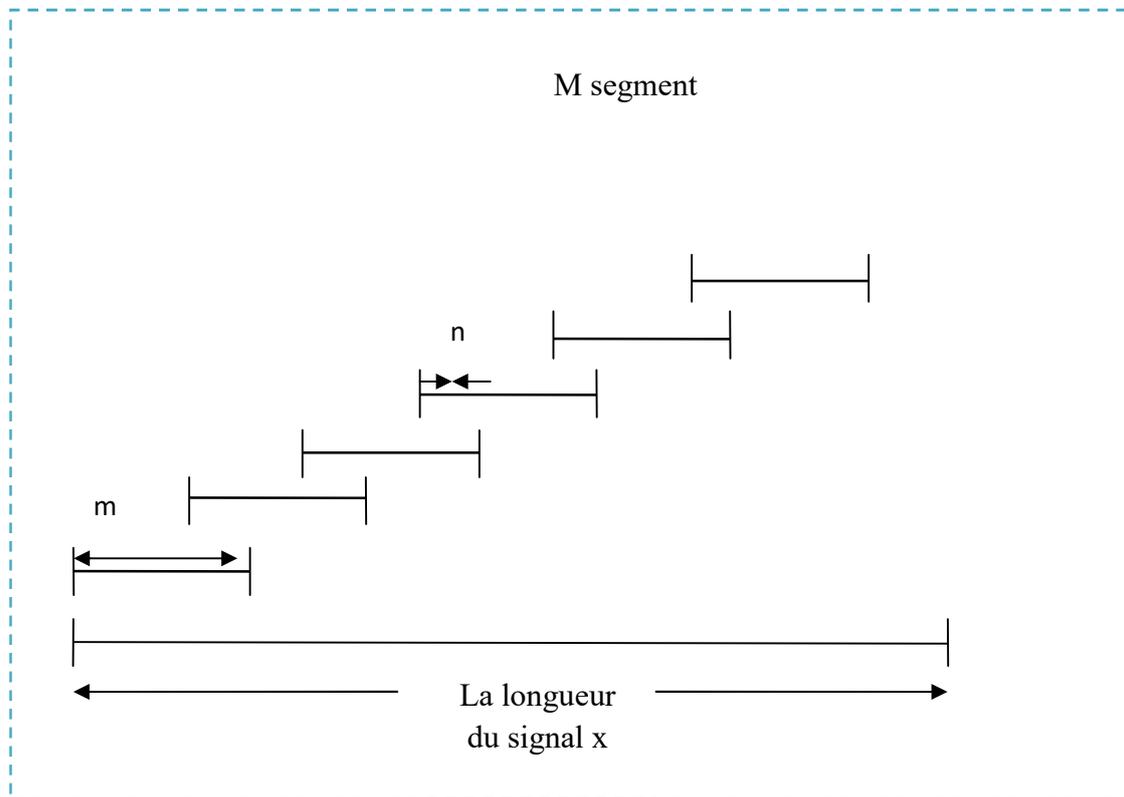


Figure 2.5: Segmentation de M signal avec recouvrement.

Le fenêtrage est utilisé lorsque l'on s'intéresse à un signal de longueur délibérément limitée. Le signal sonore réel ne peut être qu'une période de temps limitée. De plus, vous ne pouvez calculer qu'un nombre limité de points [45].

Le fenêtrage sera donnée par :

$$w(n) = \begin{cases} 0.54 - 0.46 \cos\left(\frac{2\pi}{N-1}n\right) & 0 \leq n \leq N-1 \\ 0 & \text{ailleurs} \end{cases} \quad (2.9)$$

$$\tilde{x}_l = x_l(n) \cdot w(n) \quad 0 \leq n \leq N-1 \quad (2.10)$$

$w(n)$  : est une fenêtre de type Hamming

$x_l(n)$  : Segment du signal de ronflement

A fin de déterminer la segmentation, il faut calculer l'énergie de chaque trame et on Passe à l'étape du Seuillage qui permet de trouver le seuil requis.

### 2.5.3.2 Seuillage d'énergie

Le seuil est une technique d'estimation d'un signal sonore. Ce concept de base devient à l'origine de la fixation de seuils pour toutes les transactions inférieures à un certain seuil à zéro et de l'utilisation de ces transactions dans une conversion inverse pour reconstruire l'ensemble de données.

L'énergie est un paramètre important et très souvent utilisé dans la détection d'activité vocale. Le seuillage d'énergie consiste à calculer l'énergie de chaque trame du signal étudié et prendre la valeur moyenne de cette limite comme un seuil. Cette donnée est alors comparée avec l'énergie de signal.

Si l'énergie de signal est inférieure à ce seuil, l'alarme est active.

- Si  $E_s < \text{seuil}$ , alors l'alarme est ACTIVE
- Si non, l'alarme est INACTIVE

$E_s$  : L'énergie de signal de ronflement.

### 2.5.4 Détection d'apnée par VAD

#### 2.5.4.1 L'approche VAD

VAD (détecteur d'activité acoustique) est proposé comme algorithme, une technique dans laquelle la présence ou l'absence de son est détectée, et donc une décision binaire et le son sont généralement exprimés comme probabilité dans la gamme de 0 à 1.

Pour améliorer les performances de la VAD dans de telles circonstances, plusieurs méthodes ont été proposées qui utilisent des informations visuelles extraites de la zone autour de la bouche / lèvres pour enregistrer des vidéos d'amplificateurs. Bien que ceux-ci offrent des avantages par rapport aux méthodes sonores uniquement, ils reposent sur une extraction fidèle des zones des lèvres / bouches. Motivé par ceux-ci, un nouveau modèle de VAD est proposé basé sur le fait que la respiration est la principale source d'énergie de sortie sonore. Plus précisément, la technologie indépendante du son VAD est développée à l'aide d'un motif de respiration extrait de la vidéo des haut-parleurs.

L'algorithme VAD utilise généralement une pause d'analyse unique de 10 à 30 millisecondes et dans la première étape, les paramètres de chaque image sont obtenus. Dans une deuxième étape, consiste à comparer les paramètres qui caractérisent le silence avec les paramètres qui distinguent le son en utilisant la logique de chaque algorithme [45].

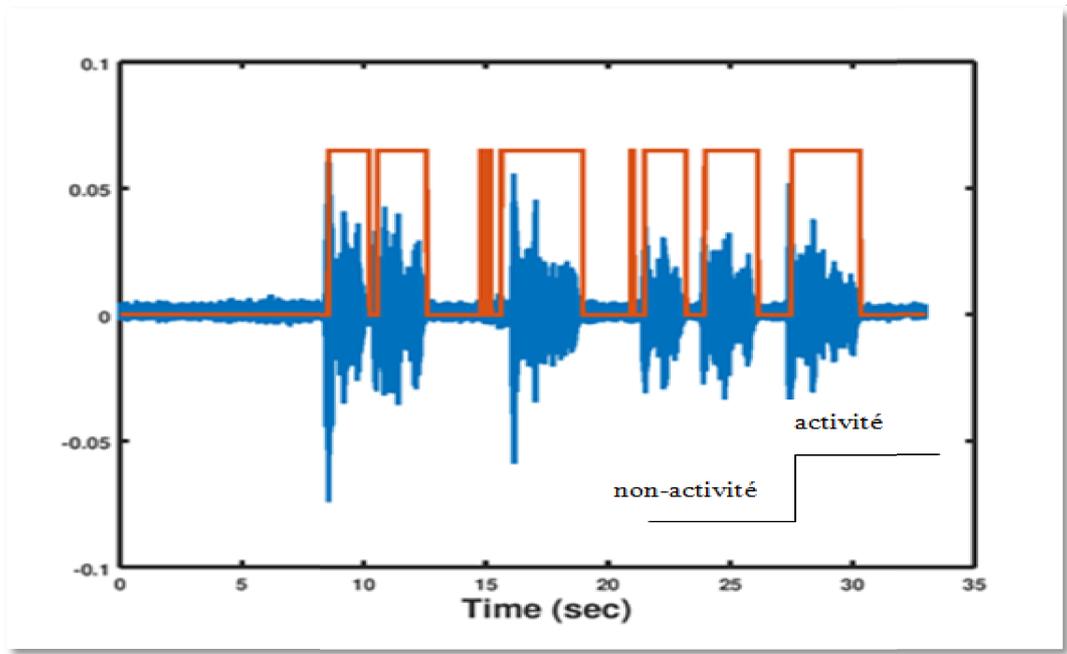


Figure 2.6: Exemple illustrant le principe de la détection d'activité vocale [45].

L'algorithme de détection d'activité vocale est présenté dans la figure :

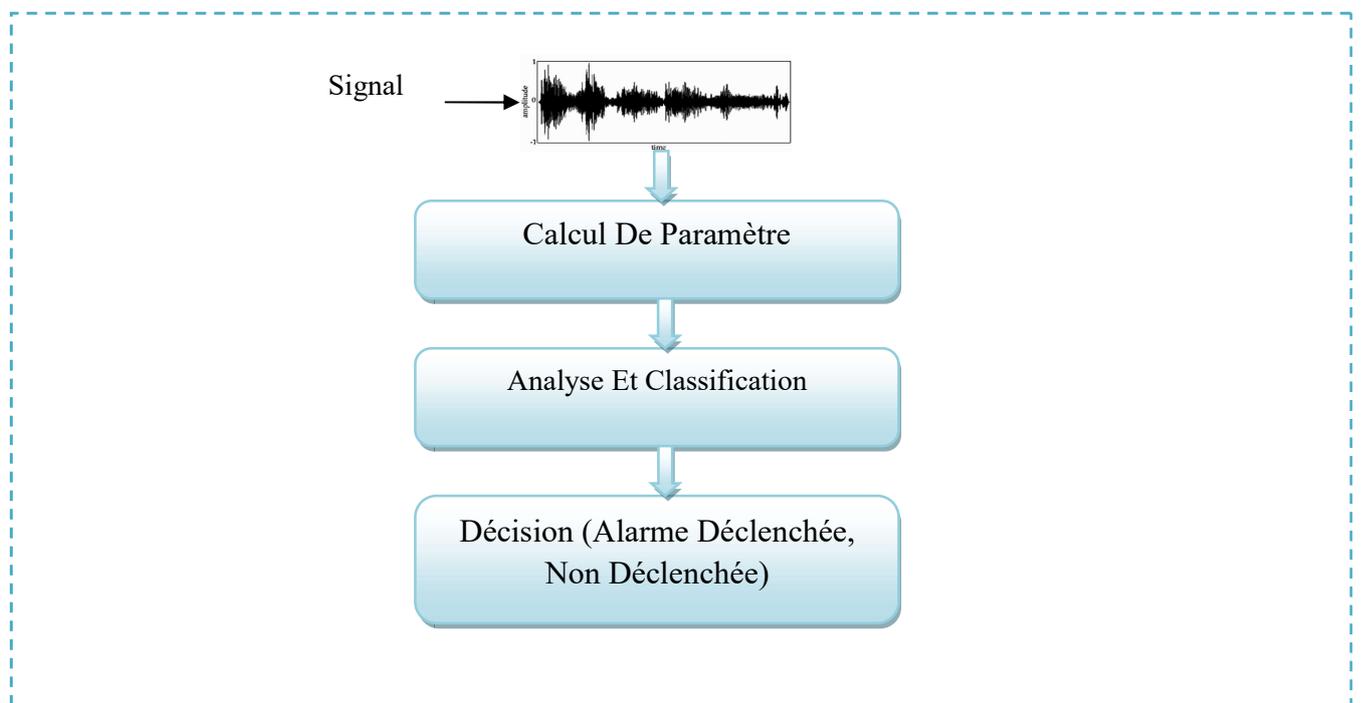


Figure 2.7: Processus général d'un algorithme de détection d'activité vocale.

### 2.5.4.2 principe du VAD

Le principe de base de la fonction VAD est qu'elle extrait des attributs ou les mesure le nombre de signaux puis compare ces valeurs avec le seuil déterminé par le général. Sortez-le du silence, de toute façon, commençons Fonctionne à l'envers, donc non. Bruit ou silence ( $VAD = 0$ ) l'autorisation est délivrée si la valeur mesurée dépasse le seuil. Si non, s'il y a activité audio, ( $VAD = 1$ ). La conception VAD implique le choix d'une option [47]. VAD crée des décisions bilatérales basées sur une image par image, où le signal d'entrée correspond à des unités de temps plus courtes, telles que 5 à 40 millisecondes. Résolution L'algorithme de VAD est basé sur un seuil de résolution.

Réglage du seuil Vous permet de suivre les changements dans différents environnements acoustiques Au fil du temps, fournissant ainsi des résultats de détection sonore plus fiables .Il convient également de noter que à l'algorithme VAD de tous les systèmes d'amélioration du son (Réduction du bruit) y compris le maintien de la durée de la tranche inférieure à 64 Des millisecondes et pas plus de 0,2% des voix actives sont coupées[47].

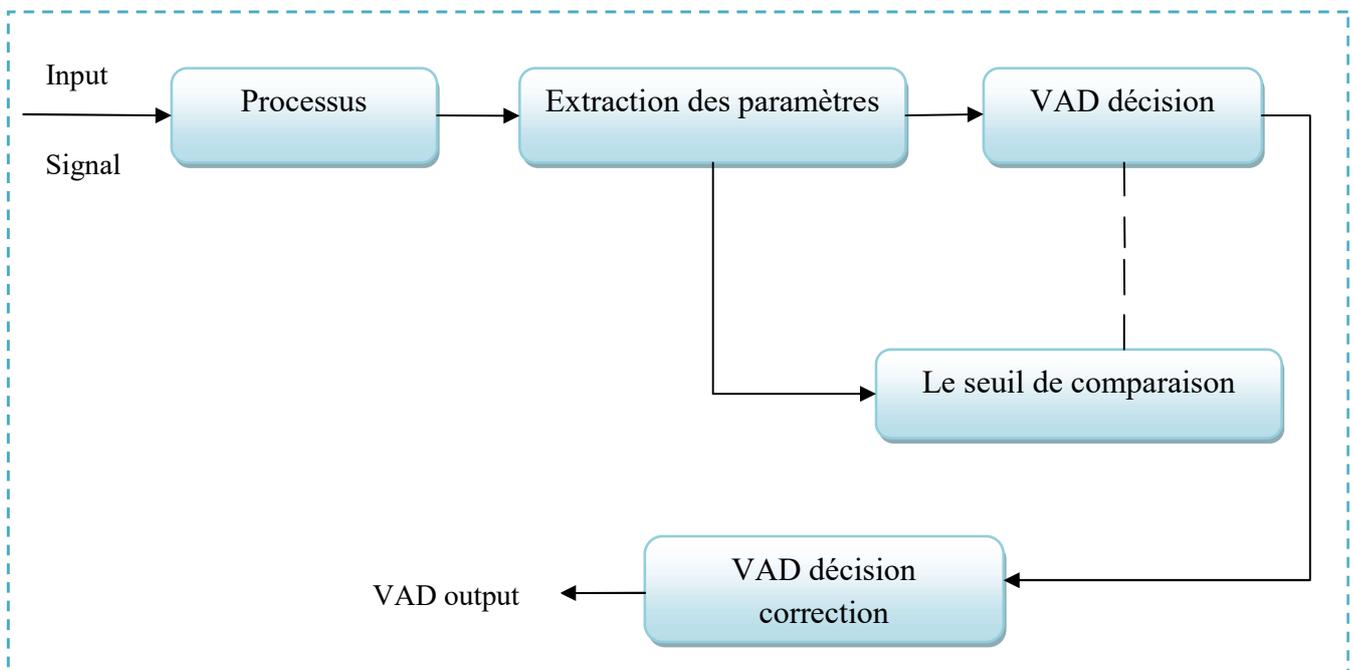


Figure 2.8: Schéma de principe d'une conception VAD de base.

### 2.5.4.3 Les modèles de base d'un VAD :

Avant de commencer à traiter le signal sonore de ronflement, il est nécessaire de détecter les pièces ou passages contenant le silence pour les clips silencieux, ceux-ci sont analysés pour obtenir les cadres requis. par conséquent, des échantillons de silence doivent parfois être prélevés pour être utilisés pour traiter le signal sonore. À ce stade, nous utilisons ces méthodes de base pour détecter les périodes de silence: Taux de passage par zéro et seuil de détection le silence [48].

### 2.5.4.4 Le taux de passage par zéro

Afin de résoudre le problème de la période de silence, on peut ajouter un détecteur de segment zéro basé sur le calcul de l'énergie de ces pièces. L'hypothèse qui sous-tend cette Méthode est que, contrairement aux mots, Le bruit fluctue rapidement autour de zéro. Le nombre de fois que cela se produit est Aléatoire. Par conséquent, un intervalle peut être défini pour la quantité habituelle Le zéro est transmis à partir du caractère de l'image en fonction de sa longueur. Par conséquent, la première méthode proposée ici consiste à passer des trames définies comme inactives par cette méthode L'énergie, dans le détecteur de passage à zéro [45]. Lorsque l'énergie du signal est faible, le TPZ peut détecter une émission haute fréquence à faible énergie mais transporte des informations importantes. Le calcul de TPZ est donné par l'équation (2.10):

$$TPZ = \frac{1}{2} \sum_{k=0}^{k-1} |\text{sing}(x(k+1)) - \text{sing}(x(k))| \quad (2.11)$$

### 2.6 Seuil de détection du silence

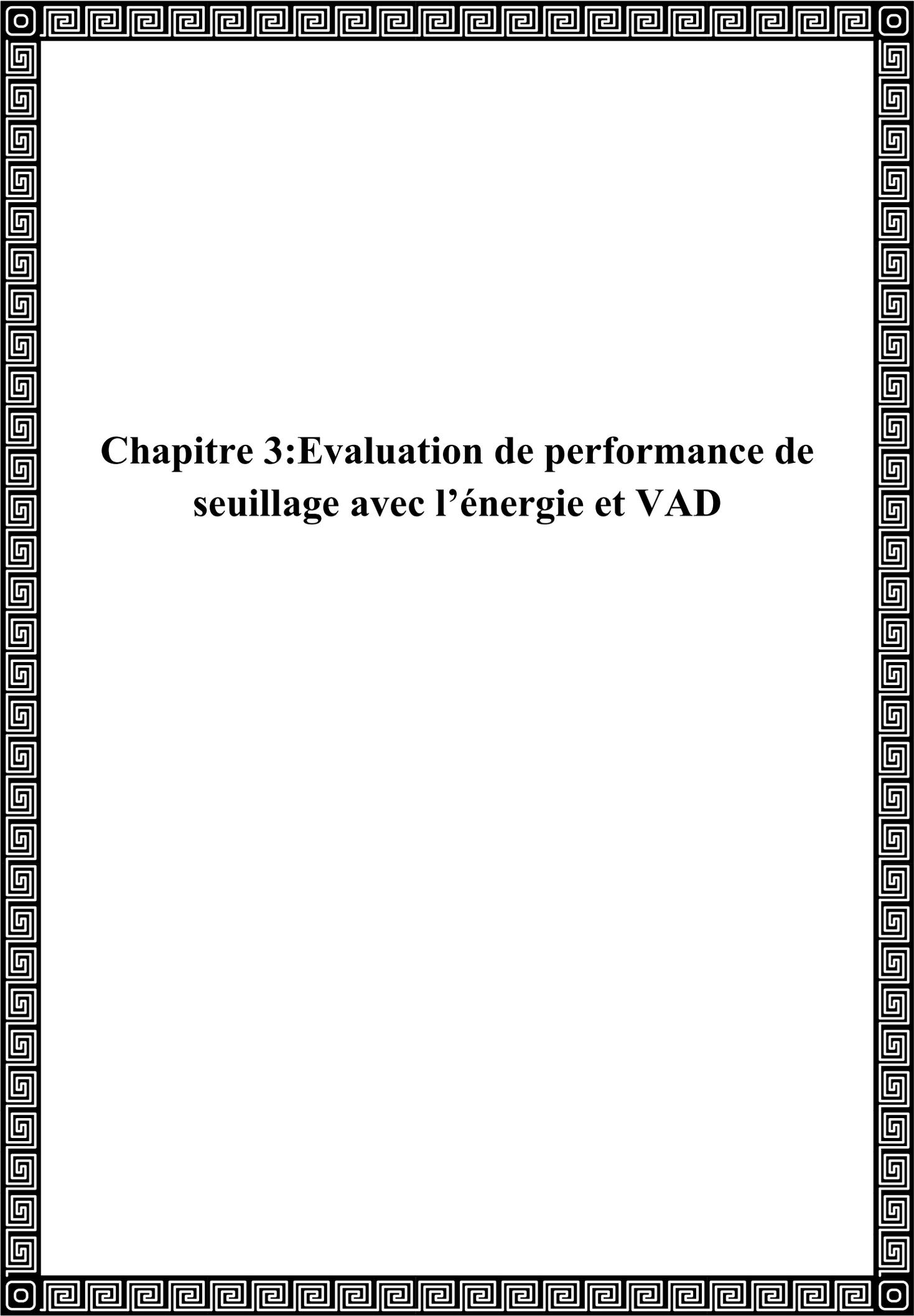
Le seuil de décision est précieux sur l'axe des résultats expérimentaux afin que Cette valeur et au-delà peuvent conclure avec une quasi-certitude que le résultat de la mesure est correct si la valeur du signal est inférieure à ce seuil, ce sont des temps de silence et au contraire, si le résultat de la mesure est supérieur au seuil de cette décision est considéré comme une activité acoustique. Qui à son tour a déterminé la valeur de l'activité audio par 1 et le temps de silence par 0 est pris la plus longue série contenant 0 est prise et utilisée ultérieurement pour déterminer la décision de seuil.

### 2.7 Conclusion

Dans ce chapitre, nous avons donné un bref aperçu du signal de ronflement et comment l'analyser nous avons essayé de donner un aperçu de certaines des caractéristiques du signal de ronflement tout en essayant d'analyser ces caractéristiques aussi présenté quelques propriétés statistiques des ces signaux.

Nous avons aussi remarqué que le signal ronflement est un peu complexe, alors on a donné quelques méthodes qui peuvent détecter l'apnée de sommeil.

Dans le prochain chapitre, nous allons choisir deux méthodes (le seuillage d'énergie et la détection d'activité vocale) Afin de détecter les différentes parties d'apnée.



## **Chapitre 3: Evaluation de performance de seuillage avec l'énergie et VAD**

### **3.1 Introduction**

Dans les deux chapitres précédents, nous avons donné des informations sur le son du ronflement, puis nous avons parlé de l'apnée du sommeil, de ses causes et de la façon de le traiter.

Nous avons présenté certaines des méthodes qui peuvent être efficaces parmi eux FFT, autocorrélation, seuillage d'énergie et VAD. Dans ce chapitre on va utiliser le seuillage d'énergie et le VAD.

Ce chapitre traite aussi la mise en œuvre des événements de respiration pendant l'apnée du sommeil, où nous allons mener deux expériences puis discuter des résultats pour validation.

Nous allons construire cette base de données que nous utiliserons pour notre étude qui contient des sons de ronflement pour étudier les performances du système d'alarme, puis nous appliquerons les deux méthodes aux sons sélectionnés, nous observerons les résultats, puis la méthode la plus réussie sera choisie.

### **3.2 Présentation du programme MATLAB**

MATLAB, Matrix Laboratory est un logiciel commercial de calcul interactif. Il permet de réaliser des simulations numériques basées sur des algorithmes d'analyse numérique. Il peut donc être utilisé pour la résolution approchée d'équations différentielles, d'équations aux dérivées partielles ou de systèmes linéaires, etc... L'objectif de ces séances MATLAB est double : la connaissance de ce logiciel est en soi indispensable parce qu'il est de plus en plus utilisé dans l'industrie et les banques pour développer des prototypes de logiciels et tester de nouveaux algorithmes. Tous les ans entre vingt et trente pour cent des étudiants utilisent MATLAB pendant leur stage [49].

### **3.3 Principe de travail**

Les deux expériences qui seront réalisées au troisième chapitre sont utilisées pour tester le système de détection de l'apnée du sommeil. Le principe est d'étudier le signal du ronflement pendant le sommeil de deux manières, puis vérifiez s'ils ont réussi ou non par une alerte lors de l'apnée.

La première méthode consiste à étudier l'énergie des temps d'apnée et à appliquer le seuillage. La deuxième méthode à laquelle nous appliquerons la technique VAD, qui à son tour divise le signal en deux activités vocale et silence, puis nous calculons la séquence des temps de

silence pour appliquer le seuillage.

### 3.4 Enregistrement des bases de données

Cette étape consiste à télécharger les bases de données (des signaux de ronflement hommes et femmes) à partir du site web de la <https://freesound.org/>, puis à l'utiliser avec les deux méthodes qui seront utilisées dans ce chapitre car elle est utilisée pour construire un ensemble de tests qui découvrir leur succès.

### 3.5 Sélection des bases de données

A partir des téléchargements (20 signaux de ronflement de format audio) de chaque base de données, nous avons créé un deux groupes de fichiers audio. Pour chaque méthode, nous avons construit un dossier d'apprentissage et un dossier test (les deux contiennent 5 hommes et 5 femmes). La figure Montre l'organisation des bases de données :

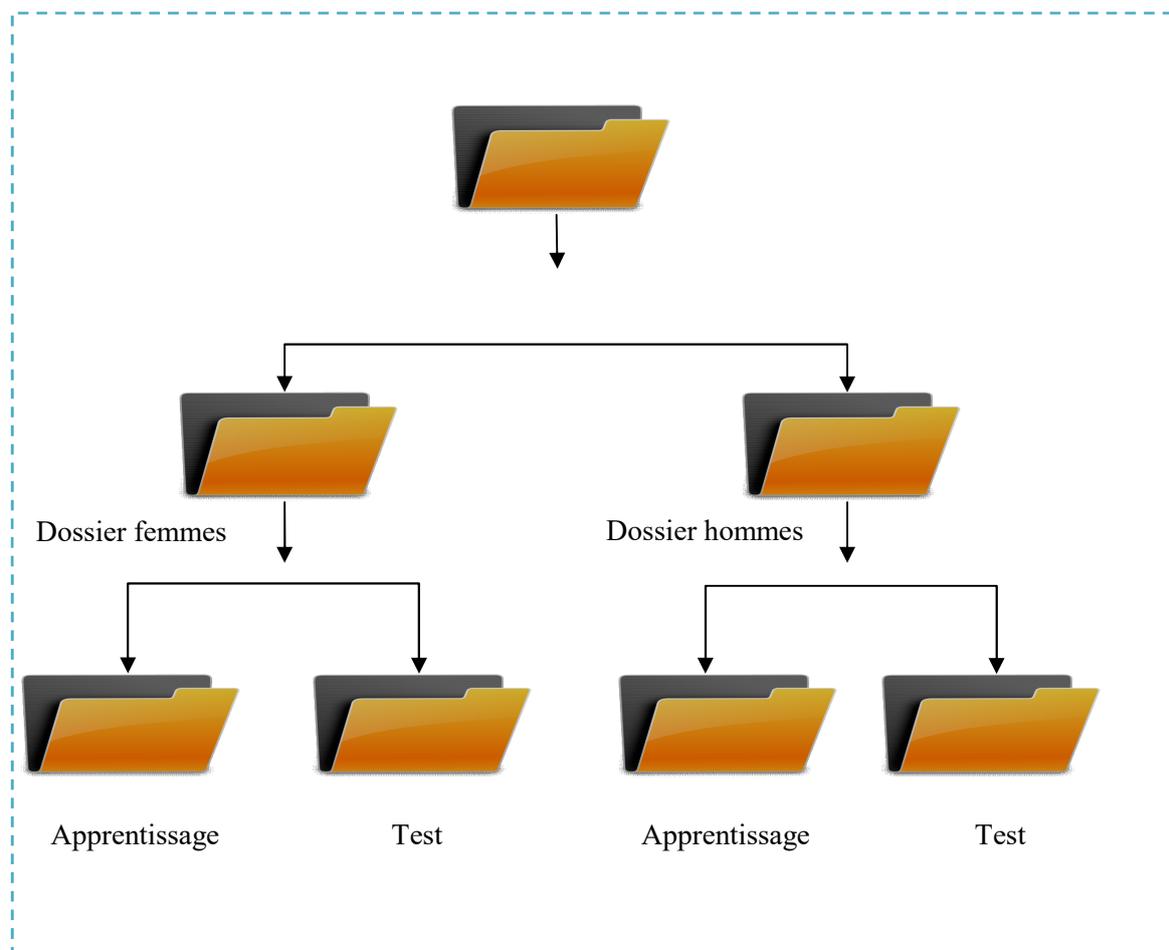


Figure 3.1 : L'organisation des bases des données

On a choisi ce signal pour prendre une idée générale sur les signaux de ronflement.

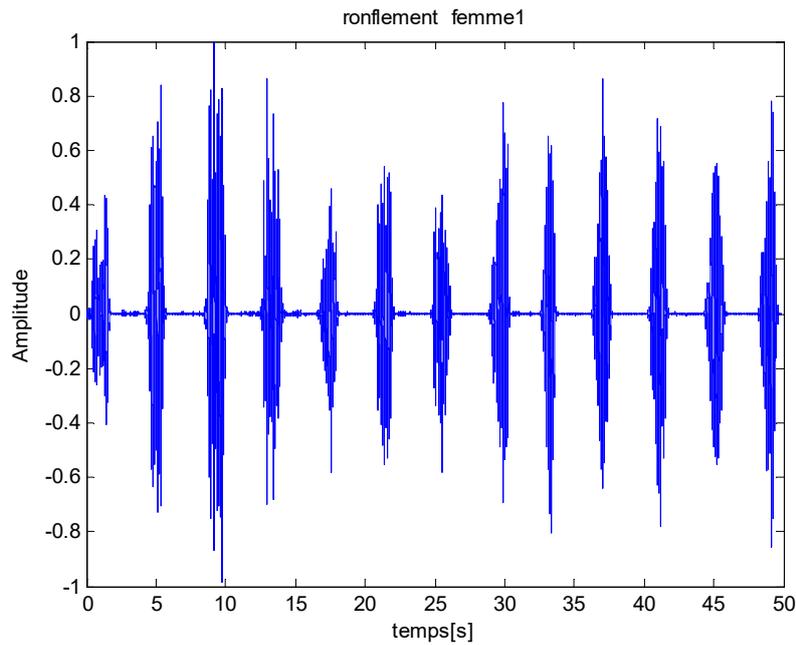
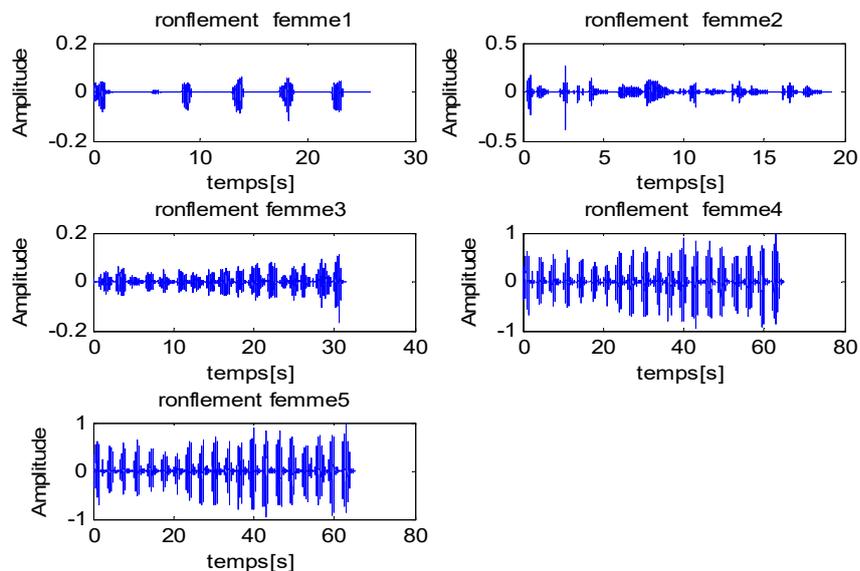
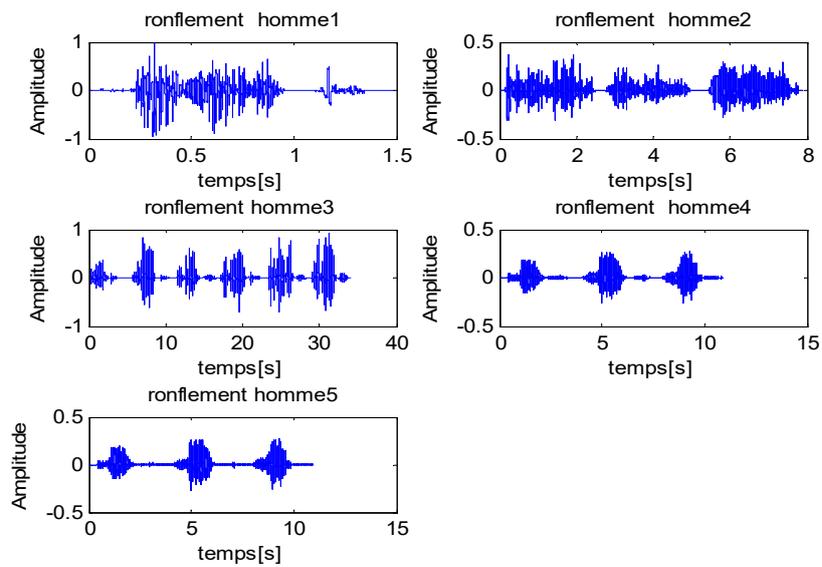


Figure 3.2: Le signal de ronflement choisi.

Dans la figure.3.2 le signal de ronflement contient une partie d'activité vocale et une partie de silence. Dans notre expérience on besoin les parties de silence pour faire un seuillage le premier avec l'énergie et le deuxième avec la technique VAD.



(a)



(b)

Figure 3.3 : Les signaux de ronflement qui va étudier (a) ronflement femmes, (b) ronflement hommes.

Cette figure présente les signaux de ronflement (femmes et hommes) qui va nous les utiliserons dans notre expérience.

### 3.6 Première application : la détection d'apnée par le seuillage d'énergie

#### 3.6.1 Explication des différentes étapes du traitement :

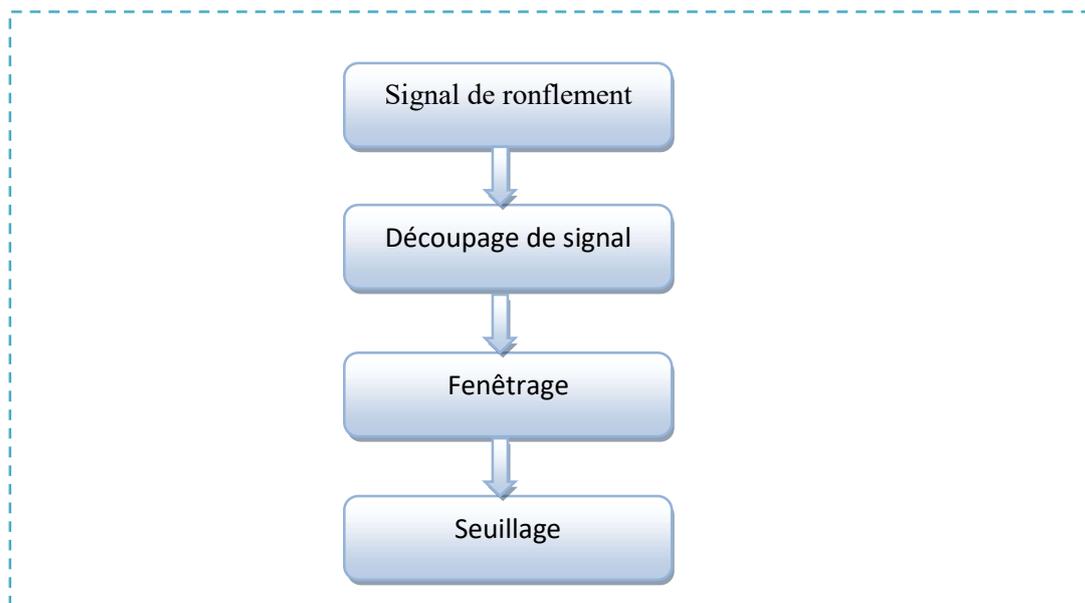


Figure 3.4: Les différentes étapes de détection d'apnée par l'énergie.

## Chapitre 3: Evaluation de performance de seuillage avec l'énergie et VAD

Etape 1 :

Cette étape consiste à charger des signaux de ronflement sur un certain nombre d'échantillons avec des fréquences différentes, nous avons utilisé la commande **audioread**.

Etape 2 :

Cette étape est la partie essentielle de la détection d'apnée qui est basée sur le découpage des signaux en trames, chaque trame comporte une durée de 20 ms avec un calcul manuel des nombres d'échantillons dans une trame et pour éviter la perturbation des informations on a choisi une longueur de recouvrement de 50%.

Etape 3 :

Les résultats du découpage nous donnent une matrice qui contient les sous-vecteurs de signal partitionnés de vecteur original (signaux de ronflement) avec une application de la fenêtre de Hamming qui a pour fonction d'atténuer le signal au début et à la fin de chaque trame. Contrairement à d'autres fenêtres, la fenêtre de Hamming ne s'annule pas à ses extrémités, ne présente pas de coupure brusque et réduit les effets de bord et calcule l'énergie de chaque trame du signal étudié.

Etape 4 :

Cette étape est celle du seuillage de l'énergie. Elle consiste à prendre l'énergie moyenne et comparée au seuil la valeur moyenne d'énergie des trames.

### 3.6.2 Application et résultat

- **Dossier apprentissage**
- Les résultats des énergies (hommes) sont dans les tableaux ci-dessous.:

|         | homme1 | homme2 | homme3 | homme4 | homme5 |
|---------|--------|--------|--------|--------|--------|
| Energie | 0.3787 | 0.7285 | 0.9701 | 0.0230 | 1.8590 |

Tableau 3.1 : Énergie des signaux traités (hommes)

## Chapitre 3: Evaluation de performance de seuillage avec l'énergie et VAD

Ce tableau montre que ces énergies sont différentes, on prend la valeur moyenne des ces énergies tel que:

Meanvalue=0,7919.

➤ Les résultats des énergies (femmes) sont dans les tableaux ci-dessous.:

|                | <b>femme1</b> | <b>femme2</b> | <b>femme3</b> | <b>femme4</b> | <b>femme5</b> |
|----------------|---------------|---------------|---------------|---------------|---------------|
| <b>Energie</b> | 0.0046        | 0.0029        | 3.9987e-004   | 0.1243        | 0.9336        |

Tableau 3.2 : Énergie des signaux traité (femmes)

Dans le tableau ci dessous on a des différentes énergies, on prend la valeur moyenne des ces énergies tel que:

Meanvalue=0,2202.

- **Application de seuil**

Cette technique consiste à comparer les énergies des trames avec le seuil. Si elle est inférieure à cette limite, la trame est active et l'alarme va déclencher. L'application de seuillage a donné des résultats comme le Suivant:

➤ **Dossier test :**

|               | <b>homme1</b>     | <b>homme2</b> | <b>homme3</b> | <b>homme4</b>     | <b>homme5</b> |
|---------------|-------------------|---------------|---------------|-------------------|---------------|
| <b>alarme</b> | non<br>déclenchée | déclenchée    | déclenchée    | non<br>déclenchée | déclenchée    |

Tableau 3.3 : Affichage des résultats après seuillage (hommes).

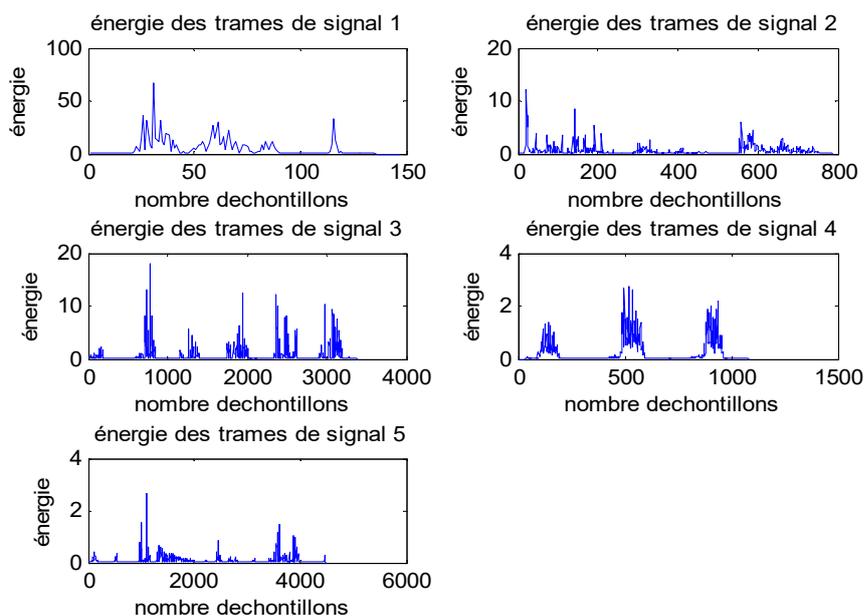


Figure 3.5 : Affichage d'énergie des trames (hommes).

Ce tableau nous donne 3 alarmes déclenchées donc on a trois hommes malades.

L'application de seuillage a donné des résultats comme le suivant:

|               | <b>Femme1</b> | <b>Femme2</b> | <b>Femme3</b> | <b>Femme4</b>     | <b>Femme5</b>     |
|---------------|---------------|---------------|---------------|-------------------|-------------------|
| <b>Alarme</b> | déclenchée    | déclenchée    | déclenchée    | non<br>déclenchée | non<br>déclenchée |

Tableau 3.4 : Affichage des résultats après seuillage (femmes).

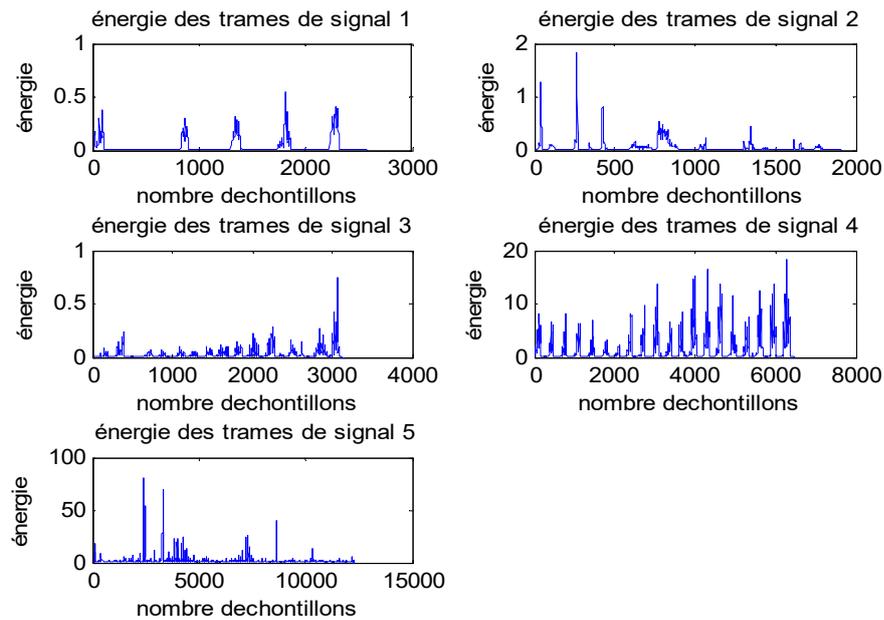


Figure 3.6: Affichage d'énergie des trames (femmes).

D'après les résultats ci dessous, on peut voir qu'il ya trois femmes malades.

➤ **précision de la reconnaissance par le seuillage d'énergie :**

Précision de la reconnaissance= (Le nombre des fichiers bien détectés \* 100) /5

| la personne qui ronfle | Précision de la reconnaissance % |
|------------------------|----------------------------------|
| Femme                  | 60                               |
| Homme                  | 60                               |

Tableau 3.5: Précision de la reconnaissance.

Pour le premier test de la première méthode nous avons utilisé 10 signaux (femmes, hommes). Dans le cas test a été effectué sur 60% de l'ensemble des personnes qui ronfle .les résultats indiqués dans le tableau ci dessus.

### 3.7 Deuxième application : la détection d'apnée par VAD

#### 3.7.1 Explication des différentes étapes du traitement :

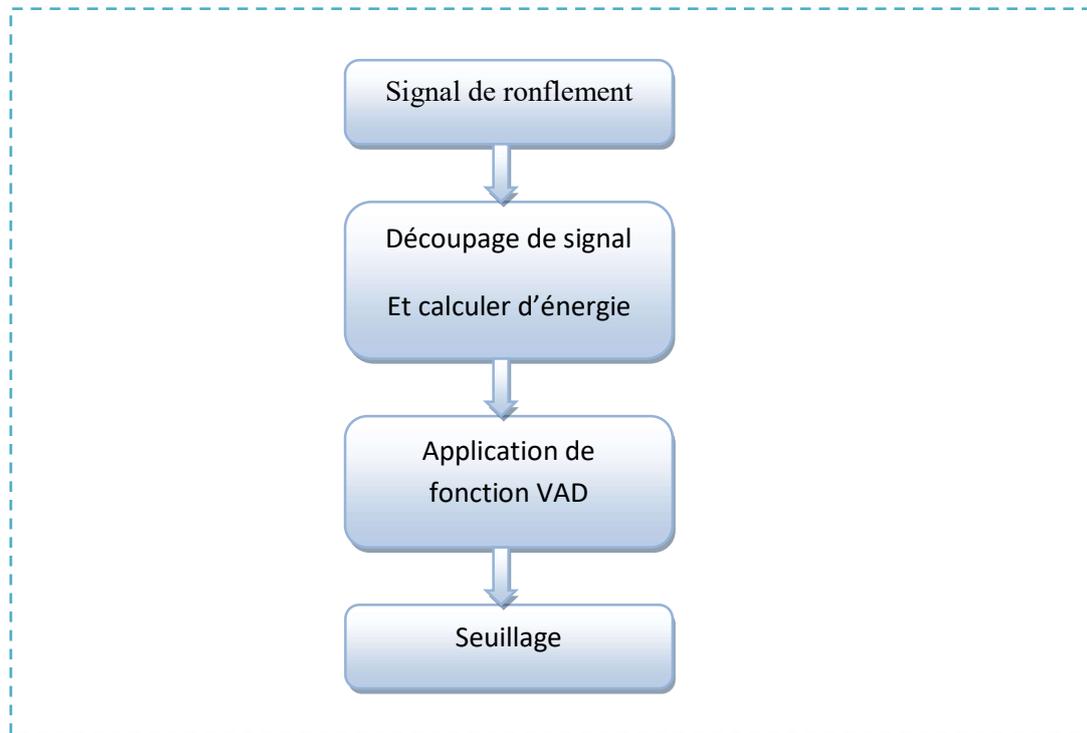


Figure 3.7: Les différentes étapes de détection d'apnée par VAD.

Etape 1 :

Cette étape consiste à charger des signaux de ronflement sur un certain nombre d'échantillons avec des fréquences différentes, nous avons utilisé la commande **audioread**.

Etape 2 :

La deuxième étape consiste à découper le signal en quelques nombres de trames avec un chevauchement de 50% pour éviter la perturbation des informations au but de trouver le nombre de segments de signal avec la fonction `segmentation`, on essaie de calculer l'énergie de signal qui nous aide à calculer le taux de passage de zéro.

Etape 3 :

Cette étape est la partie de base pour aller au seuillage. Elle utilise la fonction VAD qui consiste à diviser le signal en 2 parties (Activité audio = 1 et silence = 0), ici s'ajoute une condition qui à son tour enregistre les matrices de temps de silence et choisit la plus longue.

## Chapitre 3: Evaluation de performance de seuillage avec l'énergie et VAD

Etape 4 :

La dernière est celle du seuillage le temps de silence le plus long. Elle consiste à prendre la valeur moyenne de ce dernier pour appliquer le seuillage.

### 3.7.2 Application et résultat :

➤ **Dossier apprentissage :**

-Le résultat d'application la fonction VAD au tableau ci dessus:

|                                  | homme1 | homme2 | homme3 | homme4 | homme5 |
|----------------------------------|--------|--------|--------|--------|--------|
| la partie de silence plus longue | 275    | 196    | 153    | 139    | 147    |

Tableau 3.6 : Les parties de silence (hommes).

On va prendre la valeur moyenne comme seuil pour appliquer le seuillage :

Valeur moyenne :

=182

|                                  | femme1 | femme2 | femme3 | femme4 | femme5 |
|----------------------------------|--------|--------|--------|--------|--------|
| la partie de silence plus longue | 110    | 62     | 14     | 99     | 112    |

Tableau 3.7: Les parties de silence (femmes).

Valeur moyenne :

=79.4000

## Chapitre 3: Evaluation de performance de seuillage avec l'énergie et VAD

- **Application de seuil**

- **Dossier test :**

Dans le dossier test va comparer les parties des silences plus longues puis prendre la valeur moyenne comme un seuil. Si elle est inférieure à cette limite l'alarme va déclencher.

- Les résultats comme suit :

|        | homme1         | homme2     | homme3     | homme4         | homme5     |
|--------|----------------|------------|------------|----------------|------------|
| Alarme | non déclenchée | déclenchée | déclenchée | non déclenchée | déclenchée |

Tableau 3.8 : Déclenchement d'alarme après seuillage (hommes).

-D'après le seuillage, on trouve 3 malades.

|        | femme1     | Femme2         | Femme3         | Femme4     | Femme5     |
|--------|------------|----------------|----------------|------------|------------|
| Alarme | déclenchée | non déclenchée | non déclenchée | déclenchée | déclenchée |

Tableau 3.9 : Déclenchement d'alarme après seuillage (femmes)

-Pour le seuillage des femmes on a 3 personnes malades.

- **précision de la reconnaissance par le seuillage du VAD :**

Précision de la reconnaissance = (Le nombre des fichiers bien détectés \* 100) / 5

| la personne qui ronfle | Précision de la reconnaissance % |
|------------------------|----------------------------------|
| Femme                  | 60                               |
| homme                  | 60                               |

Tableau 3.10 : Précision de la reconnaissance.

Pour le deuxième test de la deuxième méthode nous avons utilisé aussi 10 signaux (femmes, hommes). Dans le cas test a été effectué sur 60% de l'ensemble des personnes qui ronfle. Les résultats indiqués dans le tableau ci-dessus.

### **3.8 Comparaison entre les deux méthodes de détection d'apnée :**

Dans cette expérience, Nous comparerons les résultats de deux méthodes de simulation par MATLAB, après avoir appliqué les deux méthodes à des signaux sélectionnés, nous avons observé l'apparition de six patients dans chacune. Cependant, une légère différence dans l'inconfort a été observée au niveau du ronflement des femmes tel qu'été malades, elles ont affiché normales au niveau de deuxième méthode.

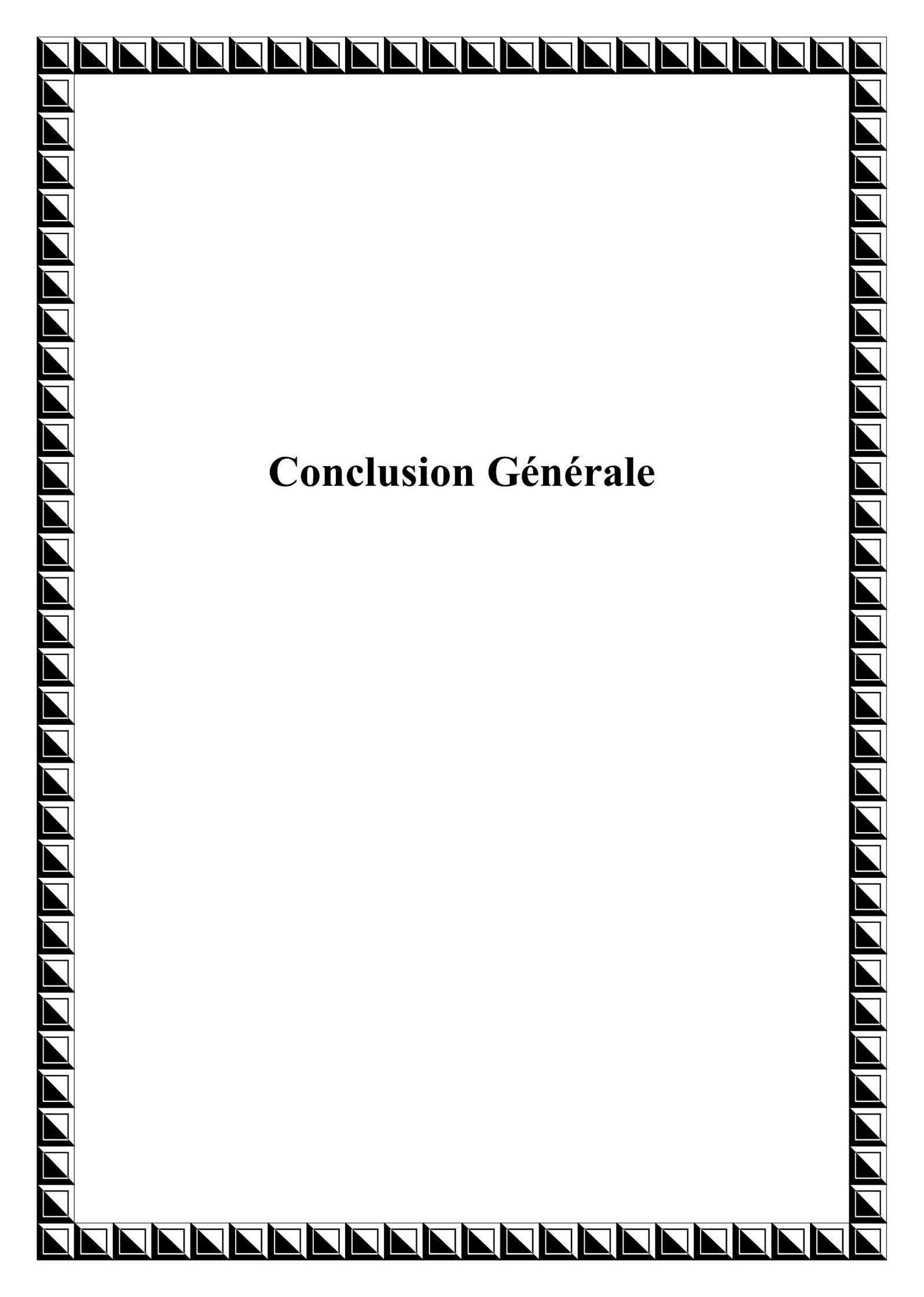
D'un point de vue général, Si on compare les résultats de déclenchement et d'alarme on peut noter que la deuxième méthode n'a pas donné de bons résultats car l'alarme s'est produite dans des positions presque incorrectes, ce qui permet une comparaison équitable entre différentes simulations.

### **3.9 Conclusion**

Dans ce dernier chapitre, nous avons présenté deux méthodes pour détecter l'apnée du sommeil, nous avons fait une petite présentation sur le programme MATLAB puis nous avons essayé de présenter le principe de notre travail avec les types de bases de données.

Nous avons choisi deux méthodes de détection d'apnée (par le seuillage d'énergie et VAD) et simulé différentes étapes pour tenter de les appliquer à nos signaux. Après que la conduite des expériences et l'apparition des résultats. On a comparé ces deux méthodes à travers le taux de reconnaissance et le type de résultat trouvé. Une légère différence a été observée car des femmes normalement malades n'ont pas été détectés par la méthode de VAD mais ont été bien détectées par la méthode d'énergies.

Donc Nous avons trouvé que la méthode de détection d'apnée par le seuillage d'énergie est la plus efficace et donne des meilleurs résultats.



# **Conclusion Générale**

# Conclusion Générale

---

## Conclusion Générale

Dans ce mémoire, nous avons étudié le ronflement pour détecter l'apnée du sommeil discuté de quelques méthodes de cette détection, on a pu valider la théorie qu'on a donné dans les chapitres 1 et 2 et testé ces méthodes dans le 3<sup>ème</sup> chapitre théorique, puis certaines ont été testées au troisième chapitre dans le but d'appliquer de seuillage.

Le travail a été organisé comme suit :

Le premier chapitre, nous avons donné une étude générale du sommeil et de l'apnée du sommeil (types, types et troubles du sommeil). Ensuite, on a brièvement expliqué le ronflement et nous avons présenté des notions de base sur le son.

Dans le deuxième chapitre, nous avons parlé du signal du ronflement et de ses caractéristiques et nous avons proposé des méthodes de détecter l'apnée pendant le ronflement.

Chapitre 3, nous avons expliqué les résultats de l'analyse du ronflement pour détecter l'apnée, c'est pourquoi nous avons commencé par télécharger le ronflement, puis après sa lecture on a appliqué les deux méthodes (seuillage d'énergie et VAD) pour vérifier nos résultats et utiliser les données obtenues plus tard.

Cette simulation vise à obtenir la découverte d'une apnée plus efficacement a fin d'obtenir des résultats correspondants et y'en discuter plus largement, en donnant les explications nécessaires. Les résultats ont montré que l'utilisation de la méthode de seuillage d'énergie était plus efficace que la technique VAD.

Cette expérience nous a permis d'apprendre, notamment de toucher plusieurs domaines tels que le traitement du signal, la programmation, etc.

## Références bibliographiques

---

- [1] G.J.Lavigne, P.A.Cistulli, et M.T, Smith. Odontologie et médecine du sommeil
- [2] RB. Berry, R .Budhiraja, Gottlieb DJ, et al. Rules for scoring respiratory events in sleep: update of the 2007 AASM Manual for the Scoring of Sleep and Associated Events. Deliberations of the Sleep Apnea Definitions Task Force of the American Academy of Sleep Medicine. J Clin Sleep Med 2012; 8: 57-6919
- [3] Jean-Baptiste Sauzeau. Impact des troubles du sommeil sur les processus de consolidation des apprentissages dépendants du sommeil chez l'enfant. Neurosciences. Université de Lyon, 2017. Français.
- [4] GOLDENBERG F. Analyse des tracés normaux et pathologiques : définition des paramètres et normes. In Benoit O, Goldenberg F. Exploration du sommeil et de la vigilance chez l'adulte. Cachan : Médicales Internationales, 1997, 2: 23-70.
- [5] BLAQUIERES MG. Le sommeil en question, Ellipses, Paris, 1999, 2: 17- 29.
- [6] LOFASO F, HARF A. Exploration des grandes fonctions pendant le sommeil ; respiration et sommeil. Exploration du sommeil et de la vigilance chez l'adulte. Editions médicales internationales. Cachan ; 1997. Partie 2 ; chapitre 3 : 73-106.
- [7] Laboratoire L. LAFON. Les apnées obstructives du sommeil. OPPM service ; 1996. 18 p.
- [8] Orcel B, Fleury B, Derenne JP. Du ronflement au syndrome d'apnées du sommeil. Rev Mal Respir 1990 ; 7 : 425-32.
- [9] M.GUERAN : « le syndrome d'apnées de sommeil en médecine générale : état des lieux des pratiques, freins à la prise en charge et au suivi ». Thèse de doctorat, université de paris diderot-paris7, 2015.
- [10] « le ronflement ». Centre de littérale en santé, université de Montréal, 2016
- [11] L'association pulmonaire. « Le guide de sur l'apnée du sommeil (troubles respiratoires du sommeil) ». 2018
- [12] CH. SCHEIBLING : « l'apnée du sommeil qu'est-ce que c'est ? ». Cool la vie, alliance du cœur.
- [13] D.TECULESCU. Epidémiologie du syndrome d'apnées du sommeil, In: WEITZENBLUM E., RACINEUX J-L. Syndrome d'apnées obstructives du sommeil, 2ème édition, MASSON, Paris, 2004, 4: 48-68.
- [14] <http://fondation sommeil.com/troubles-du-sommeil/troubles-du-sommeil-fréquents>

## Références bibliographiques

---

- [15] S.NAJI: « influence d'un traitement ostéopathique sur les personnes atteintes de ronflement ». Diplôme en ostéopathie 2016.
- [16] PETITFRERE CHARLOTTE : « apnée du sommeil : une maladie ancienne pourtant
- [17] cours du Dr Debs (professeur à la faculté de purpan)
- [18] E.NESSLER : « influence d'un protocole de traitement ostéopathique sur le ronflement à l'âge adulte ». Diplôme en ostéopathie, 2016.
- [19] V. R. Algazi, K. L. Brown, M. J. Ready, D. H. Irvine, C. L. Cadwell, Et S. Chung. « Transform representation of acoustic speech segments with applications-I: general approach and application to speech recognition ». IEEE trans. on speech and audioproc. vol (2), pp.180–195, 1993.
- [20] A. Hacine-gharbi, « Sélection de paramètres acoustiques pertinents pour la reconnaissance de la parole ». Thèse en cotutelle internationale, école doctorale sciences et Technologies (Orléans) et faculté de technologie (Sétif), Algérie, soutenue le 09 décembre 2012.
- [21] V. Bac le, « Reconnaissance automatique de la parole pour des langues peu dotées ». Interface homme machine [cs.HC]. Université Joseph-Fourier - Grenoble I, 2006. Français.
- [22] <http://dSPACE.univ-tlemcen.dz/bitstream/112/1046/7/chapitre1.pdf>
- [23] <https://docplayer.fr/98421-Traitement-numerique-du-son.html>
- [24] B.SALIM et N.AHMED : « compression et codage de la parole par la transformation KLT ». Master, université Djilali Bounaama (khemis Miliana), 2015-2016.
- [25] <https://www.techno-science.net/definition/1231.html>
- [26] [https://sti.discip.ac-caen.fr/IMG/pdf/les\\_signaux\\_electriques.pdf](https://sti.discip.ac-caen.fr/IMG/pdf/les_signaux_electriques.pdf)
- [27] A.OMAR ET M.MOURAD: « LA NUMERISATION D'UN SIGNAL AUDIO ». mémoire de Fin d'études en vue de l'obtention d'un diplôme d'Ingénieur d'état en électronique option communication. Université MOULOUD MAMMER (tizi ouzou). 2008.
- [28] <https://numerisation.univ-irem.fr/AAA/AAA05048/AAA05048.pdf>
- [29] [http://etab.ac-poitiers.fr/coll-vvignes-cozes/IMG/pdf/cours\\_signaux\\_sonores-frequence\\_et\\_utilisation.pdf](http://etab.ac-poitiers.fr/coll-vvignes-cozes/IMG/pdf/cours_signaux_sonores-frequence_et_utilisation.pdf)

## Références bibliographiques

---

- [30] [https://www.assistancescolaire.com/eleve/1re/enseignementscientifique/reviser-le-cours/1\\_sci\\_31](https://www.assistancescolaire.com/eleve/1re/enseignementscientifique/reviser-le-cours/1_sci_31)
- [31] M. Rezki, A. Alimohad, Contribution to Time and Frequency Analysis of Irregular Sleep Snoring, Electronics, VOL. 23, NO. 2, Decembre 2019
- [32] <https://ieeexplore.ieee.org/document/1279654>
- [33] A. Leiberman, A. Cohen, Computerized analysis of snoring, in Chronic Ronchopathy CH Chouard Ed, Paris, (1988).
- [34] [https://www.news-medical.net/health/Snoring-Grades-\(French\).aspx](https://www.news-medical.net/health/Snoring-Grades-(French).aspx)
- [35] Soumaya.Gharsallaou, Détection et classification de traits paralinguistiques par des métriques rythmiques de la parole, thèse de doctorat, université du Québec à trois-rivières, Aout 2016
- [36] F.RACINE : « modélisation du son ». Centre Galois, 2013.
- [37] M. BOUCHRA et MOUHOU RYM : « Acquisition et traitement temporel du signal vocal acoustique : Application au dépistage des dysphonies chroniques d'origine laryngée ». Master, université Abou bakr Belkaid (Tlemcen), 2014-2015
- [38] S. Mohammed Faouzi. Estimation et modélisation paramétrique de l'onde glottique en vue de la caractérisation objective de la voix pathologique. Autre. Université Henri Poincaré - Nancy 1, 1991. Français.
- [39] K. Tomi , Spectral Features for Automatic Text-Independent Speaker Recognition Thèse University of Joensuu Department of Computer Science Finland December 21, 2003
- [40] A. Yassamine, Modélisation AR et ARMA de la Parole pour une Vérification Robuste du Locuteur dans un Milieu Bruité en Mode Dépendant du Texte, Magister, Faculté de Technologie Département d'Electronique, Université Ferhat Abbas, Sétif, Algérie, 2013.
- [41] Y.AUREGAN, C.DEPOLLIER r, J. RACINEUX et N. MESLIER : « *analyse des signaux de ronflement* ». Journal de Physique Colloques, 1990.
- [42] Alexandru Craciun , Implémentation D'une Mémoire Robuste De Détection D'activité Vocale Sur Le processeur De Signal TMS320C6711.
- [43] Etienne Sicard, Anne Menin-Sicard. Le spectrogramme et son application en clinique orthophonique. 2021. hal-03107434

## Références bibliographiques

---

- [44] Z.HAMAIZA et M.BEDDA : « analyse et synthèse de la parole arabe ». Université Mohamed khider (Biskra), 2011.
- [45] A. Alimohad, « Contribution à l'inférence d'identité en utilisant un système de reconnaissance du locuteur gmm-ubm ». Thèse de doctorat, Université Blida-1, soutenue septembre 2015.
- [46] Samir hakim abbou,«unre application de la transformer en ondelettes à la reconnaissance des commandes vocales en milie bruité et sa mise en oeuvre par processeur dédié ay traitement du signal»,école dee technologie supérieure , Université du Québec,05 janvier 2006.,
- [47] K. Sakhnov, Member, IAENG, E.Vereteletskaya, B.Simak, « Approach for energy-based voice detector with adaptive scaling factor », IAENG International Journal of Computer Science, vol (16).pp.4-16, novembre2009.
- [48] O.Said, « Optimisation Multi-objectif dans les Problèmes de Filtres»,Faculté de Mathématiques , Université des Sciences et de la Technologie Houari Boumediene ,19 septembre 2020.
- [49] A. Seghir, "Présentation de MATLAB : Cours de Méthodes Numériques, Département d'Hydraulique, Université A.Mira de Béjaia, p-2,2014/2015

## ملخص

توقف التنفس أثناء النوم هو اضطراب خطير. يتوقف التنفس بشكل متكرر لفترة كافية لإفساد النوم، وغالبًا ما يتسبب في انخفاض مؤقت في مستويات الأكسجين وزيادة مستوى ثاني أكسيد الكربون في الدم، ومن أحد الأسباب الرئيسية توقف التنفس أثناء النوم يكمن في الشخير، ومن هنا تأتي أهمية دراسته.

في هذه الأطروحة اقترحنا حلاً لاكتشاف انقطاع التنفس أثناء النوم عن طريق إعطاء التنبيه إما للشخص نفسه أو للشخص الذي يراقبه، وكان هذا ممكنًا بفضل تطبيقنا الذي طورناه بإتباع طريقتين (عتبات الطاقة و VAD) على صوت الشخير بواسطة MATLAB ثم قمنا بإجراء مقارنة للعثور على الطريقة الأكثر فعالية.

أخيرًا، يجب معالجة الشخير قبل أن يتطور، لأن أي تأخير خطير على الشخص يمكن أن يكون له عواقب وخيمة.

**الكلمات المفتاحية:** الشخير، MATLAB، توقف التنفس أثناء النوم، العتبة، VAD، الكشف

## Résumé

L'apnée du sommeil est un trouble grave. La respiration s'arrête à plusieurs reprises assez longtemps pour gêner le sommeil, entraînant souvent une diminution temporaire des niveaux d'oxygène et une augmentation du niveau de dioxyde de carbone dans le sang. ET une des causes principales. De l'apnée du sommeil se trouve le ronflement d'où l'importance de son étude.

Dans ce mémoire nous avons proposé une solution pour détecter l'apnée du sommeil en donnant l'alerte soit à la personne lui mêmes soit la à la personne qui veille sur lui, ceci a été possible grâce à notre application qu'on a développé en suivant deux méthodes (seuils d'énergie et VAD) au son du ronflement par MATLAB puis nous avons fait une comparaison pour découvrir la méthode la plus efficace.

Enfin, le ronflement doit être traité avant qu'il ne se développe, car tout retard grave sur la personne peut entraîner des conséquences graves.

**Mots clés :** ronflement, MATLAB, apnée du sommeil, seuillage, VAD, détection.

## Abstract

Sleep apnea is a serious disorder. Breathing repeatedly stops long enough to spoil sleep, often resulting in a temporary decrease in oxygen levels and an increase in the level of carbon dioxide in the blood. From sleep apnea is snoring hence the importance of its study.

In this thesis we proposed a solution to detect sleep apnea by giving the alert either to the person himself or to the person who watches over him, this was possible thanks to our application that we developed by following two methods (energy thresholds and VAD) to the sound of snoring by MATLAB then we made a comparison to discover the most effective method.

Finally, snoring must be treated before it develops, as any severe delay on the person can lead to serious consequences.

**Keywords:** snoring, MATLAB, sleep apnea, thresholding, VAD, detection.