

REPUBLIQUE ALGERIENNE DEMOCRATIQUE ET POPULAIRE
MINISTERE DE L'ENSEIGNEMENT SUPERIEUR ET DE LA RECHERCHE
SCIENTIFIQUE
UNIVERSITE AKLI MOHAND OULHADJ-BOUIRA



Faculté des Sciences et des Sciences Appliquées
Département : Génie Electrique

Mémoire de fin d'étude master

Présenté par :
HAMRI Samia

Filière : Génie biomédical
Option : instrumentation biomédicale

Thème :

Etude du ronflement par approche analytique

Devant le jury composé de :

Mr MOUDACHE.S	MAA	UAMOB	Président
Mr REZKI.M	MCB	UAMOB	Encadreur
Mr BENZIANE.M	MAA	UAMOB	Examineur

Année Universitaire 2018/2019

Remerciements

En tout premier lieu, je remercie le bon Dieu, tout puissant, de m'avoir donné la force pour survivre, ainsi que l'audace pour dépasser toutes les difficultés.

Je tiens à exprimer ma reconnaissance à mon encadreur monsieur **REZKI Mohamed** pour avoir accepté de m'encadrer dans cette étude. Je le remercie pour son implication son soutien, et ses encouragements tout au long du travail.

Je souhaite adresser mes remerciements sincères au corps professoral et administratif de département génie électrique pour la richesse et la qualité de leur enseignement et qui déploient de grands efforts pour assurer à leurs étudiants une formation actualisée.

Je tiens à remercier les membres du jury d'avoir accepté très aimablement de juger ce travail.

Veillez trouver ici l'expression d'une infinie reconnaissance.

J'adresse mes plus sincères remerciements à ma famille: mes parents, tous mes proches et amis, qui m'ont accompagné, aidé, soutenu et encouragé tout au long de la réalisation de ce mémoire.

Afin de n'oublier personne, mes remerciements s'adressent à tous ceux qui nous ont aidé à la réalisation de ce travail.

Dédicaces

Je dédie ce modeste travail:

À mes très chers parents *Ali* et *malika*, aucune dédicace ne saurait être assez éloquente pour estimer et de respecter que je vous porte, l'éducation et le bien être que vous m'assurez, pour votre soutien, vos sacrifices et vos prières.

À mes adorables frères : *Mouhand* et *Amar* et mes aimables sœurs : *Amal, Kahina* et *Anissa*, je leurs souhaite la réussite et le succès dans leurs vies professionnelle et quotidienne.

À toute ma famille sans exception.

À mes enseignants dont les conseils précieux m'ont guidée.

À mes amis et collègues qui comptent pour moi.

À tous ceux qui ont toujours cru en moi et m'ont poussé à réussir.

Table des matières

Table des matières.....	i
Liste des figures.....	vi
Liste des abréviations.....	viii
Introduction générale	1
Chapitre 1 : Ronflement et apnée de sommeil	
I.1. Introduction.....	2
I.2. Sommeil.....	2
I.2.1. Définition	2
I.2.2. Types de sommeil :	2
I.2.2.1. Sommeil a ondes lents :	2
➤ Stade 1 :.....	3
➤ Stade 2 :.....	3
➤ Stade 3 :.....	3
I.2.2.2. Sommeil paradoxal (SP)	4
I.2.3.Troubles de sommeil	4
I.2.3.1. Insomnie.....	4
I.2.3.2. Hypersomnie	4
I.3.Ronflement.....	4
I.3.1. Définition	4
I.3.2.Épidémiologie	5
I.3.3. Physiopathologie du ronflement.....	5
I.3.4. Facteurs de risques	7
I.3.4.1. Age et Sexe	7
I.3.4.2. Position lors du sommeil:.....	7
I.3.4.3. Obésité :	7
I.3.4.4. Tabac:.....	7

Table des matières

I.3.4.5. Alcool:	7
I.3.4.6. Médicaments:	7
I.3.4.7. Altitude :	8
I.3.5. Moyens de traitements.....	8
I.3.5.1. Traitement des allergies	8
I.3.5.2. Hygiène du nez.....	8
I.3.5.3. Port d'une prothèse dentaire.....	8
I.3.5.4. Chirurgie classique	9
I.3.5.5. Pharyngotomie par laser	9
I.3.5.6. Ventilation par pression positive continue.....	9
I.3.5.7. Perde de poids	10
I.4. Apnée de sommeil.....	10
I.4.1. Définitions.....	10
➤ Apnée du sommeil	10
➤ Hypopnée.....	11
➤ Syndrome d'apnée du sommeil :	11
I.4.2. Mécanisme de l'apnée	11
I.4.3. Types d'apnées.....	13
I.4.3.1. Apnées obstructives.....	13
I.4.3.2. Apnée centrale :.....	13
I.4.3.3. Apnée mixte :	14
I.4.4. Symptômes de l'apnée du sommeil.....	14
I.4.5. Diagnostique d'apnée de sommeil	14
I.4.5.1. Polysomnographie	14
I.4.5.2. Polygraphie	14
I.5. Conclusion	15

Chapitre2 : Approche analytique de ronflement

II.1. Introduction	16
II.2. Définitions	16
➤ Parole	16
➤ Son.....	16
II.2.1. Classification des sons de la parole.....	16
II.2.1.1. Sons voisés.....	16
II.2.1.2.Sons non voisés :	17
II.2.2. Propriétés statistiques du signal vocal.....	17
II.2.2.1. Densité de probabilité.....	17
II.2.2.2. Valeur moyenne et variance	17
II.2.2.3. Fonction d'autocorrélation.....	18
II.2.2.4. Densité spectrale de puissance	18
II.3. Analyse acoustique de la parole :	18
II.4.Traitement numérique de la parole	19
II.4.1. Analyseur.....	19
II.4.2. Reconnaissance	19
II.4.2.1. Applications :	20
a) Télécommunication	20
b) Application bureau/PC.....	20
c) Applications médicales et légales	20
d) Application militaires.....	20
II.4.2.2. Approche de reconnaissance de la parole	20
II.4.2.2.1. Approche analytique.....	21
II.4.2.2.2. Approche global	21
II.4.3.Synthèse.....	21
II.5. Analyse de ronflement	22

Table des matières

II.5.1. Caractéristiques d'un signal de ronflement	23
II.5.1.1. Pitch.....	23
II.5.1.2. Fréquence.....	24
II.5.1.3. Durée	25
II.5.1.4. Amplitude	25
II.5.1.5. Intensité	25
II.5.1.6. L'énergie.....	25
II.5.1.7. Spectre	25
II.5.1.8. Timbre	27
II.5.2. Analyse des caractéristiques du ronflement	27
II.5.3. Étude des paramètres.....	27
a) Fréquence fondamentale	28
b) Analyse des formants.....	29
II.6. Méthodes d'analyse le ronflement	29
II.6.1. Méthode temporelle	29
A. Analyse par autocorrélation.....	29
B. Coefficient d'atténuation.....	30
II.6.2. Méthode spectrale	31
A. Analyse par la méthode cepstrale	31
II.7. Conclusion.....	32
 Chapitre 3 : Analyse de ronflement	
III.1. Introduction	33
III.2. Détection de pitch	33
III.2.1. Détection de pitch par la méthode d'autocorrélation	33
III.2.2. Détection de pitch par la méthode cepstral	34
III.2.3. Comparaison entre la méthode d'autocorrélation et cepstral	38
III.3. Détection des formants.....	38

Table des matières

III.3.1. Estimation des formants par prédiction linéaire(LPC)	38
III.3.2. Principe du modèle de prédiction linéaire	38
III.3.3. Analyse des formants	40
III.4. Analyse de la densité du spectre d'énergie	43
III.5. Conclusion.....	43
Conclusion générale	44
Bibliographie	45

Liste des figures

Chapitre 1

Figure	Titre	page
I.1	Stades de sommeil	3
I.2	Schéma d'une respiration normale	5
I.3	Ronflement	5
I.4	Tissus mous de la gorge	6
I.5	Solution saline pour le nez	8
I.6	Orthèse pour avancer la mâchoire	9
I.7	Appareil a pression positive continue	10
I.8	Schéma d'une respiration avec apnée	11
I.9	Voies respiratoires ouvertes	12
I.10	Voies respiratoires partiellement fermées (hypopnée)	12
I.11	Voies respiratoires entièrement fermées (apnée)	13

Chapitre2

Figure	Titre	Page
II.1	Exemple de sons voisé	17
II.2	Exemple de sons non voisé	17
II.3	Traitement numérique de la parole	19
II.4	Principe de la reconnaissance de la parole	21
II.5	Présent un signal original	22
II.6	Présent un signal synthétisé	22
II.7	Exemple d'un signale de ronflement	23
II.8	Détection de pitch par l'autocorrélation	24

Liste des figures

II.9	Détection de pitch par cepstre	24
II.10	Spectre obtenue par la transformation de Fourier	26
II.11	Exemple de spectre d'un signal non voisé	26
II.12	Exemple de spectre d'un signal voisé	27
II.13	Exemple d'un signal de ronflement étudié	28
II.14	Exemple de la fréquence fondamentale	29
II.15	Exemple de spectre de différentes voyelles	29
II.16	Mise en forme le signale de la parole	30
II.17	Présente le cepstre	31

Chapitre 3

Figure	Titre	page
III.1	Signal de ronflement étudié	33
III.2	Signal de ronflement analysé	34
III.3	Echantillons de signal de ronflement	35
III.4	500 échantillons de signale de ronflement	35
III.5	Fenêtrage de Hamming de ronflement	36
III.6	FFT du signal fenêtré	37
III.7	Cepstrale du signal de ronflement	37
III.8	Formants de ronflement	40
III.9	Formant 1 de ronflement	41
III.10	Formant 2 de ronflement	41
III.11	Formant 3 de ronflement	42
III.12	Spectre d'énergie	43

Listes d'abréviations

EEG Electroencéphalogramme

EMG Electromyogramme

ECG Electrocardiogramme

FFT Fast Fourier Transform

LPC Linear Predictive Coding

SP Sommeil Paradoxal

Introduction générale

Introduction générale

Le sommeil est très important dans la vie, on ne peut pas vivre sans dormir, et la privation de sommeil à des conséquences néfastes pour la santé. Le plus souvent le sommeil est suivi d'un ronflement.

Le ronflement est un phénomène très répandu parmi la population, il est avant tout considéré comme une gêne plutôt qu'une pathologie. Pour le ronfleur : manque d'énergie, symptômes nocturnes comme difficulté à s'endormir, réveil pendant la nuit, maux de tête au réveil symptôme diurne comme somnolence, trouble de concentration, trouble de la mémoire sont des répercussions du ronflement. Le ronflement peut être aussi une nuisance pour les autres. Tout ronflement peut évoluer vers une situation pathologique. En effet, avec le temps une maladie intercurrente, le ronflement peuvent se compliquer en pauses respiratoires (les apnées du sommeil). Les apnées du sommeil se définissent par des arrêts répétés de la respiration au cours du sommeil, ces pauses respiratoires résultent le plus souvent d'un blocage au passage de l'air dans les voies aériennes supérieures, on parle alors d'apnées «obstructives ». Elles sont pathologiques lorsqu'elles durent plus de 10 secondes [1] [2].

A travers ce travail on vise l'analyse d'un signal de ronflement qui est un cas spécial de la parole pour extraction de certains paramètres (pitch et formant), nous avons utilisé plusieurs méthodes d'analyse (autocorrélation, cepstral et prédiction linéaire « LPC ») programmée sous Matlab.

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 la physiopathologie et les facteurs des risques de ronflement, et nous avons parlé aussi sur la maladie d'apnée de sommeil et leur diagnostic.

Dans le deuxième chapitre, nous allons parler du signal de la parole, les caractéristiques d'un signal sonore, l'analyse de ronflement et les différentes méthodes d'analyse.

Dans le troisième chapitre, nous avons programmé les différentes méthodes d'analyse sur matlab, et discuter par la suite des résultats obtenus.

Le manuscrit sera finalisé par une conclusion générale, aussi les perspectives de ce travail.

Chapitre 1 :

Ronflement et apnée de sommeil

I.1. Introduction

L'état de veille est interrompu de façon cyclique par le sommeil. Le sommeil est un processus actif qui correspond à une suspension d'activité au niveau du système réticulé activateur ascendant, et à son remplacement par une autre activité qui prend naissance dans des structures anatomique différentes. Le sommeil constitue un état modifiable de conscience que l'on vit quotidiennement et naturellement et qui occupe un tiers de la vie. il modifie plusieurs paramètres physiologiques respiratoires. On peut citer une perte du contrôle volontaire de la ventilation, une diminution de l'activité et de la sensibilité des centres respiratoires, une diminution de l'activité des muscles respiratoires notamment en sommeil paradoxal. Ces modifications peuvent aggraver les pathologies respiratoires existantes, ou être à l'origine de pathologies respiratoires spécifiques du sommeil [3].

Le plus souvent, le sommeil est suivi d'un ronflement, Le ronflement désigne le bruit respiratoire que produit un dormeur. Ce bruit traduit la vibration des tissus de la gorge détendus par le sommeil. Tout ronflement peut évoluer vers une situation pathologique [4].

Dans ce chapitre, nous allons essayer de donner une idée générale sur le sommeil, le ronflement, les apnées de sommeil, et de discuter sur les facteurs de risques de cette dernière.

I.2. Sommeil

I.2.1. Définition

Défini comme un état physiologique périodique au cours duquel la vigilance de l'individu est suspendue, et sa réactivité aux stimulations sensorielles exogènes et amoindrie [5].

I.2.2. Types de sommeil

I.2.2.1. Sommeil à ondes lente

C'est la première phase du sommeil qui représente près de 80% de la durée totale de sommeil, il prend à l'aide d'un électroencéphalographe charge d'enregistrer l'activité cérébrale du dormeur [3] [6].

Que ce soit chez l'enfant, l'adolescent, l'adulte ou la personne âgée, on rencontre les mêmes stades de sommeil, ces stades sont répartis entre sommeil lent et sommeil paradoxal.

Selon la classification polysomnographique le sommeil lent comporte trois stades [7] :

➤ **stade 1 :**

Aussi appelé stade d'endormissement, correspond à un stade de transition entre l'éveil et le sommeil. L'activité EEG toujours désynchronisée, ralentit peu-à-peu par rapport à l'éveil, le rythme alpha disparaît progressivement laissant la place au rythme thêta (4-8Hz).

Le tonus musculaire diminue également par rapport à l'éveil mais reste quand même élevé et les mouvements oculaires enregistrés sont lents. Il semble jouer un rôle important chez les créateurs qui lui attribuent certaine intuition ou des idées ayant amené la solution à leur problème [3] [8].

➤ **Stade 2 :**

Appelé sommeil lent léger, Au cours de ce stade l'activité EEG toujours désynchronisée continue son ralentissement progressif, et des graphoéléments spécifiques du sommeil lent léger commencent à apparaître. Ce stade apparaît durant des périodes de 1 à 2 secondes, des fuseaux de sommeil de fréquence plus élevées (12 à 14hz) que les ondes alpha, la durée de ce stade varie de 30 à 40minutes [3] [8].

➤ **Stade 3 :**

Aussi appelé sommeil lent profond, le sujet dort profondément et peut se réveiller mais difficilement. L'activité EEG continue à ralentir par rapport au sommeil lent léger, elle est synchronisée et caractérisée par la présence importante d'ondes amples appelées ondes delta. Le tonus musculaire continue à diminuer progressivement par rapport au sommeil lent léger. Le rythme cardiaque, quant à lui, est ralenti et la respiration est régulière. Le sommeil lent profond représente 20 à 25% du temps de sommeil total [8].

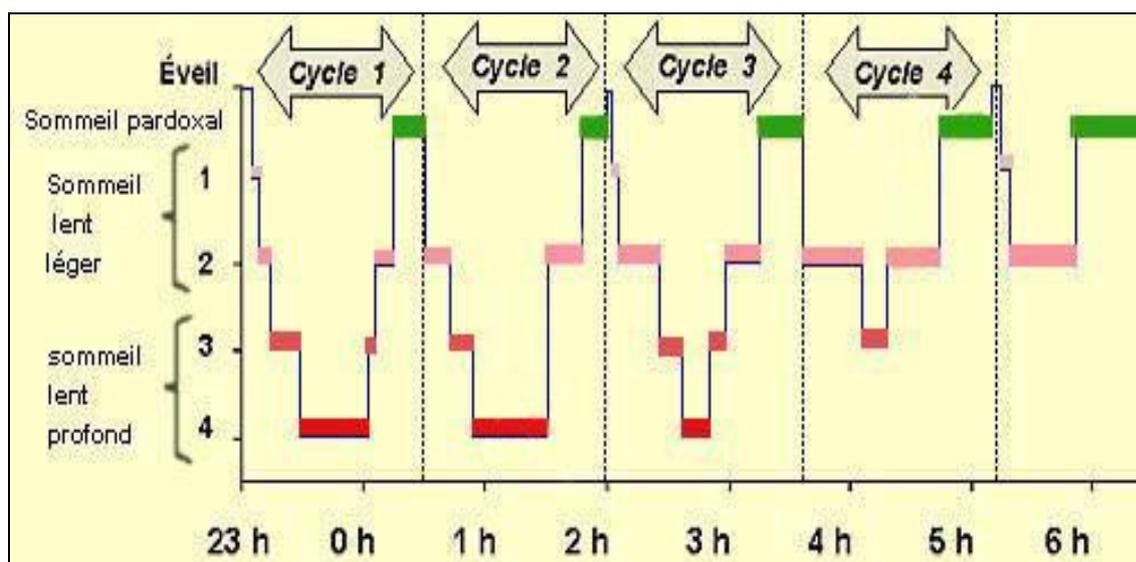


Figure I.1: Stades de sommeil [9].

I.2.2.2. Sommeil paradoxal (SP)

Il représente une durée totale entre 20 et 25% du cycle, selon l'âge et l'état du sujet. Au cours de sommeil paradoxal on observe des mouvements oculaires rapides isolés ou en bouffées, tout à fait visibles pour l'observateur du sujet endormi, sous la forme d'ondulations des paupières closes. Le sommeil paradoxal est associé au sommeil des rêves peuvent survenir aussi dans des autres phases du sommeil [10] [11].

I.2.3. Troubles de sommeil

Les origines des troubles du sommeil sont différent. Ils sont généralement classés parmi le trouble comportement et peuvent être le symptôme d'un déséquilibre, les troubles plus fréquents sont : L'insomnie et l'hypersomnie [7].

I.2.3.1. Insomnie

L'insomnie est une difficulté à initier, maintenir ou consolider son sommeil, ceci malgré un horaire et un environnement général favorable.

Il s'agit d'une perturbation qui concerne la qualité, la quantité et l'horaire du sommeil. Elle donne l'impression d'avoir un sommeil non-réparateur, cette perturbation doit persister durant une période prolongée : au moins trois fois par semaine et ce pendant un mois minimum, elle est reconnaissable par la présence de l'un ou de plusieurs des points suivants :

- Difficulté d'endormissement.
- Difficulté du maintien du sommeil.
- Réveil matinal précoce avec incapacité de s'endormir à nouveau [12].

I.2.3.2. Hypersomnie

L'hypersomnie est plus rare, se caractérise par une somnolence excessive, ou des attaques de sommeil pendant la journée qui ne peut s'expliquer par une quantité insuffisante de sommeil. Ce trouble doit durer plus d'un mois, ou récidiver par périodes de plus longue durée, et entraîner un épuisement, ou amputer les performances sociales et professionnelles [7].

I.3. Ronflement

I.3.1. Définition

Le ronflement est un son produit par la vibration du voile du palais et des parois pharyngées au cours du sommeil. Il survie le plus souvent lors de l'inspiration, mais peut également être présent lors de l'expiration [4]

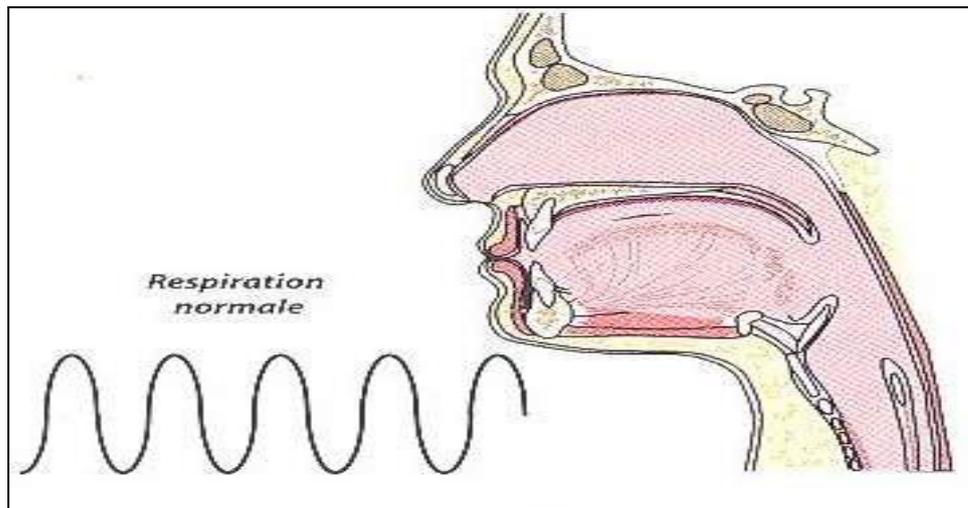


Figure I.2: Schéma d'une respiration normale [4].

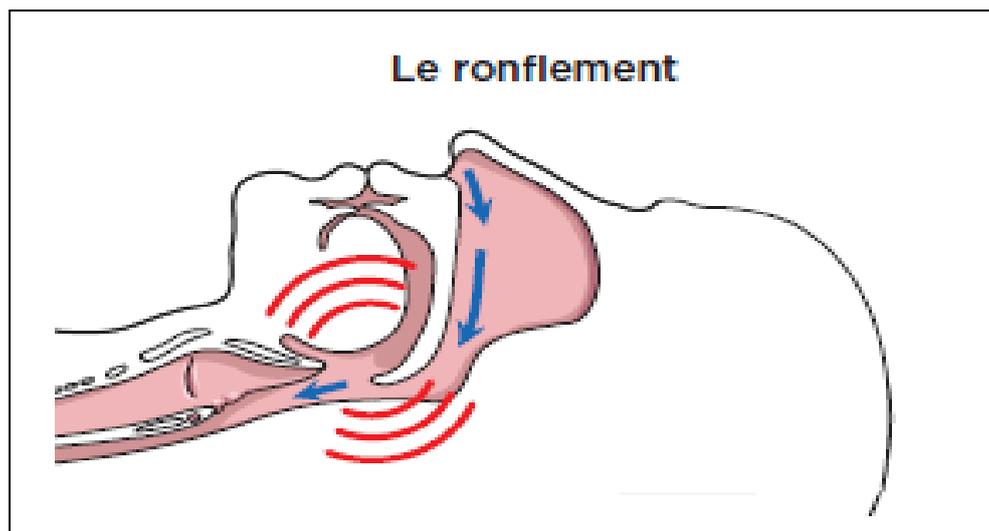


Figure I.3: Ronflement [13].

Le ronflement provient des tissus mous de la gorge pendant le sommeil, il vibre quand vous inspirez. Cela peut produire un bruit très fort [13].

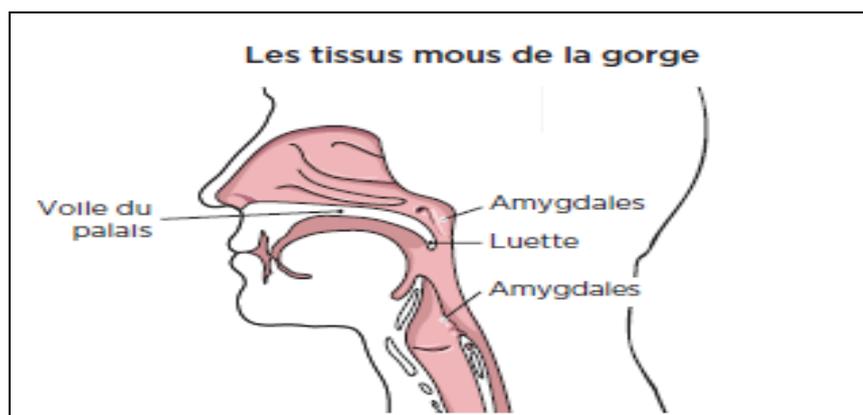


Figure I.4: Tissus mous de la gorge [13].

I.3.2. Épidémiologie

Le ronflement est une nuisance fréquente que l'on peut retrouver à n'importe quel âge. Il peut atteindre une intensité de 90 à 100 dB, l'équivalent du passage d'un camion à proximité. On estime que plus de 40% des adultes de plus de 50 ans ronflent de manière régulière [14]. On peut le caractériser par son temps de survenue permanent ou occasionnel, sa durée, son intensité, sa hauteur et son timbre. Le plus souvent, il est inspiratoire, aussi expiratoire bouche ouverte, intensité de 76 dB en moyenne, il s'agit d'un bruit intense grave et inspiratoire [13].

I.3.3. Physiopathologie du ronflement

La question est toujours ouverte de savoir si le ronflement qu'il soit habituel, occasionnel ou continu est réellement dangereux pour la santé. Il est très difficile d'isoler le ronflement comme facteur unique de morbidité et de le relier par exemple : à une morbidité cardiovasculaire. Par contre la morbidité du syndrome d'apnées-hypopnées de forme obstructive liée au sommeil, a été démontrée en ce qui concerne les pathologies Cardiovasculaires l'altération de la qualité de vie, la somnolence diurne et même les accidents de la route.

Les ronflements, les apnées et les hypopnées sont donc étroitement liés : on peut ainsi ronfler sans avoir d'apnée, mais on a rarement des apnées sans ronflement, de plus les apnées qui sont définies comme un arrêt complet du flux respiratoire, sont généralement accompagnées d'hypopnées qui sont définies comme des diminutions du flux respiratoire, entraînant des désaturations et des éveils qui sont aussi délétères pour la santé [15].

I.3.4. Facteurs de risques

I.3.4.1. Age et sexe

Dans les premières décennies de la vie le ronflement est peu répandu dans les deux sexes. Il est en rapport avec des modifications morphologiques tel que l'hypertrophie amygdalienne, voile du palais très long, forme de la mâchoire et de la langue [14].

Le nombre de ronfleurs croît avec l'âge jusqu'à 60 ans (30% à 30ans) le sexe : jusqu'à 60 ans la fréquence des ronfleurs chez les hommes est plus importante que chez les femmes [1].

I.3.4.2. Position lors du sommeil :

La position sur le dos du corps entraîne le voile vers l'arrière, il va donc se reposer sur la paroi postérieure du pharynx qui va bloquer le passage de l'air. Le passage de l'air inspiratoire nasal peut facilement le soulever et le faire vibrer, et donc induire le ronflement. C'est la position habituelle du ronfleur sévère, et c'est dans cette position que les risques asphyxiques sont les plus grands [14].

I.3.4.3. Obésité

Le ronflement croît avec l'indice de masse corporelle [1].

I.3.4.4. Tabac

Une relation «dose-effet» a été mise en évidence entre la consommation de tabac et la prévalence du ronflement. Il est responsable d'une distension des tissus par destruction des fibres élastiques, diminuant ainsi la lumière de la filière oropharyngée 30% des fumeurs hommes sont des ronfleurs [4].

I.3.4.5. Alcool

L'alcool favorise la congestion des muqueuses aéro-digestives supérieures surtout pris avant le coucher, il va également approfondir le sommeil de manière anormale en rendant plus tardive la réaction d'éveil secondaire en raison du manque d'oxygène qui accompagne le ronflement [14].

I.3.4.6. Médicaments

Par un mécanisme analogue à l'alcool, les médicaments tels que les somnifères aggravent le relâchement musculaire donc le ronflement [14].

I.3.4.7. Altitude

La diminution de la pression atmosphérique et une éventuelle hypoxie relative peuvent causer un ronflement [4].

I.3.5. Moyens de traitements

Le traitement du ronflement dépend bien entendu de sa cause, de sa gravité et des complications qui lui sont associées [9].

Il existe plusieurs moyens de réduire le ronflement voici les principaux :

I.3.5.1. Traitement des allergies

Par des médicaments antihistaminiques [9].

I.3.5.2. Hygiène du nez

Avoir le nez bouche force à respirer par la bouche ce qui favorise le ronflement, voici quelques conseils pour moins risquer d'avoir le nez bouche

- Rendez l'air de votre chambre plus humide avec un humidificateur
- Des gouttes pour le nez pourraient aussi être utiles
- Rincez-vous le nez à l'aide d'un liquide d'hydratation saline [8].



Figure I.5: Solution saline pour le nez [8].

I.2.5.3. Port d'une prothèse dentaire

Qui a pour but d'agrandir l'ouverture des voies respiratoires supérieures pendant le sommeil en avançant la mâchoire inférieure de quelque millimètre. Ce dispositif peut être inconfortable et donc mal toléré [9].



Figure I.6 : Orthèse pour avancer la mâchoire [8].

I.3.5.4. Chirurgie classique :

Consiste à enlever une partie du voile du palais ou la luette, ou les deux afin d'élargir les voies respiratoires. Les polypes nasaux ou les amygdales peuvent aussi être retirés, l'opération est efficace dans les deux tiers des cas [9].

I.3.5.5. Pharyngotomie par laser

La pharyngotomie par laser consiste à retirer une partie du voile du palais et de la luette, comme dans l'opération précédente. A ceci près que celle-ci est réalisée avec un laser. L'opération au laser se fait sous anesthésie locale et ne nécessite pas d'hospitalisation mais plusieurs séances peuvent être nécessaires [12].

I.3.5.6. Ventilation par pression positive continue

Le principe de cette méthode consiste à porter un masque durant son sommeil. Ce masque est raccordé à un appareil soufflant de l'air pressurisé et permettant ainsi de dégager les voies respiratoires pour empêcher le ronflement et les apnées du sommeil [12].



Figure I.7 : Appareil à pression positive continue [12].

I.3.5.7. Perde de poids

Le surpoids est l'un des principaux facteurs aggravants du ronflement. La probabilité d'être sujet au ronflement lorsqu'on a quelques rondeurs est plus importante que lorsque l'on maintient son poids de forme si vous avez quelques kilos en trop, en plus de vous remettre en forme, un régime vous permettra souvent de diminuer l'intensité de votre ronflement en faisant diminuer la taille des tissus du pharynx. Ce qui aura pour conséquence un meilleur passage de l'air et donc moins de ronflement [13].

I.4. Apnée de sommeil

I.4.1. Définitions

➤ Apnée du sommeil

L'apnée du sommeil est un arrêt respiratoire de 10 secondes et plus, survenant pendant votre sommeil et qui entraîne un manque d'oxygénation du cerveau et du cœur [16].

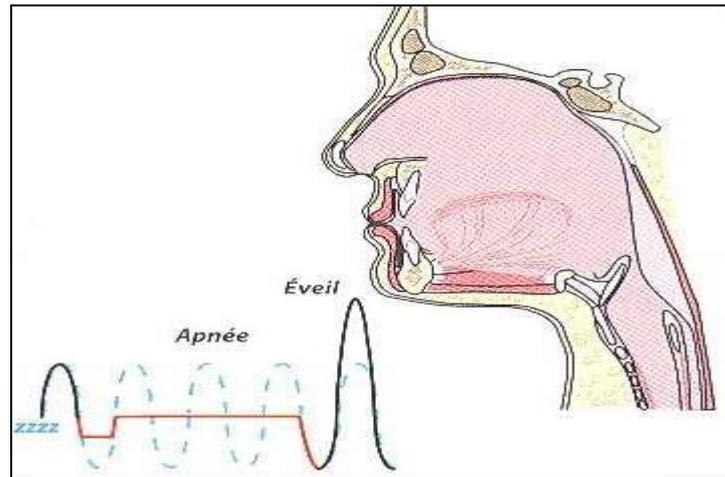


Figure I.8: Schéma d'une respiration avec apnée [4].

➤ **Hypopnée**

Une hypopnée est une diminution quantitative du flux aérien d'au moins 50% pendant environ 10 secondes, Le flux respiratoire est cependant plus faible et ceci entraîne une chute en oxygène sanguin, et se termine aussi par une réaction de réveil [16].

➤ **Syndrome d'apnée du sommeil**

Est une pathologie fréquente dans la population générale adulte avec une prévalence d'environ 20% pour des troubles légers, et une nette prédominance masculine [17].

Le syndrome d'apnées du sommeil est mieux connu aujourd'hui chez les médecins généralistes et même les cardiologues [18].

I.4.2. Mécanisme de l'apnée

Durant un sommeil normal les muscles qui contrôlent la langue, le palais mou et les parois du pharynx maintiennent les voies respiratoires ouvertes [19].

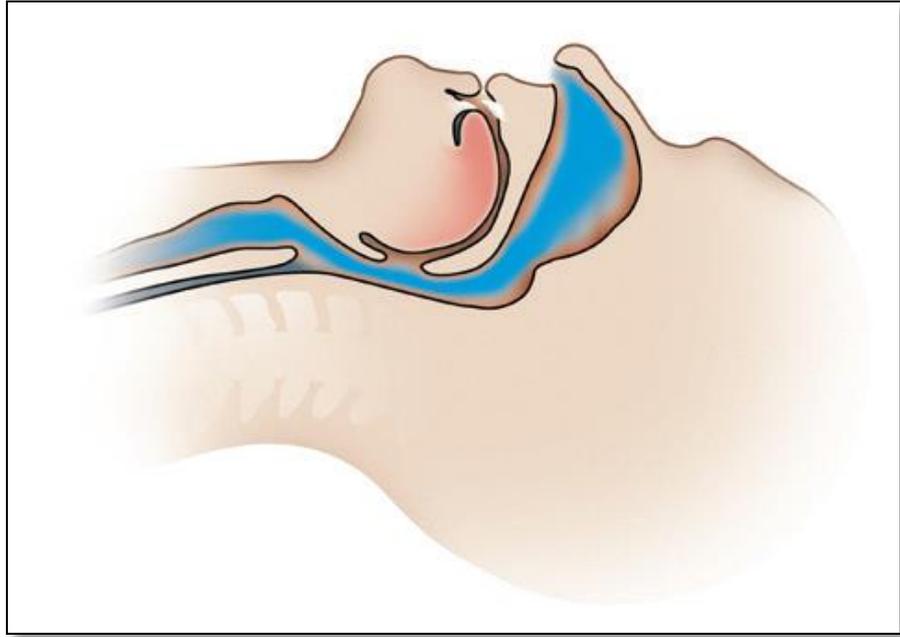


Figure I.9: Voies respiratoires ouvertes [19].

Au moment de l'endormissement les muscles du fond de la gorge se relâchent, entraînant un affaissement des parois qui rétrécit le conduit des voies aériennes, l'air passe alors difficilement et fait vibrer les tissus relâchés produisant ainsi le ronflement. Un blocage partiel qui réduit le passage de l'air est appelé une hypopnée et un blocage complet des voies respiratoires durant un minimum de 10 secondes est appelé une apnée [2].

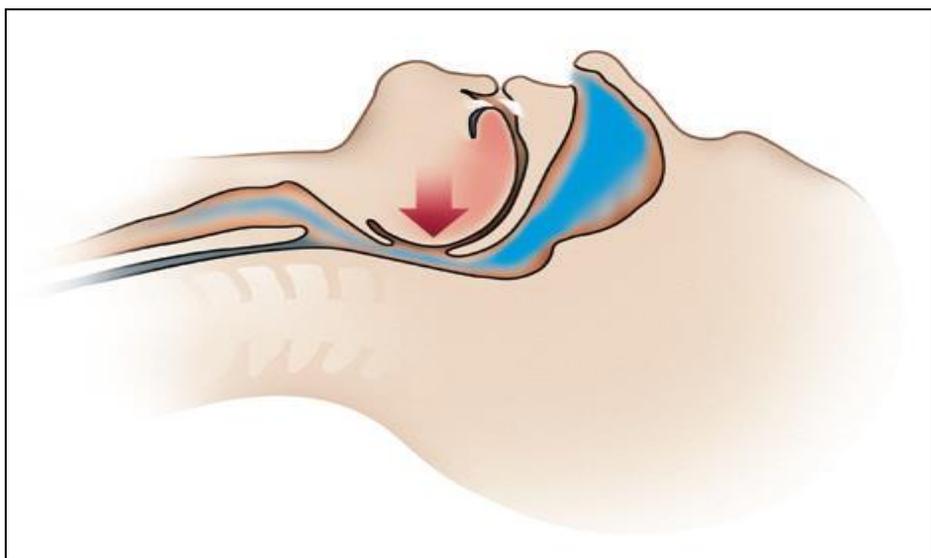


Figure I.10 : Voies respiratoires partiellement fermées (hypopnée) [19].

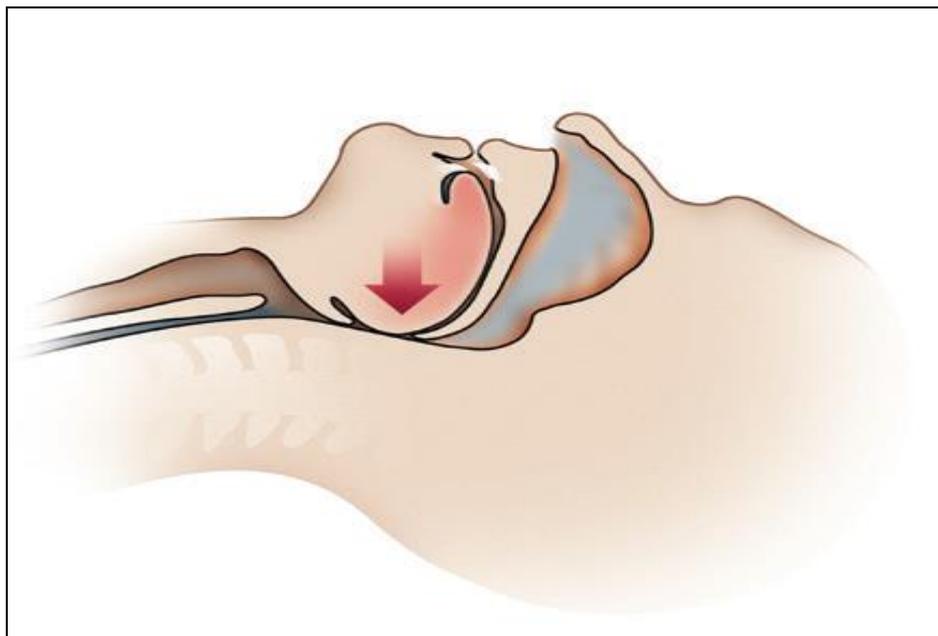


Figure I.11: Voies respiratoires entièrement fermées (apnée) [19].

I.4.3. Types d'apnées

I.4.3.1. Apnées obstructives

Les apnées et hypopnées obstructives sont les plus fréquentes, elles se traduisent par une fermeture complète (apnée) ou partielle (hypopnée) au niveau des voies aériennes supérieures. Elles peuvent survenir chez l'enfant aussi bien que chez l'adulte, les obstructions des voies aériennes peuvent être aggravées par de grosses amygdales, un menton reculé, un cou large ou des mâchoires étroites [20].

I.4.3.2. Apnée centrale

Au cours d'une apnée centrale aucun effort pour respirer ne se manifeste et aucun volume d'air ne passe par les poumons : la respiration ne se fait tout simplement plus.

Les personnes atteintes d'apnée centrale du sommeil ne présentent pas d'obstruction des voies aériennes supérieures, le problème est l'absence temporaire de connexion entre le cerveau et les muscles qui permettent de respirer [20].

I.4.3.3. Apnée mixte

On dit que l'apnée est mixte quand il y a à la fois des apnées obstructives et des apnées centrales [20].

I.4.4. Symptômes de l'apnée du sommeil

L'apnée du sommeil entraîne des symptômes pendant la nuit mais aussi durant la journée. Ces signes sont plus ou moins ressentis selon les personnes [21].

✓ Symptômes pendant le sommeil :

Un ronflement, Arrête de la respiratoires, Des réveils nocturnes avec une sensation d'étouffement, Des changements répétés de position dans le lit, insomnie [21].

✓ Symptômes pendant la journée :

Fatigue, irritabilité, maux de tête au réveil, envie de dormir [21].

I.4.5. Diagnostique d'apnée de sommeil

I.4.5.1. Polysomnographie

Est un examen diagnostique qui combine l'enregistrement du sommeil. L'examen de référence le plus fiable et le plus utilisé pour le diagnostic des apnées du sommeil, elle est réalisée dans un laboratoire du sommeil par des techniciens spécialement habilités pour le faire.

Plusieurs mesures sont effectuées lors d'une polysomnographie :

- Les mouvements respiratoires.
- Le flux aérien.
- L'électro-encéphalogramme (EEG) : plusieurs électrodes sont collées au niveau du cuir chevelu pour la mesure de l'activité électrique cérébrale.
- L'électro-myogramme (EMG) : plusieurs électrodes sont collées au menton et à la jambe Pour la mesure de l'activité électrique des muscles.
- L'électrocardiogramme (ECG).
- La saturation sanguine en oxygène grâce à un oxymètre de pouls [16].

I.4.5.2. Polygraphie

Est définie comme comportant au minimum 5 signaux enregistrés dont le débit aérien nasobuccal, les mouvements respiratoires thoraco-abdominaux, l'oxymétrie, la fréquence cardiaque ou l'ECG et la position corporelle [22].

Pour réaliser cet examen, passé une nuit à l'hôpital. L'enregistrement n'étant intéressant que pendant votre sommeil, vous pourrez arriver tard à l'hôpital entre 18 et 22 heures selon vos

préférences. Pendant cette nuit, différentes mesures vont être faites : respiratoires (oxygénation du sang, mouvements respiratoires et flux d'air nasal et buccal), et peut-être neurologiques pour apprécier votre temps de sommeil réel (électroencéphalogramme mouvements des yeux et tonus des muscles du menton). Toutes ces mesures sont indolores. Seul l'appareillage est un peu encombrant et risque de vous gêner pour vous endormir.

La préparation de l'enregistrement est faite par l'infirmière à partir de 22 heures, cette préparation ne demande que quelques minutes, la même infirmière vous surveillera régulièrement pendant votre sommeil. A votre réveil l'ensemble des électrodes mises en place la veille seront retirées et vous pourrez quitter le service après votre petit déjeuner.

Le résultat vous sera donné soit le matin même, soit quelques jours plus tard au cours d'une consultation. Le médecin vous informera de la conduite à tenir [23].

I.5. Conclusion

Ce chapitre a introduit les différentes notions de sommeil et de ces cycles, le ronflement, l'apnée de sommeil ainsi que les risques qui peuvent être engendrés par cette apnée. Et nous terminons ce chapitre par un aperçu sur les moyens de diagnostic de l'apnée de sommeil tels que la polysomnographie et la polygraphie.

Le chapitre suivant nous allons donner des généralités sur l'analyse du renflement.

Chapitre 2 :
Approche analytique de
renflement

II.1. Introduction

La parole est très importante dans la vie des humains car c'est un outil naturel de la communication dans la société. Le signal de la parole qui est un signal sonore complexe, et cette complexité provient de la combinaison de plusieurs caractéristiques de ce signal. La modélisation de ce type de signal est difficile car ses propriétés statistiques varient au cours du temps [24].

Le traitement de la parole est une branche de traitement de signal numérique qui s'applique sur les signaux vocaux a but d'améliorer la qualité et pour extraction les paramètres d'un signal.

Dans ce chapitre nous allons parler sur les généralités d'un signal vocal, on va prendre un signal de ronflement qui est un cas spécial de la parole pour l'étudier et analyser.

II.2. Définitions**➤ Parole**

La parole présente un moyen de communication très efficace et naturel utilisé par l'humain, le signal de la parole est un signal continu, d'énergie finie et non stationnaire. Sa structure est complexe et variable dans le temps : temps périodique pour les sons voisés, temps aléatoire pour les sons fricatifs, et le temps impulsionnel dans les phases explosives des sons occlusifs [24] [25].

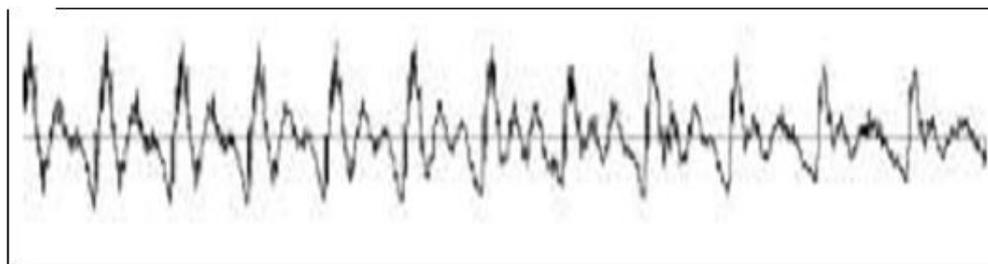
➤ Son

Un son est une onde produite par la vibration mécanique d'un support qui se propage dans un milieu [26].

II.2.1. Classification des sons de la parole**II.2.1.1. Sons voisés**

Sont produits par le passage de l'air de poumons à travers la trachée qui met en vibration les cordes vocales, ce mode qui représente 80% du temps de phonation, est caractérisé en général par une quasi-périodicité, une énergie élevée et une fréquence fondamentale, la période fondamentale des différents sons voisés varie entre 2ms et 20ms exemple : les voyelles (a, i,...) et certaines consonnes (v, b,...) [27].

Intensité (dB)



Temps (s)

Figure II.1 : Exemple de sons voisé [28].

II.2.1.2. Sons non voisés :

Comme certaines consonnes, les cordes vocales ne vibrent pas, l'air passe à haute vitesse entre les cordes vocales, exemple (f, p, m...) [25].



Figure II.2 : Exemple de sons non voisé [28].

II.2.2. Propriétés statistiques du signal aléatoire

II.2.2.1. Densité de probabilité

Si N_ε présente le nombre d'échantillons de $x(n)$ dont l'amplitude est comprise entre $[\varepsilon - \Delta\varepsilon/2, \varepsilon + \Delta\varepsilon/2]$ alors que $n \in [-N, N]$ la densité de probabilité du signal x supposé ergodique et stationnaire est donnée par [24] :

$$Px(\varepsilon) = \lim_{N \rightarrow \infty} \left[\frac{N_\varepsilon}{2N+1} \right] \quad \text{II.1}$$

II.2.2.2. Valeur moyenne

La valeur moyenne d'un signal stationnaire est [27] :

$$\mu_x = \int_{-\infty}^{+\infty} \varepsilon P_x(\varepsilon) d\varepsilon = \lim_{N \rightarrow \infty} \frac{1}{2N+1} \sum_{n=-N}^N x(n) \quad \text{II.2}$$

II.2.2.3. Fonction d'autocorrélation

La fonction d'autocorrélation d'un signal ergodique et stationnaire s'exprime par [27] :

$$\hat{\phi}_{xx} = \lim_{N \rightarrow \infty} \frac{1}{2N+1} \sum_{n=-N}^N x(n) * x(n+k) \quad \text{II.3}$$

K est une constante.

L'estimation sur un nombre fini de N échantillons peut être calculée par [27] :

$$\hat{\phi}_{xx}(k) = 1/N - K \sum_{n=0}^N x(n) * x(n+k) \quad \text{II.4}$$

K est une constante.

II.2.2.4. Densité spectrale de puissance

La densité spectrale de puissance $S_{xx}(\theta)$ est la transformée de fourrier de la fonction d'autocorrélation [25].

$$S_{xx}(\theta) = \sum \hat{\phi}_{xx}(k) \exp(-jk\theta) \quad \theta = \omega T e \quad \text{II.5}$$

II.3. Analyse acoustique de la parole

L'analyse acoustique se fait sur trois étapes :

La première basé sur la transformation mathématique qui consiste à représenter une fonction périodique par l'analyse de Fourier, cette analyse décompose les phénomènes vibratoire complexe en vibratoire simple, à la fin on obtient le spectrogramme qui est une représentation graphique intégrales de son.

La deuxième étape est la modélisation acoustico-phonétique, elle concevoir un système de traits acoustique qui décrit le mieux possible, cet objet de phénomènes et elle donner une forme matérielle et optimal à ce système. Et la dernière étape c'est qui précède immédiatement l'interprétation des résultats, est l'évaluation des données analytique par comparaison avec des données de références correspondant au modèle utilise [29].

II.4. Traitement numérique de la parole

Le traitement de la parole est une science de traitement du signal numérique qui contient plusieurs axes, tels que définis par l'organisme suivant :

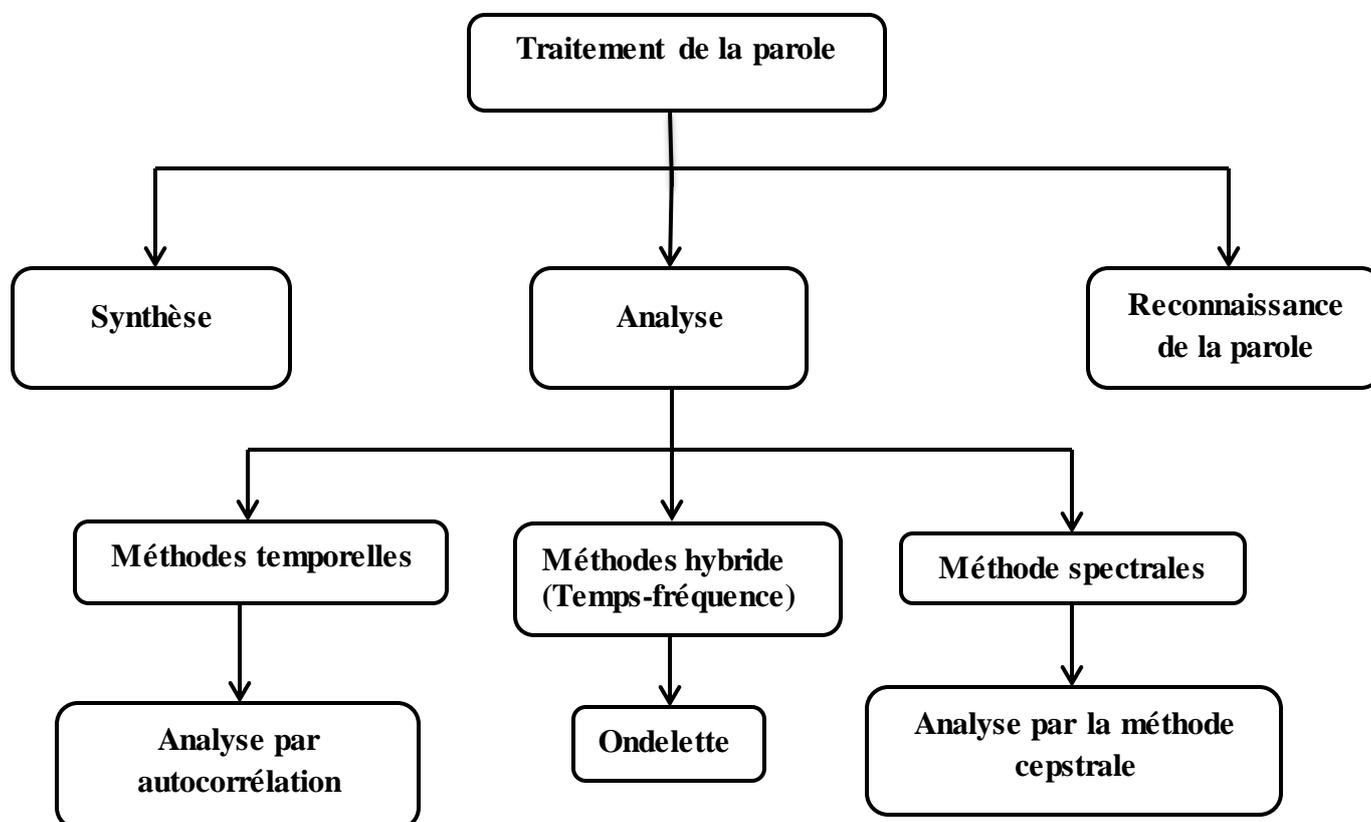


Figure II.3 : Traitement numérique de la parole.

II.4.1. Analyseur

L'objectif principale de l'analyseur de la parole est cherché à mettre en évidence les caractéristiques du signal vocal, sont utilisés comme un composant de base de système de codage, de reconnaissance et de synthèse [29].

II.4.2. Reconnaissance

La reconnaissance de la parole est une technique visant à reconnaître dans une suite de signaux sonores les phonèmes et les phrases prononcées par un locuteur, elle basée sur une représentation paramétrique du signal [33].

On distingue deux types de reconnaissance en fonction de l'information que l'on cherche à extraire du signal vocal :

➤ **Reconnaissance du locuteur**

Dont l'objectif est de reconnaître la personne que parle, fait la différence entre l'identification et la vérification du locuteur, selon que le problème est de vérifier que la voix analysée correspond bien à la personne qui est sensée la produire [30].

➤ **Reconnaissance de la parole**

Reconnaissance de parole mono locuteur, multi locuteur ou indépendant du locuteur pour reconnaître la voix d'une personne, d'un groupe fini de personnes ou de reconnaître n'importe qui [25].

II.4.2.1. Applications

a) Télécommunication

On utilise la reconnaissance de la parole dans le domaine de télécommunication pour faciliter l'accès à des données ou des services sur lignes téléphoniques. Parmi celles-ci on peut citer :

- L'automatisation des services de renseignements téléphonique.
- Composition vocale du numéro d'appel [24].

b) Application bureau/PC

Elle donner la possibilité de la reconnaissance de la parole par applications, et aux environnements des stations de travail, le contrôle et l'interaction homme- PC dictée vocale [23].

c) Applications médicales

Donne cette application on utilisant la reconnaissance automatique pour la rédaction de rapports ou remplissage de formulaires, et aide les personnes handicapées [32].

d) Application militaires

Pour vérifier et contrôlé les appels vocal de certaines fonctions des appareils militaire [24].

II.4.2.2. Approche de reconnaissance de la parole

Le principe de cette approche basé sur un mot prononcés M (message d'entre) est convertie en un signal acoustique S par l'appareil phonatoire, puis le signal acoustique est transformé en une séquence de vecteurs acoustiques ou d'observations O , enfin le module de décodage consiste à associer à la séquence d'observations O une séquence de mots reconnus- M' . Donc le principe général de ce système de reconnaissance de la parole peut être décrit sur la figure suivant [31]

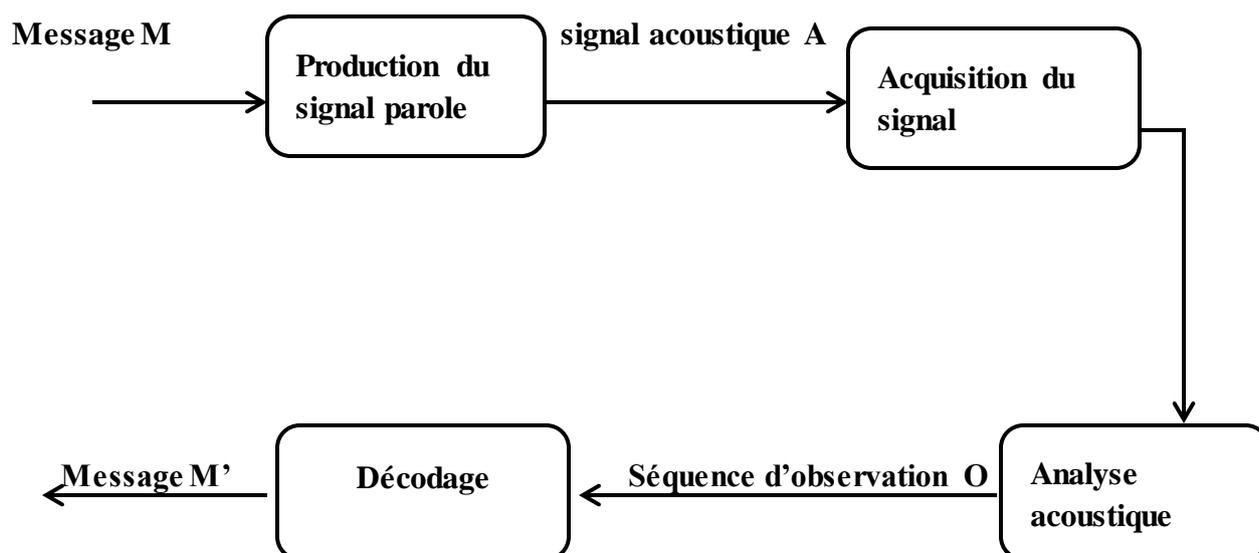


Figure II.4 : Principe de la reconnaissance de la parole [31].

II.4.2.2.1 : Approche analytique

C'est une méthode à résoudre les problèmes de la parole, qui continue problème du traitement de grand vocabulaire, en isolant des unités acoustiques courtes en procédant à une segmentation en entités élémentaires de base étiquetées, ou identifiées comme les phonèmes et les syllabes [31].

II.4.2.2.2 : Approche global

Cette approche utilise et applique aux systèmes pour lesquels l'unité de décision est l'entité lexicale "le mot". Elle donne au système au moins une image acoustique de chacun des mots qu'il devra identifier par la suite, ces images sont stockées dans une base ou bien dans un ensemble (ensemble des références). Cette opération est faite lors de la phase d'apprentissage, où chacun des mots est prononcé une ou plusieurs fois, la reconnaissance globale d'un mot ou d'une phrase consiste à comparer globalement des mots isolés avec des références enregistrées [31] [32].

II.4.3. Synthèse

Est recomposé le tout à partir de ses parties, elle va du plus simple au plus complexe. La synthèse vocale est une technologie qui permet d'automatiser la production d'une parole artificielle par une machine [33].

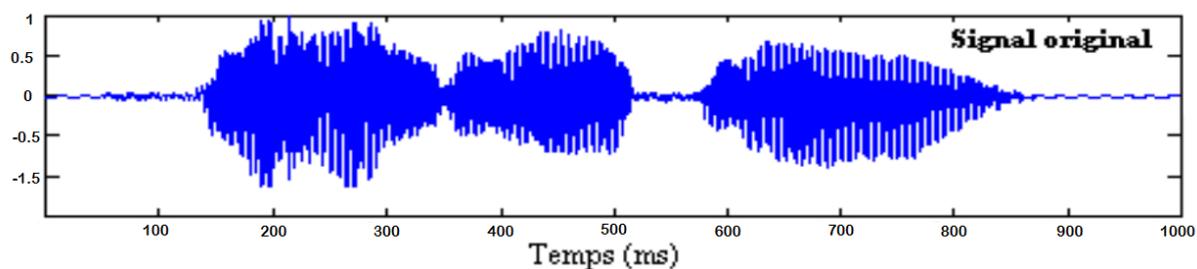


Figure II.5 : Présente un signal original [33].

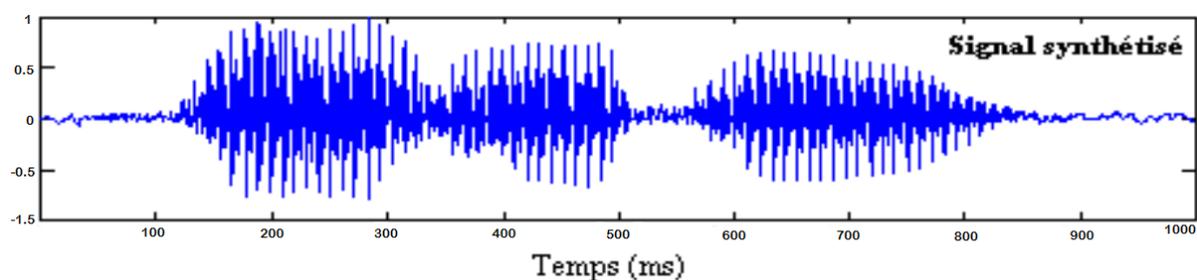


Figure II.6 : Présente un signal synthétisé [33].

Les synthétiseurs de parole est une technique informatique de synthèse sonore qui permet de créer de la parole artificielle à partir de n'importe quel texte. Il y a deux types de synthétiseurs : les synthétiseurs de parole à partir d'une représentation numérique, inverses des analyseurs dont la mission est de produire de la parole à partir des caractéristiques numériques d'un signal vocal, telles qu'obtenues par analyse, et les synthétiseurs de parole à partir d'une représentation symbolique inverse des reconnaisseurs de parole, et capables en principe de prononcer n'importe quelle phrase sans qu'il soit nécessaire de la faire prononcer par un locuteur humain au préalable [25].

II.5. Analyse de ronflement

Le but d'analyse du signal sonore est d'extraire certains paramètres tels que : le pitch la fréquence et l'amplitude [34]. Dans ce projet nous avons choisé un signal de ronflement qui est un signal biomédical et un cas spécial de la parole pour analyser et traiter.

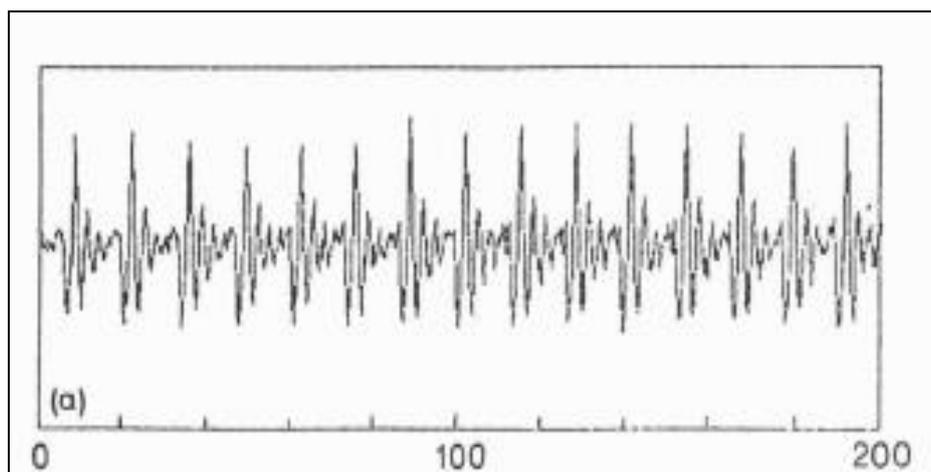


Figure II.7: Exemple d'un signal de ronflement [34].

II.5.1. Caractéristiques d'un signal acoustique

II.5.1.1. Pitch

Appelé aussi la fréquence fondamentale, pour un signal de la parole il correspond à la fréquence de vibration des cordes vocales d'un locuteur [35].

Le pitch est l'attribut par lequel un sujet humain trie les stimuli sonores du plus bas au plus haut, ou est un attribut psycho acoustique qui permet à un sujet humain de discriminer différentes notes musicales, ou de différencier la voix d'une femme de celle d'un homme [36]. L'estimation de pitch pour des signaux de parole a déjà été largement étudiée, les méthodes sont classables en trois familles d'approches : temporelles, fréquentielles et spectro-temporelles.

Les approches temporelles basées sur le principe de l'autocorrélation qui consiste à comparer la forme d'onde d'une trame avec une version décalée d'elle-même. Si la forme d'onde comporte une F_0 , elle est quasi-périodique et un motif temporel se répète de manière quasi-identique dans le temps.

Les approches fréquentielles sont reposent sur la détection de la structure harmonique d'un signal comportant une F_0 dans la représentation fréquentielle, elles peuvent considérer le module spectral, le cepstre et mettre en œuvre une étape préalable de détection des partiels en relation harmonique [35].

Les approches spectro-temporelles séparent le signal avec un banc de filtre, et traitent tous les signaux de sortie. Cette séparation avec un banc de filtre vise à modéliser ce qui se passe dans l'oreille interne qui décompose le signal en temps et en fréquence. La modélisation peut-être

plus ou moins proche de la biologie, ces approches utilisent des méthodes temporelles sur chacun des canaux, et profitent de la séparation de l'information en bandes de fréquence pour raffiner la prise de décision voisé/non-voisé, et l'estimation de F0. Les trois familles d'approches précédentes sont déterministes [35].

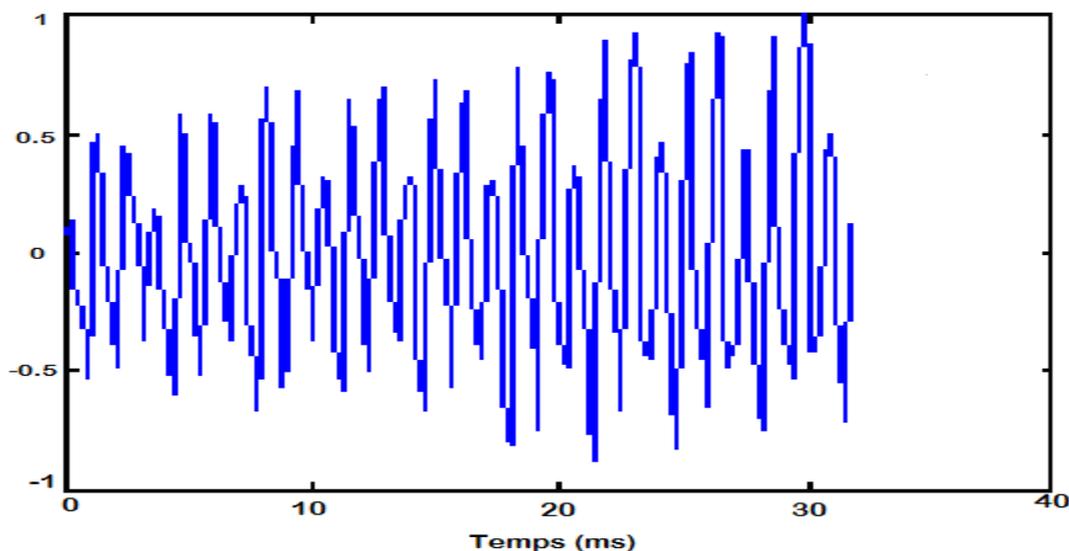


Figure II.8 : Détection de pitch par l'autocorrélation [33].

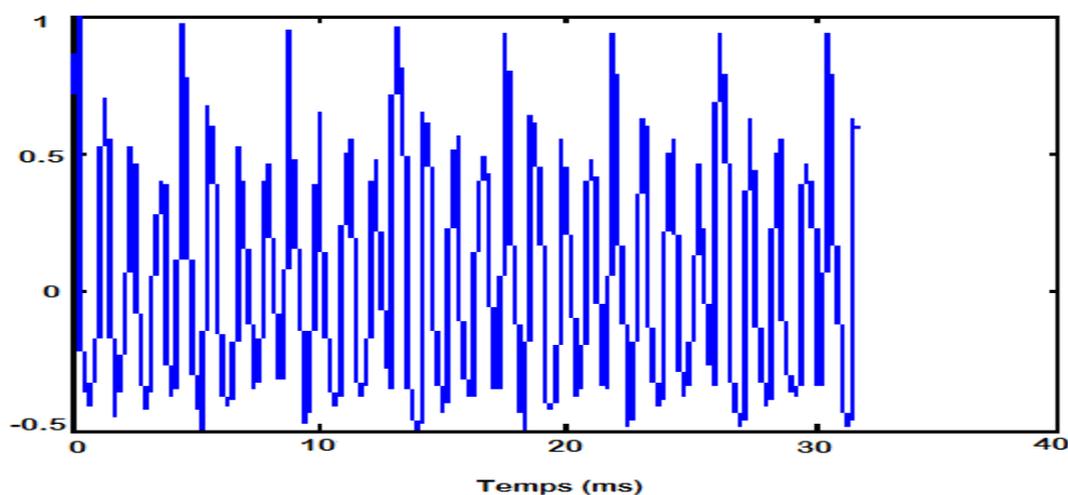


Figure II.9 : Détection de pitch par cepstre [33].

II.5.1.2. Fréquence

Est Le nombre de variations de pression par seconde elle est exprimée en Hertz. Plus la fréquence est haute, plus le son est aigu, et plus la fréquence est basse, plus le son est grave. L'oreille humaine perçoit les sons dans une plage de fréquences de 20 à 20.000 Hz [28].

II.5.1.3. Durée

Correspond au temps que dure un son. Elle est généralement mesurée en secondes [26].

II.5.1.4. 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 [28].

II.5.1.5. Intensité

L'intensité permet de distinguer un son fort d'un son faible, elle correspond à l'amplitude de l'onde. L'amplitude est donnée par l'écart maximal de la Grandeur qui caractérise l'onde, pour le son cette grandeur est la pression, l'amplitude sera donc donnée par l'écart entre la pression la plus forte et la plus faible exercée par l'onde acoustique.

Lorsque l'amplitude de l'onde est grande, l'intensité est grande et donc le son est plus fort.

L'intensité du son se mesure en décibels (dB), donc elle correspond à l'amplitude, ou hauteur des crêtes de l'onde sinusoïdale c'est-à-dire aux différences de pression entre les zones de compression et ses zones de raréfaction [28].

II.5.1. Energie

Elle correspond à l'intensité du son qui est liée à la pression de l'air en amont du larynx. L'amplitude du signal de la parole varie au cours du temps selon le type de son, et son énergie donnée par [27] :

$$E = \sum_{n=0}^{N-1} s^2(n) \quad \text{II.6}$$

II.5.1.7. Spectre

Est la représentation fréquentielle de l'intensité de la voix définit, elle est généralement obtenue par une analyse de Fourier. La quasi stationnarité du signal de parole permet de mettre en œuvre des méthodes efficaces d'analyse, et de modélisation utilisées pour le traitement à court terme du signal vocal sur des fenêtres de durée généralement comprise entre 20ms et 30ms appelées trames, avec un recouvrement entre ces fenêtres qui assure la continuité temporelle des caractéristiques de l'analyse [27].

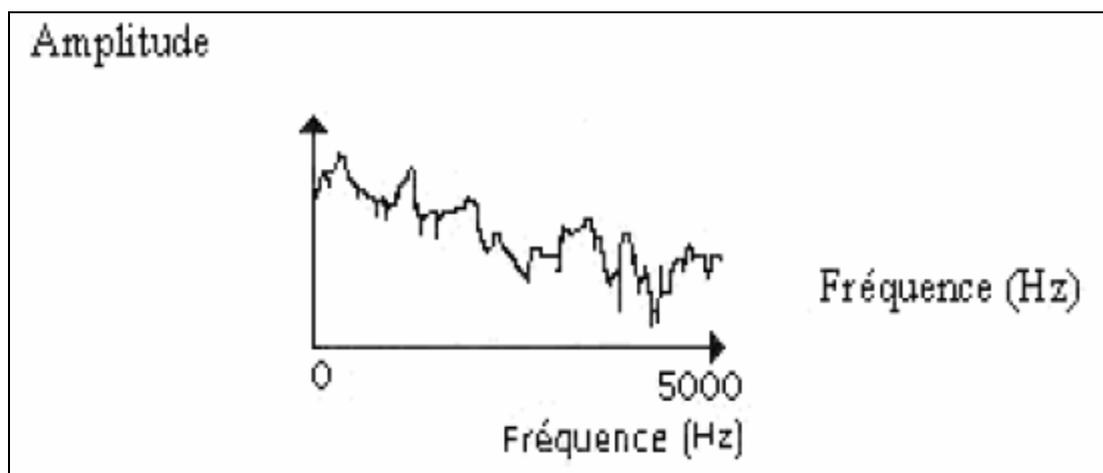


Figure II.10 : Spectre d'un signal vocal obtenu par la transformation de Fourier [37].

La figure ci-dessus représente un exemple d'un spectre vocal ; sachant que la majeure partie de l'information illustrant un signal acoustique vocal se trouve dans la bande [0,5 KHz].

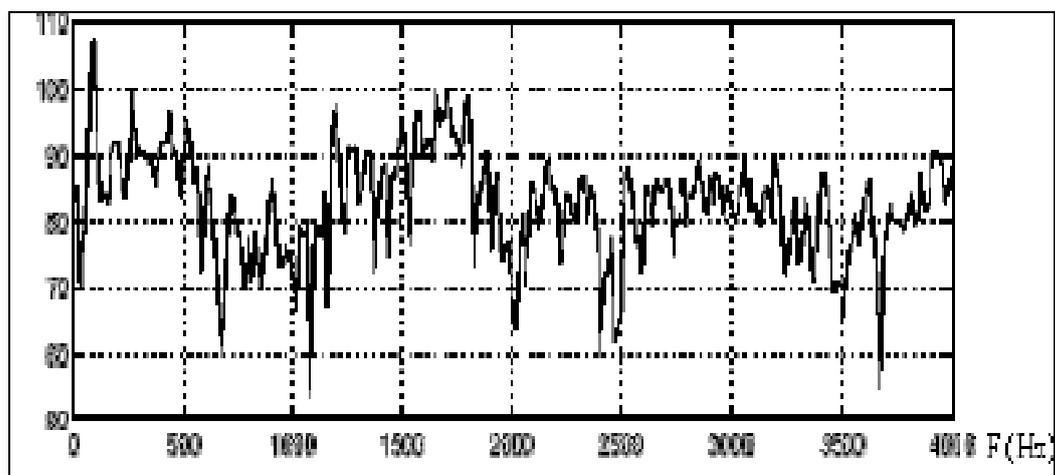


Figure II.11 : Exemple de spectre d'un signal non voisé [27].

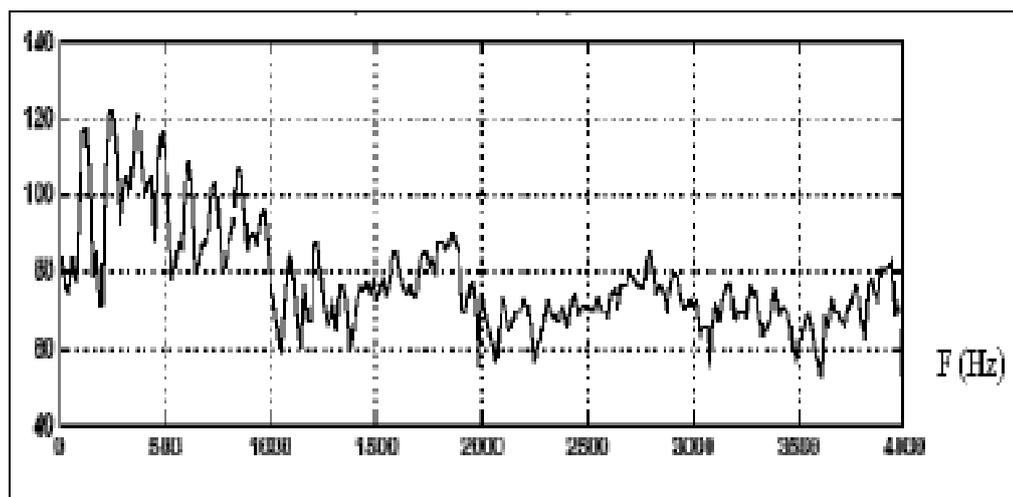


Figure II.12 : Exemple de spectre d'un signal voisé [27].

Les figure II.11 et II.12 représentent des exemples d'un signal non voisé et voisé respectivement, on voit que la différence principale entre eux se trouve dans l'énergie du signal c'est-à-dire l'amplitude (le signal voisé est moins énergétique).

II.5.1.8. Timbre

Chaque son est formé d'une fréquence fondamentale et de fréquence harmonique. On dit qu'un son est riche, agréable à entendre lorsqu'il contient de nombreuses harmoniques. Un son pauvre en harmonique paraîtra terne à notre oreille, un son ne comprenant qu'une seule fréquence est appelée son pur, les sons produits par l'appareil phonatoire est des sons complexes mélanges de sons graves et aigus. Ainsi un signal acoustique est la superposition d'un son fondamental et d'harmoniques, dont les fréquences sont des multiples de la fréquence fondamentale [28].

II.5.2. Analyse des caractéristiques du ronflement

Les caractéristiques du ronflement sont liées à la méthode d'acquisition du signal acoustique. On distingue deux types d'acquisition : le première avec un micro phone tenu devant le patient, et le deuxième avec un capteur en contact avec la peau .cette méthode couramment utilisée en milieu médical, leur l'avantage est d'être peu sensible aux bruits extérieurs et aux variations de position du patient. Le signal enregistré est modifié par la traversée de la peau qui joue le rôle de filtre. L'énergie de ronflement est principalement concentrée aux basses fréquences (< 2 kHz), et Le spectre présente une structure de fondamental plus harmoniques modulés par des formants [34].

II.5.3. Étude des paramètres

Le ronflement caractérisé par plusieurs paramètres, nous nous sommes intéressés particulièrement à l'étude de la fréquence fondamentale et à la position des formants.

Ces deux paramètres présentent l'intérêt d'être directement associé à des paramètres physiques :

- ✓ La fréquence fondamentale est liée à la vibration des tissus excitateurs du conduit vocal. On peut donc en extraire des renseignements sur les parties vibrantes et sur le couplage entre ces structures vibrantes et le flux d'air en circulation.
- ✓ Les formants qui modulent le spectre sont dus aux résonances des conduits et cavités. On peut attendre de leur étude une estimation de la géométrie des voies respiratoires [34].

a) Fréquence fondamentale

On a Plusieurs méthodes de détermination de la fréquence fondamentale comme autocorrélation, et produit spectral harmonique, mais la plus utilisée et la plus efficace c'est la méthode du cepstre qui permet de déconvoluer la réponse impulsionnelle du conduit de l'excitation du ronflement. Le cepstre réel du signal échantillonné $x(x)$ est la séquence $X(n)$ de terme général [34] :

$$x(n) = 1/2\pi \int_{-\pi}^{\pi} \ln \sum_k x(k) e^{-jkw} \quad \text{II.8}$$

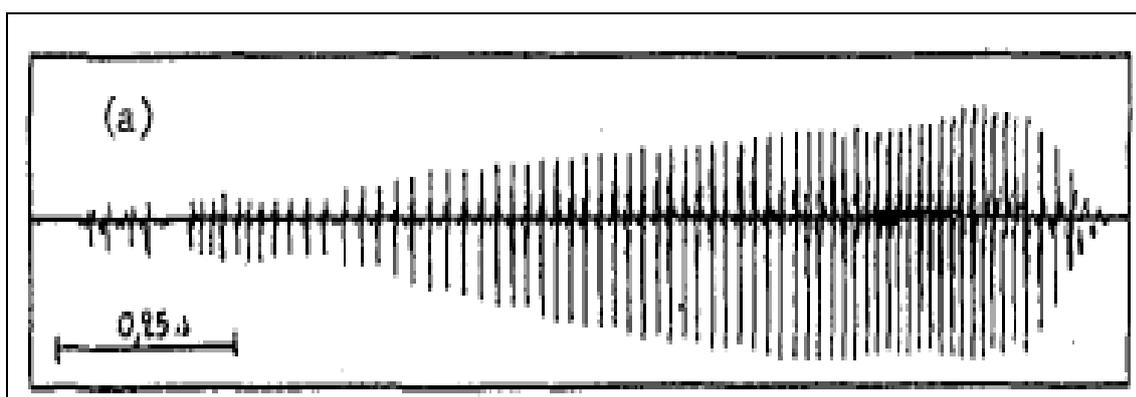


Figure II.13 : Exemple d'un signal de ronflement étudié [34].

Comme remarque de la figure II.13, on voit que le signal de ronflement tourne autour d'une fréquence dite fondamentale.

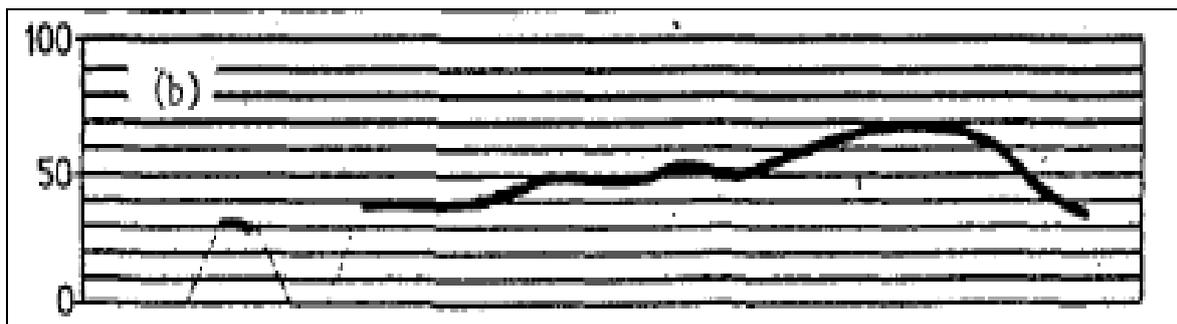


Figure II.14 : Exemple de la fréquence fondamentale [34].

Contrairement à ce qu'on pense, la fréquence fondamentale présente une petite variabilité et donc elle n'est pas totalement fixe (voir figure II.14). Le pitch représente le pic du signal de la fréquence fondamentale.

b) Analyse des formants

C'est un pic d'amplitude dans le spectre d'un son composé de fréquences harmoniques, la position des formants est indépendante et est caractéristique d'une voyelle particulière [37].

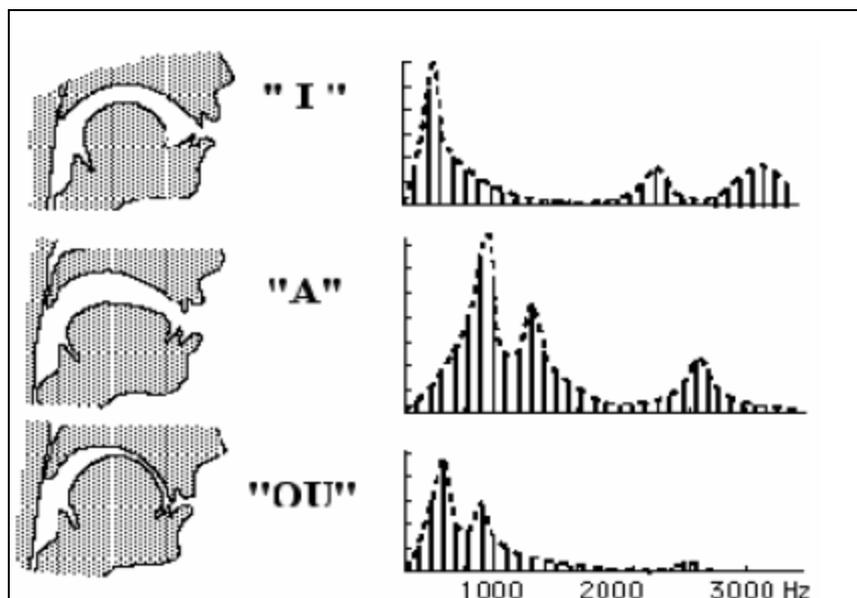


Figure II.15 : Exemple de spectre de différentes voyelles [37].

II.6. Méthodes d'analyse le ronflement

II.6.1. Méthode temporelle

A. Analyse par autocorrélation

L'autocorrélation est l'étude qui apporte des informations sur le signal et sur la façon de fixer les paramètres, est basée sur la détection des maxima de la fonction d'autocorrélation d'un signal, les positions de ces maxima nous informent sur l'existence du fondamental d'un signal. La fonction d'autocorrélation calcule sur une tranche de N échantillons qui recouvre plusieurs périodes du fondamental [33].

On peut résumer cette méthode d'analyse par la procédure suivant :

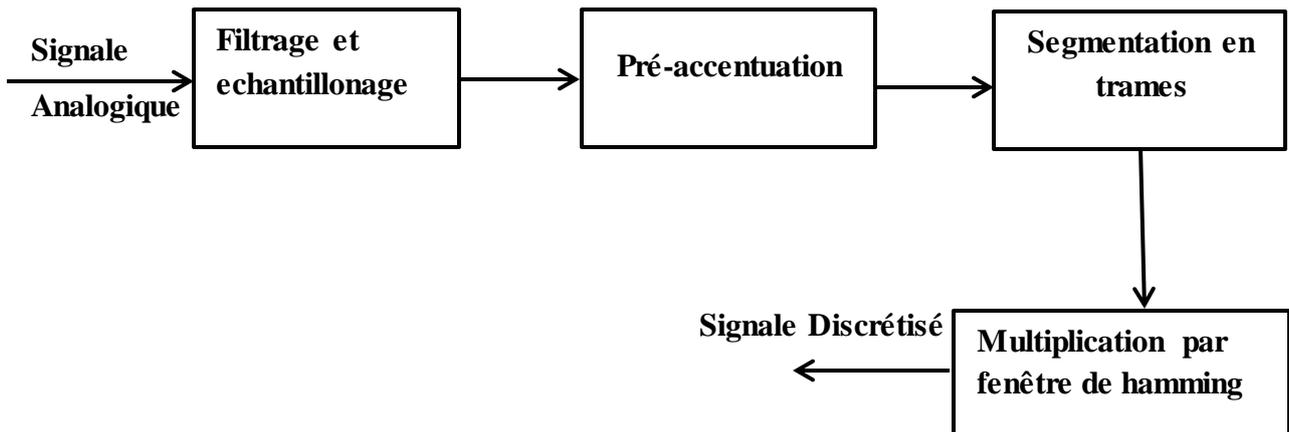


Figure II.16 : Mise en forme du signal de la parole [33].

La première étape de cette procédure c'est le filtrage et l'échantillonnage d'un signal d'entre (Acquisition du signal $y(n)=y(n.T_e)$), puis on a Pré-accentuation éventuelle par passage du signal dans un filtre de transmission : $(1-\mu.z^{-1})$, $\mu=0.95$ cette opération vise à accentuer la partie haute fréquence, après on fait 3Segmentation en tranche dont la durée varie de 27 à 32ms [33].

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

$$k_x(\tau) = \lim 1/T \int x(t) * (t - \tau) dt \tag{II.8}$$

Soit pour une séquence temporelle discrète :

$$k_x(\tau) = 1/2^q \sum_{i=0}^{2^q} X_i(X_i - \tau) \quad \tau = 1,2,3 \dots N \tag{II.9}$$

B. Le coefficient d'atténuation

L'atténuation est la diminution de l'amplitude ou de la puissance d'une onde ou d'un signal au cours de sa transmission, on calcule le coefficient d'atténuation de la fonction d'autocorrélation par la différence entre sa valeur à l'origine $K_x(0)$ et sa valeur à l'infinie K_x

(∞). Pour un signal stationnaire au second ordre la valeur de $Kx(\tau)$ est théoriquement maximale à l'origine est nulle à l'infini, donc le coefficient d'atténuation est [28] :

$$\alpha = Kx(0) - Kx(\infty) \quad \text{II.10}$$

II.6.2. Méthode spectrale

A. Analyse par la méthode cepstrale

L'opération « cepstre » est une méthode numérique permettant d'étudier séparément la source et le conduit vocal, il existe deux méthodes de calcul des coefficients cepstraux : Analyse spectrale et Analyse paramétrique. Pour obtenir les coefficients cepstraux il faut prendre le spectre, et pour trouver le spectre on utilise l'analyse spectrale qui traduit la structure du signal à partir d'une décomposition du signal étudié en fonctions périodiques, c'est-à-dire en passant en domaine fréquentiel, l'analyse spectrale basée sur la transformée de Fourier [33].

L'analyse de Fourier est une méthode qui permet d'analyser un signal sur son comportement fréquentiel et ses propriétés, pour réaliser cette tâche, on décompose le signal sur une base des éléments simples appelés fonctions élémentaires. Les fonctions élémentaires qui contribuent dans l'analyse de Fourier sont les fonctions sinusoïdales, elles dépendent d'un paramètre représentant la fréquence. Cette méthode nous permet de connaître les composantes fréquentielles d'un signal sans localiser les instants de l'apparition de celle-ci. Les informations fréquentielles ainsi obtenues sont au détriment de la description temporelle du signal. Cette méthode ne s'adapte pas avec tous les types des signaux, spécifiquement les signaux non stationnaires qui se distinguent par l'apparition d'évènements transitoires, elle est aussi faible pour décrire les caractéristiques évolutives du signal [38]

La transformée de Fourier d'un signal $s(t)$ est définie par :

$$s(t) = \int_{-\infty}^{+\infty} s(t)e^{-j2\pi ft} dt \quad \text{II.12}$$

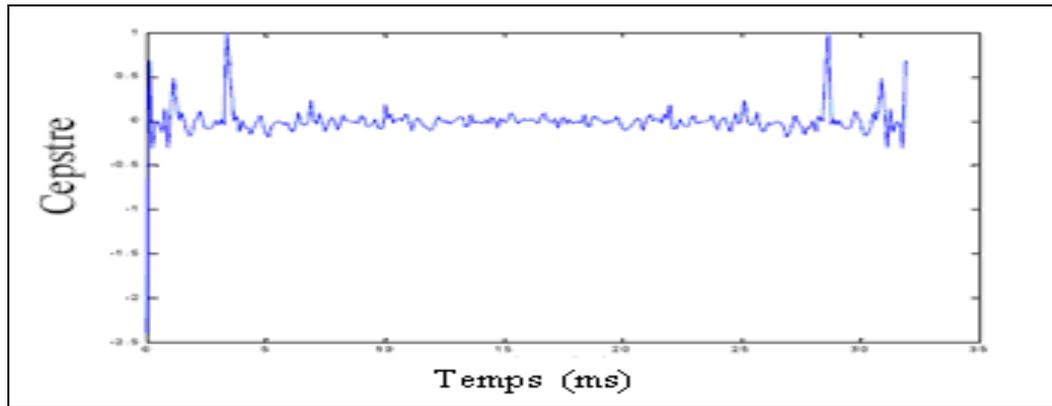


Figure II.17 : Présente le cepstre [39].

Les résultats du calcul cepstral est une séquence temporelle comme le signal d'entrée lui-même, si le signal d'entrée possède une période de hauteur fondamentale forte, elle apparaît dans le cepstre sous forme de pic, en mesurant la distance entre le temps zéro et le temps pic on trouve la période fondamentale de cette hauteur [33].

II.7. Conclusion

Dans ce chapitre nous avons examiné le traitement de signal de ronflement qu'est un cas spéciale de la parole, et y'est représenté par un signal vocal qui engendre des traits acoustiques qui sont : la fréquence fondamentale, énergie et le spectre. Chaque trait acoustique est lui-même lie à une grandeur perceptuelle : pitch, intensité et timbre, et nous avons présenté les différents méthodes d'analyse et leur traitement situe au traitement du signal numérique et de la parole.

Dans le chapitre qui suit, nous allons mettre en évidence toutes ces caractéristiques acoustiques en analysant un signal de ronflement réel.

Chapitre3 :

Analyse de ronflement

III.1. Introduction

Dans ce chapitre nous allons analyser le signal de ronflement sur matlab par les méthodes suivantes : autocorrélation, cepstral et LPC. Nous utiliserons la méthode de l'autocorrélation et cepstral pour la détection de la fréquence fondamentale ou pitch, et la méthode de LPC pour la détection des trois formants principaux de ce signal de ronflement, et nous allons expliquer brièvement le principe de l'analyse par LPC.

III.2. Détection de pitch

C'est grâce au pitch que nous pouvons séparer les différentes phrases d'un message ou encore que nous pouvons discerner plusieurs parties dans une même phrase. Il est aussi l'indice majeur de l'intonation, donc il joue un rôle extrêmement important dans la segmentation des informations contenues dans un message. La plage de variation moyenne de cette fréquence varie d'un locuteur à un autre en fonction de son âge et son sexe, elle s'étend approximativement de 80 à 200 Hz chez les hommes, de 150 à 450 Hz chez les femmes et de 200 à 600 Hz chez les enfants. La détection de F0 joue un rôle essentiel dans le domaine de traitement de la parole [39].

III.2.1. Détection de pitch par la méthode d'autocorrélation

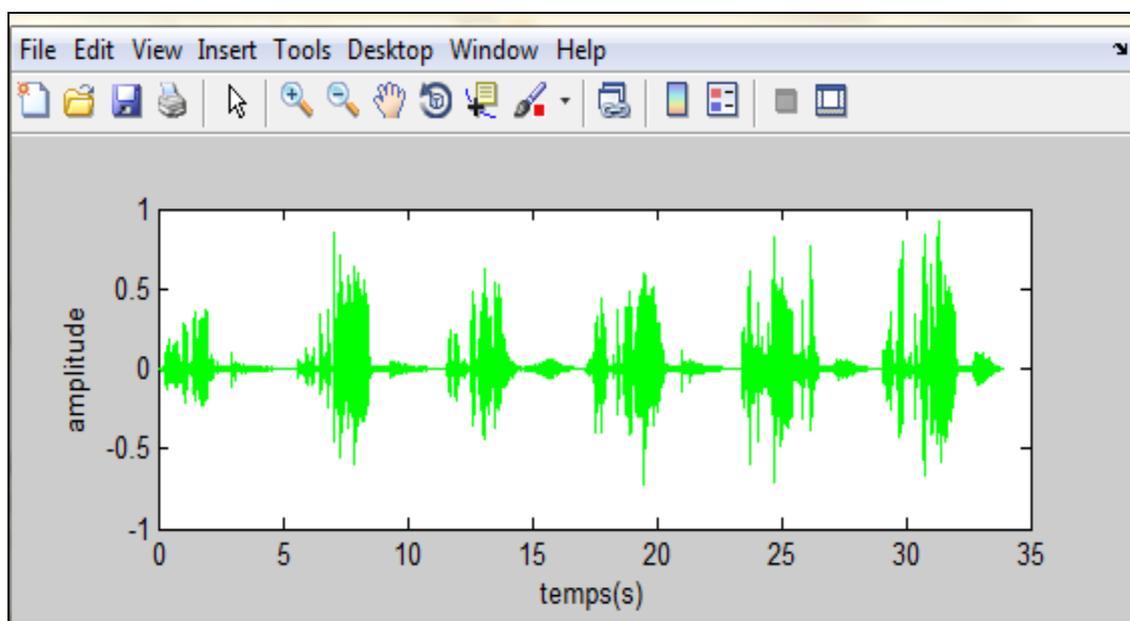


Figure III.1: Signal de ronflement étudié

La figure ci-dessus représente un signal de ronflement que nous avons étudié, qui contient un ensemble des épisodes irréguliers et moins corrélé (les épisodes ont une distance non fixé traduisent le caractère non stationnaire de ce signal) allant de [-1 à 1] sur une période donnée (33s). Nous avons analysé ce signal par l'autocorrélation sur logiciel matlab, et nous obtenons le signal ci-dessous.

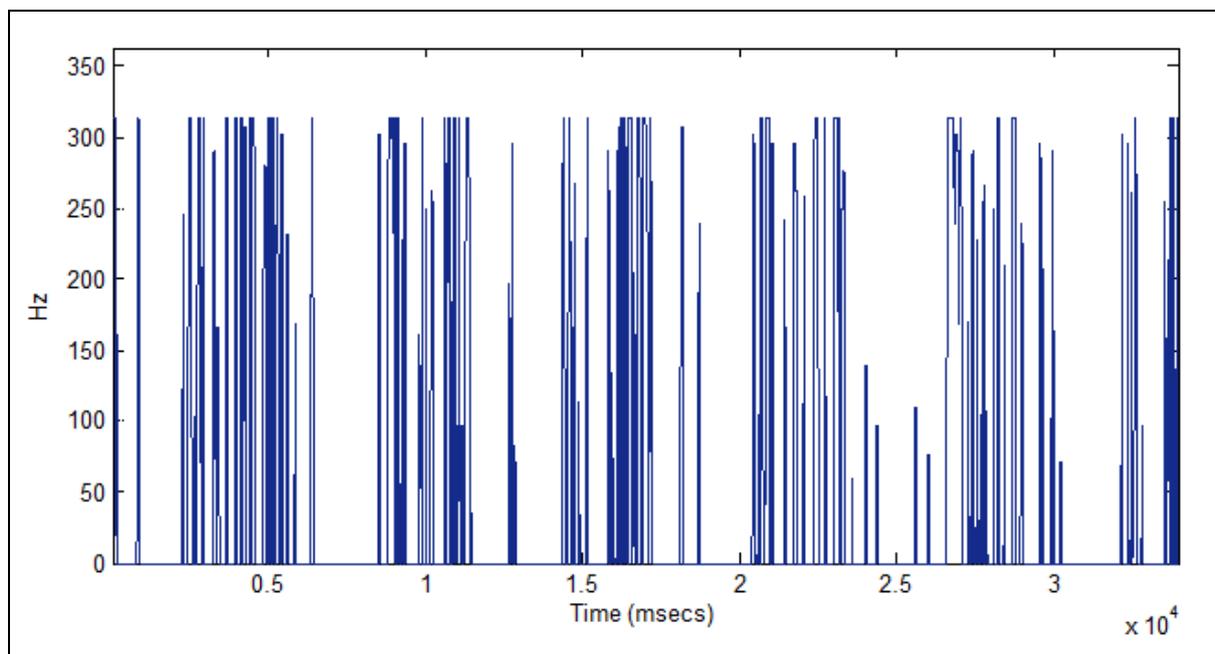


Figure III.2 : Signal de ronflement analysé

La Figure III.2 nous montre qui a un pitch qui varie avec le signal original (le ronflement) assemblant à un signal numérique, vu que notre ronflement est composé de trames et y'est un signal non stationnaire.

Ce pitch représente la fréquence en fonction de temps compris entre (0 Hz et 350 Hz) sur une période de ($3 \cdot 10^4$ ms).

Et la valeur moyenne de pitch par l'autocorrélation est : ($F_0=254,49$ Hz), sa valeur calculée par matlab.

III.2.2. Détection de pitch par la méthode cepstral

Pour détecter le pitch par la méthode cepstrale on commence premièrement par échantillonner le signal étudié.

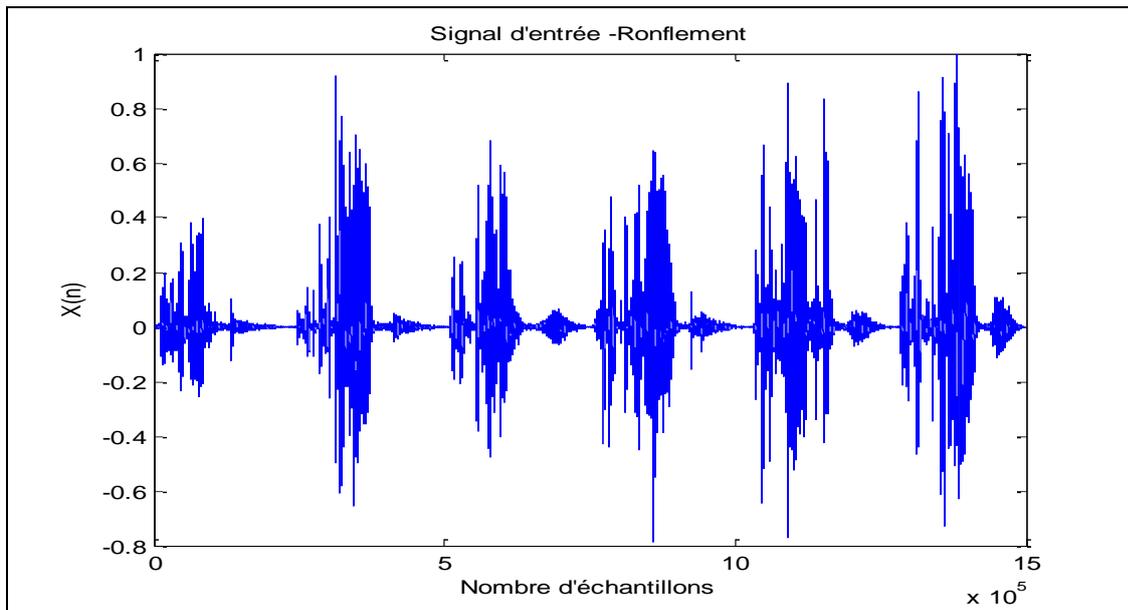


Figure III.3 : Echantillons du signal de ronflement

La figure ci-dessus représente un signal de ronflement échantillonné contenant un ensemble des épisodes irréguliers et moins corrélés d'amplitude allant de -0,8 à 1. Après 500 échantillons du signal étudié et nous avons obtenu le graphe suivant :

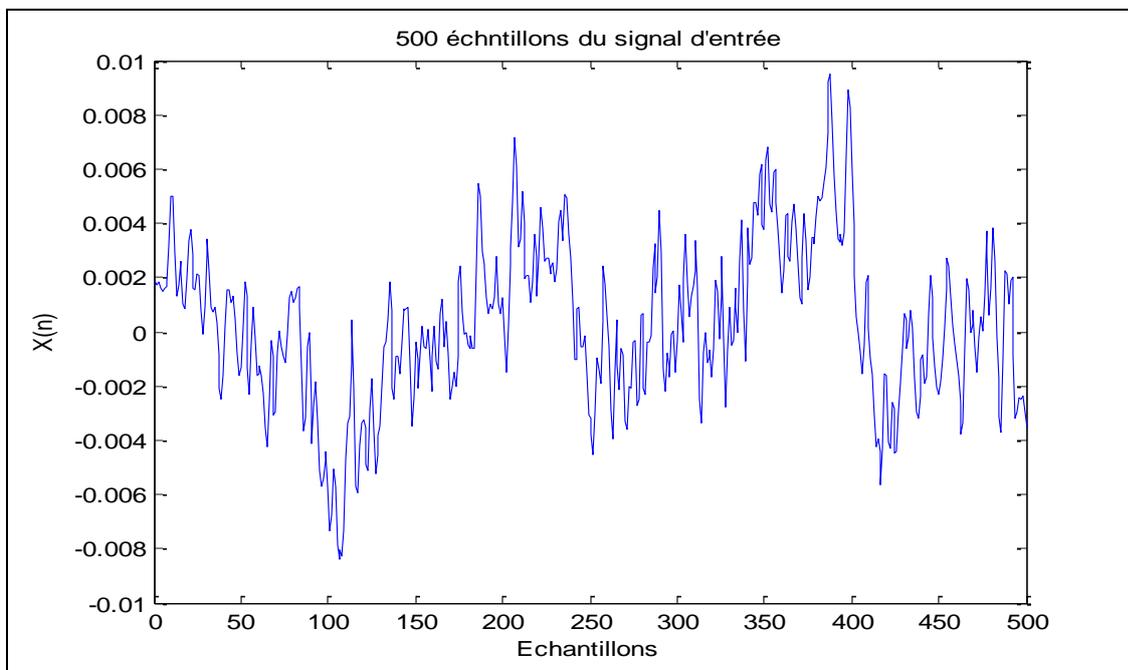


Figure III.4 : 500 échantillons du signal de ronflement

Comment choisi 500 échantillons :

On a $F_e = 44100 \text{ Hz}$

$F_1 = 1000 \text{ Hz}$

$T = 10 \text{ ms}$

$F_c = 44100 * 10 / 1000 = 441 \text{ Hz} \sim 500 \text{ Hz}$

Généralement en prendre F_c entre 500 et 1000.

Après avoir les 500 premiers échantillons, on passe au fenêtrage du signal, la fenêtre utilisée est celle de Hamming, ceci revient à multiplier le signal analysé dans le domaine temporel, et nous avons obtenu le signal suivant :

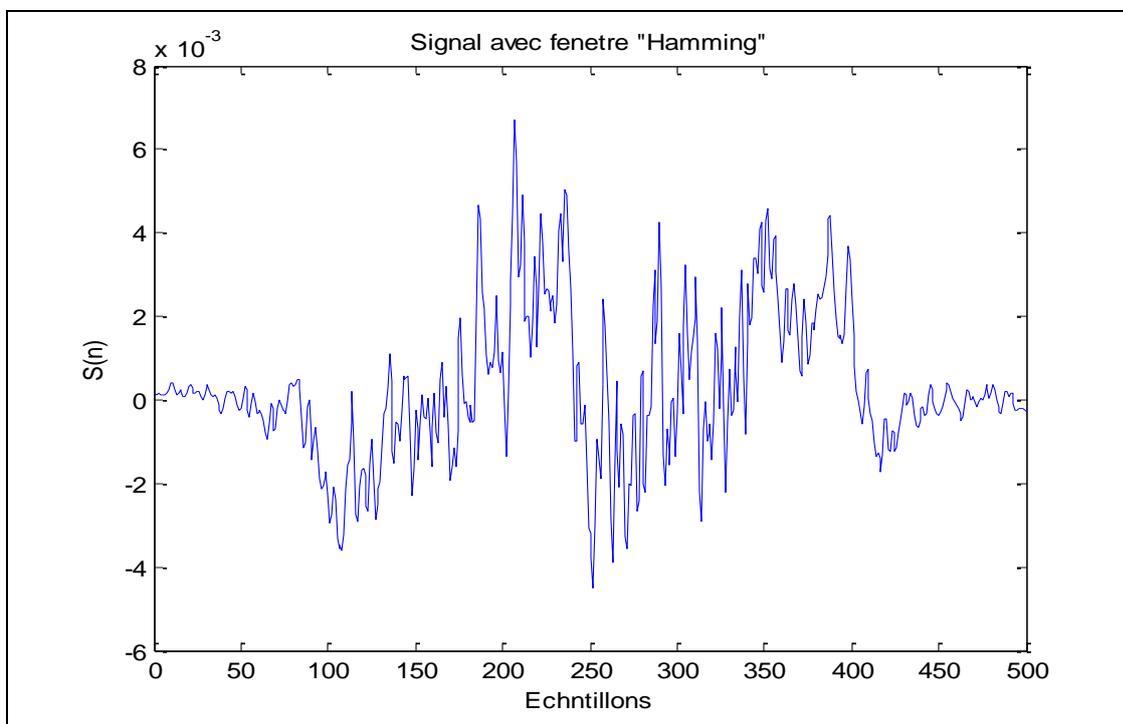


Figure III.5 : Fenêtrage de Hamming de ronflement.

Puis, nous calculons la FFT (Transformée de Fourier rapide) de signal fenêtré pour transformer des données discrètes du domaine temporel dans le domaine fréquentiel, et nous obtenons le signal ci-dessous.

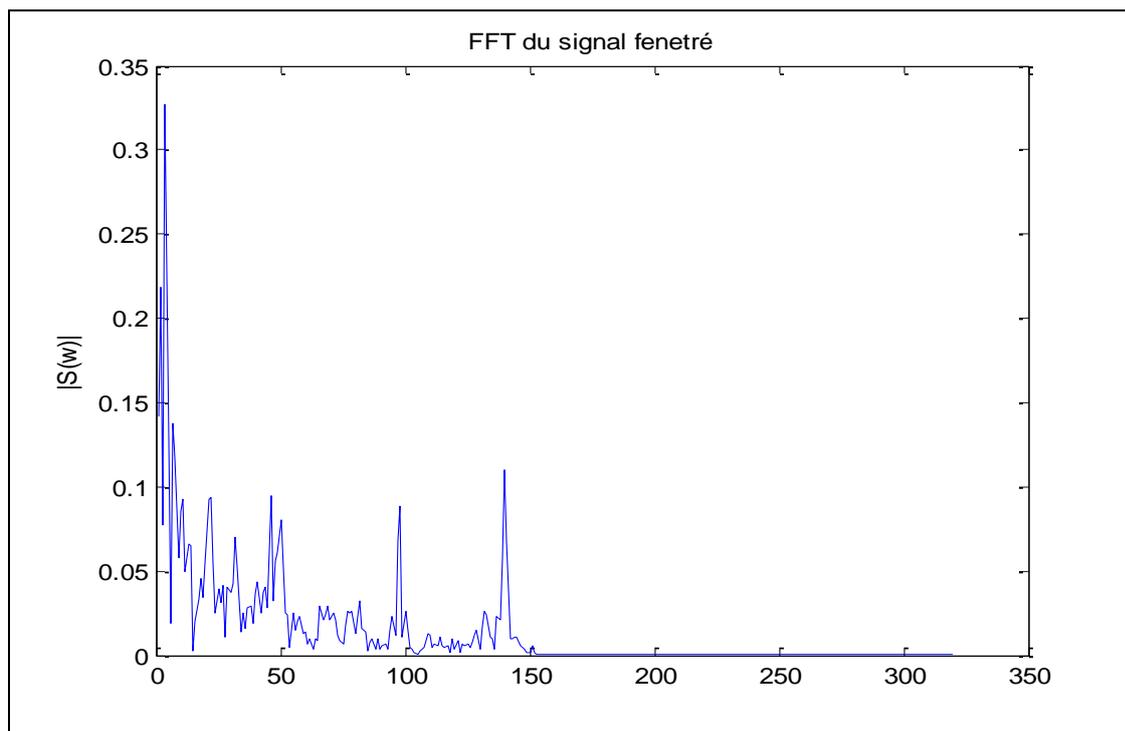


Figure III.6: FFT du signal fenêtré.

On passe au cepstre du signal résultant de cette FFT, nous remarquons que le spectre est constant entre 0 et 50, d'amplitude varie entre -0,08 et 0,08, voir la Figure III.7.

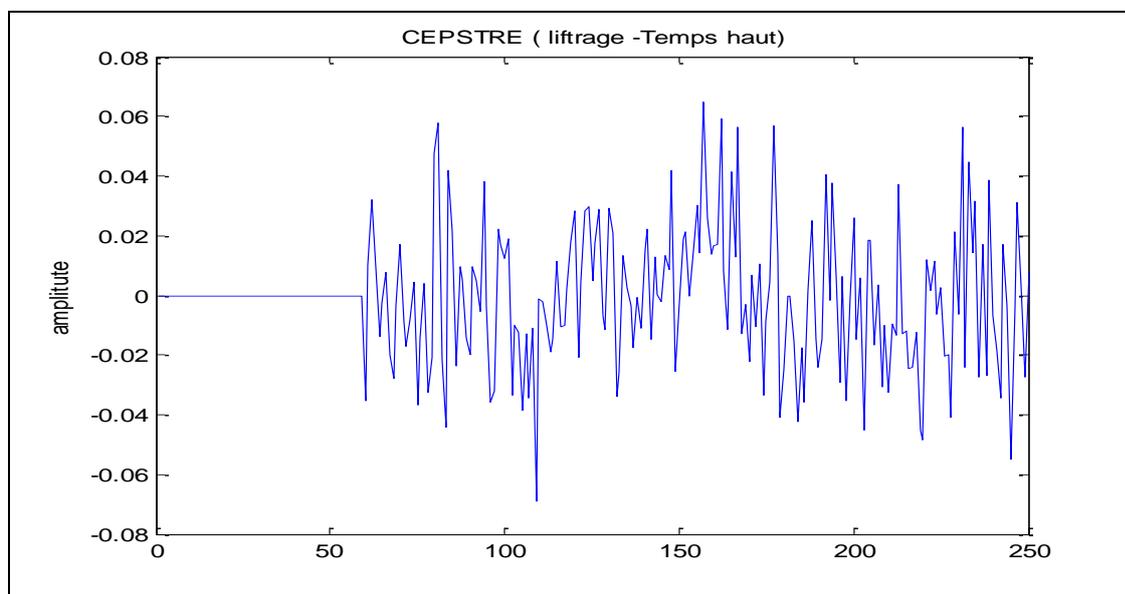


Figure III.7 : Cepstrale de signale de ronflement.

Après nous avons fait des calculs sur matlab et nous obtenons que la valeur de la fréquence de pitch est : 280.8917 Hz.

III.2.3. Comparaison entre la méthode d'autocorrélation et cepstrale

Nous avons plusieurs méthodes de détermination de la fréquence fondamentale comme autocorrélation, et produit spectral harmonique, mais la plus utilisée et la plus efficace c'est la méthode du cepstre qui permet de déconvoluer la réponse impulsionnelle du conduit de l'excitation du ronflement [33].

Donc la valeur proche de la valeur exacte de pitch est la valeur obtenue par la méthode cepstrale. Ça veut dire que le pitch du signal de ronflement est 280.8917 Hz. La référence [33] confirme cette conclusion.

Nous remarquons que la valeur de pitch est comprise entre la plage de variation moyenne d'une femme (150 et 450 Hz), Cela signifie que la valeur de pitch que nous avons trouvée est pour une femme.

Nous concluons que :

Le pitch est déterminé par la fréquence vibratoire des plis acoustiques, les plis acoustiques des hommes est différent à celui des femmes. La fréquence de pitch est différente d'un individu à un autre.

III.3. Détection des formants

III.3.1. Estimation des formants par prédiction linéaire(LPC)

L'analyse par prédiction linéaire est l'une des méthodes les plus populaires pour extraire l'information spectrale du signal. La prédiction linéaire s'adapte au modèle tout pôle pour les signaux de parole voisés, les paramètres du modèle permettent de trouver les positions des formants, et il s'agit donc d'une technique paramétrique d'estimation des formants [39].

III.3.2. Principe du modèle de prédiction linéaire

La prédiction linéaire du signal est une technique largement utilisée en traitement de la parole. Elle se fonde sur la corrélation entre les échantillons successifs du signal vocal, en effet l'échantillon $s(n)$ à l'instant n peut être prédit approximativement comme une combinaison linéaire des p d'échantillons précédents [39]:

$$s(n) = s^n = a_1 s^{(n-1)} + a_2 (n-2) + \dots + a_p (n-p) = \sum_{i=1}^p a_i (n-i) \quad \text{III.1}$$

i , a représenté les coefficients de prédiction et p l'ordre de prédiction.

Les coefficients de prédiction (a_i) sont supposés constants sur une fenêtre d'analyse du signal.

En introduisant une excitation normalisée $v(n)$ et un gain d'excitation G on obtient :

$$S(n) = \sum_{i=1}^p a_i s(n-i) + Gv(n) \quad \text{III.2}$$

Où $Gv(n)$ est identifiée à l'erreur de prédiction introduite par le modèle ou résidu d'ordre p :

$$e(n) = s(n) - \hat{s}(n) \quad \text{III.3}$$

Soit en transformée en z :

$$S(z) = \left[\sum_{i=1}^p a_i z^{-i} \right] s(z) + GV(z) \quad \text{III.4}$$

Où $V(z)$ désigne la transformée en z de $v(n)$

Une simplification supplémentaire du modèle linéaire de production amène à définir un filtre linéaire tout-pôle dont la fonction de transfert est $H = V/A$:

$$H(z) = \frac{s(z)}{E(z)} = \frac{s(z)}{GV(z)} = \frac{1}{1 - \sum_{i=1}^p a_i z^{-i}} = \frac{1}{A(z)} \quad \text{III.5}$$

Le filtre obtenu par ce modèle linéaire simplifié de production est équivalent à un filtre prédictif, ou modèle autorégressif tout-pôle du signal. Ce modèle peut être assimilé au modèle acoustique linéaire de production de la parole. Ce modèle est formé de la concaténation de tuyaux sonores de sections différentes et variables selon les sons à produire, la fonction d'excitation $v(n)$ est soit un train d'impulsions quasi périodiques produites par la vibration des cordes vocales pour les sons voisés, soit une source de bruit aléatoire pour les sons non voisés [39].

III.3.3. Analyse des formants

Les formants d'une voyelle composent le patron formantique qui est essentiel pour la reconnaissance des voyelles. En comparant les deux premiers formants F1 et F2, nous pouvons déterminer la nature de la voyelle émise, une augmentation de F1 correspond à une ouverture articuloire et une augmentation de F2 présente une antériorisation de l'articulation. Dans les voyelles F1 peut varier de 300 Hz à 1000 Hz, F2 peut varier de 850 Hz à 2500 Hz. La valeur F2 est grossièrement proportionnelle à l'antériorité ou la postériorité de la partie haute de la langue pendant la production de la voyelle. Dans la production de cette voyelle, la pointe de la langue est assez loin en avant et les lèvres sont non arrondies.

Pour les voyelles antérieures nous observons une baisse de F2 et F3 qui indique la configuration des lèvres. Les formants supérieurs tels que F4 et F5 ont un rôle significatif dans la détermination de la qualité vocale [40].

Nous avons appliqué la méthode LPC au matlab pour détecter les formants et nous avons obtenu la figure ci-dessous.

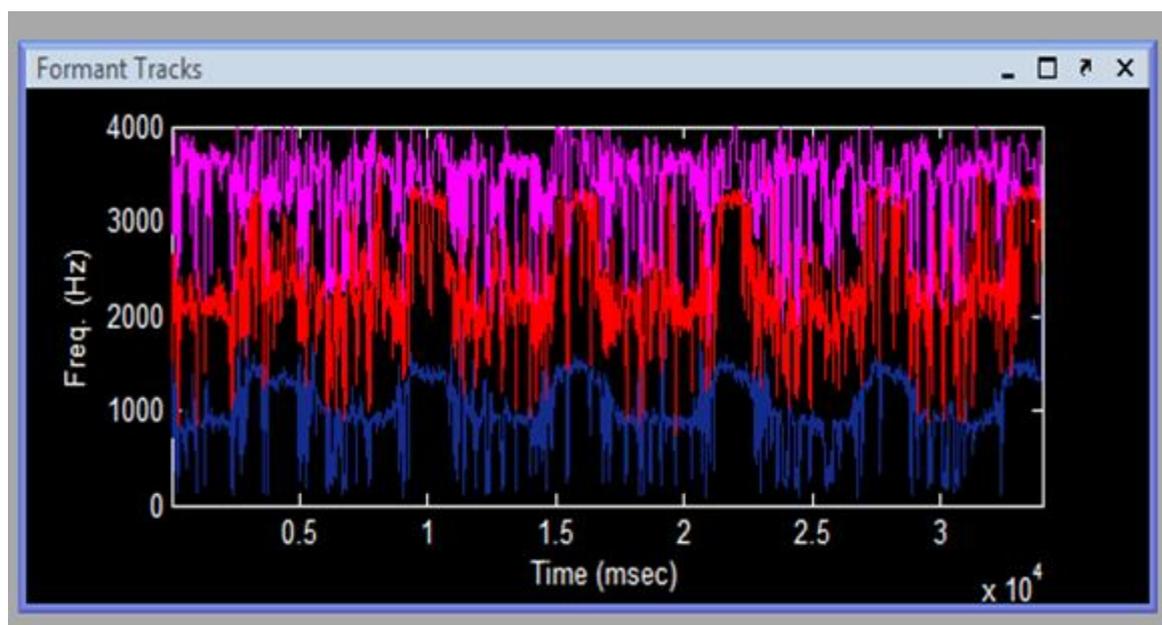


Figure III.8: Formants de ronflement

Cette figure représente les trois formants principaux de signal de ronflement F1, F2 et F3 Ce qui représentait avec trois couleurs différentes (rose, rouge et bleu), qui sont le renforcement spectral créé par une cavité du conduite vocale (telle que la bouche, le

pharynx...). Ces formants sont compris entre la fréquence (0 Hz et 4000 Hz) sur une période donnée (3×10^4 ms).

Pour plus de clarifications, nous avons fait l'extraction de chaque formant seul, le résultat de l'extraction est comme suit :

➤ **Formant 1 (F1) :**

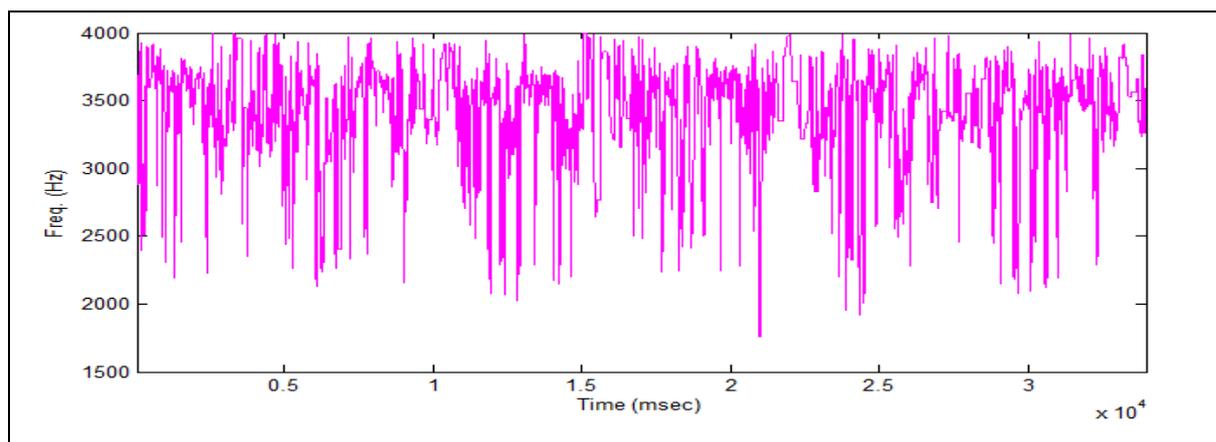


Figure III.9: Formant 1 de ronflement

La Figure III.9 présente le premier formant (F1). F1 représente la fréquence en fonction de temps, elle comprise entre la fréquence (1500 Hz et 4000 Hz) sur une période donnée (3×10^4 ms). La valeur moyenne de la fréquence des formants comprise dans la zone de 3500 Hz, donc F1 est corrélé avec ouverture de la bouche.

Formant 2 (F2):

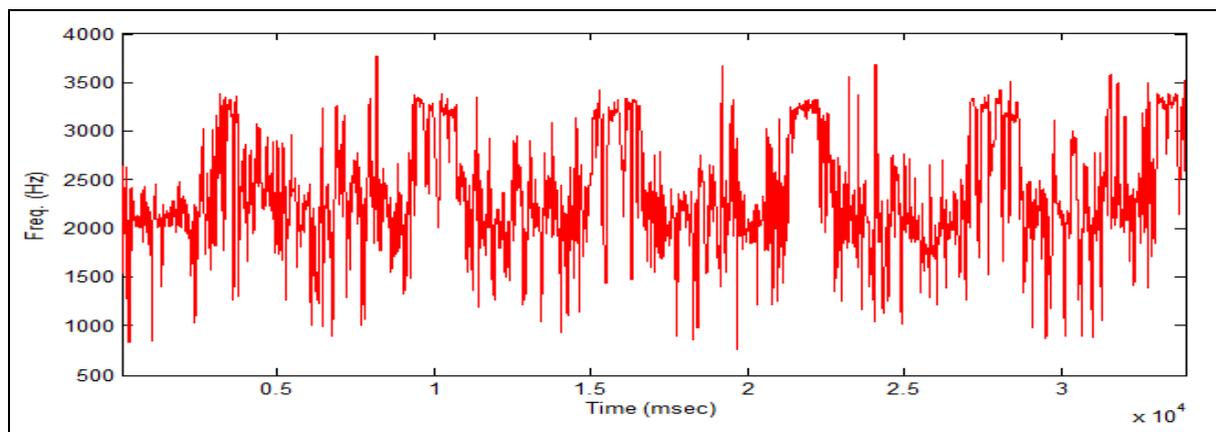


Figure III.10: Formant 2 de ronflement.

La Figure III.10 présente le deuxième formant, la fréquence des formants commence à diminuer à chaque fois en s'éloigne des plis acoustiques, donc la valeur de F2 est comprise à la zone de 2000 Hz.

➤ **Formant 3 (F3) :**

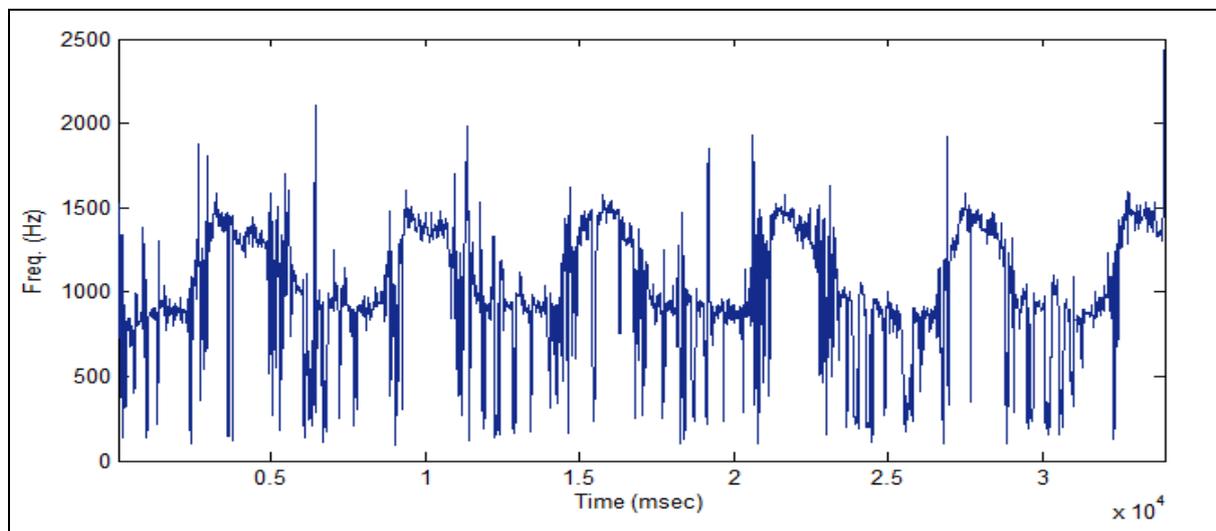
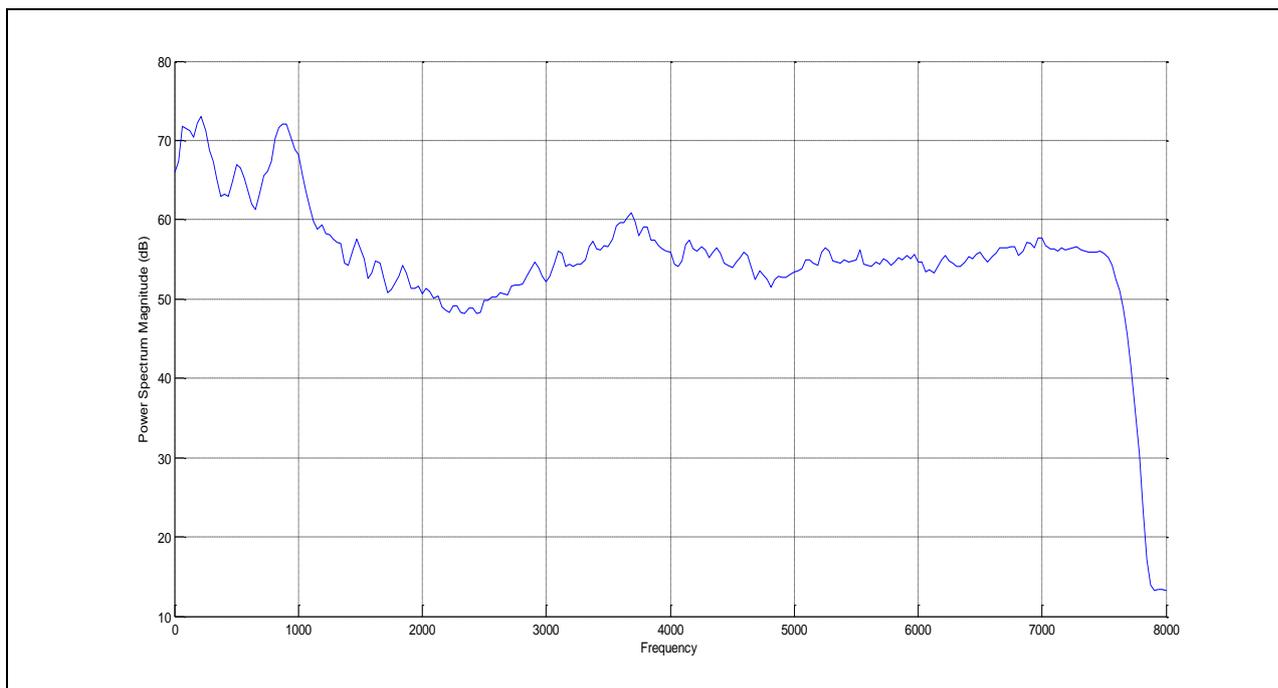


Figure III.11: Formant 3 de ronflement.

La figure ci-dessus présente le troisième formant (F3), elle continue à diminuer jusqu'à ce que nous prenons la valeur de la fréquence des formants comprise à la zone de 700 Hz.

Donc à chaque fois que nous éloignons des cordes vocales, la valeur de la fréquence des formants diminue.

III.4. Analyse de la densité du spectre d'énergie :**Figure III.12 : Spectre d'énergie**

La figure ci-dessus représente la densité du spectre d'énergie du signal de ronflement en fonction de la fréquence, cette densité du spectre d'énergie est diminuée de 80 dB vers 8 dB, et stabilise de la valeur de fréquence 7500 Hz.

III.5. Conclusion

Nous avons appliqué dans ce chapitre deux différentes méthodes connues pour détecter la fréquence de pitch : l'autocorrélation et cepstrale, prédiction linéaire (LPC) pour détection des formants et nous avons détecté aussi la densité du spectre d'énergie.

Les résultats obtenus montrent que le signal de ronflement que nous avons étudié est un ronflement d'une femme, grâce au pitch que nous pouvons reconnaître la nature des différents types de sons. Les formants sont liés à la forme géométrique de la conduite vocale de ronfleur.

Conclusion générale

Conclusion générale

Dans ce mémoire nous avons étudié le ronflement par approche analytique.

Pour le premier chapitre nous avons exposé une étude générale sur le sommeil (les types, les troubles de sommeil). Puis nous avons expliqué brièvement le ronflement (c'est quoi une physiopathologie de ronflement et quels sont les facteurs de risque). Nous avons aussi expliqué c'est quoi l'apnée de sommeil.

En deuxième chapitre nous avons parlé sur les généralités du signal vocal, les caractéristiques du signal de ronflement et des méthodes d'analyse de ronflement soit les méthodes temporelles ou fréquentielles.

Le troisième chapitre nous avons illustré les résultats d'analyse de ronflement.

Le ronflement s'il n'est pas pris en considération et analyser à temps, peut se développer en une maladie d'apnée de sommeil, et à ce moment-là les solutions à ce problème seront coûteuse et moins efficaces.

Les résultats que nous avons obtenus sur l'analyse de ronflement montrent que le pitch est différent d'un individu à un autre ou d'un genre à un autre et les formants sont liés à la forme géométrique de la conduite vocale. La variation de pitch et des formants d'un signal du ronflement en général indiquent la présence d'une pathologie, par exemple la distorsion des formants indique un désordre du larynx.

Comme perspectives à ce travail, la synthèse du signal de ronflement à partir de ces caractéristiques que nous avons détecté.

Bibliogaphie

Bibliographie

- [1] E.NESSLER : « *influence d'un protocole de traitement ostéopathique sur le ronflement à l'âge adulte* ». Diplôme en ostéopathie, 2016.
- [2] Réseau Morphée : « *les apnées du sommeil* ». www-reseau-morphee.org.
- [3] A.KADRI et F.MAZOUZI : « *la qualité de vie et la qualité du sommeil chez les étudiants universitaires* ». Mémoire de fin de cycle, universitaires de Abderrahmane MIRA (Bejaia), 2014.
- [4] PETITFRERE CHARLOTTE : « *apnée du sommeil : une maladie ancienne pourtant toujours d'actualité* ». Thèse de doctorat, université de lorraine ,2014.
- [5] JEAN-PHILIPPE: « *entrevue sur les aspects socioculturel les influençant le sommeil* ». Thèse de doctorat universitaire LAVAL, 2016.
- [6] :https://www.google.com/search?q=41_poly_troubles_du_sommeil&oq=41_poly_troubles_du_sommeil&aqs=chrome..69i57.1194j0j7&sourceid=chrome&ie=UTF-8, consulté le 24-09-2019.
- [7] M.AVELINA : « *Prévalence des troubles du sommeil chez les militaires dans l'exercice de la médecine général d'unité* ». Thèse de doctorat, universitaire de paris-est Créteil, 2012-2013.
- [8] JEAN-BAPTISTE SAUZEAU: « *impacte des troubles du sommeil sur les processus de consolidation des apprentissages dépendants du sommeil chez l'enfant* ». Thèse de doctorat, université Claude Bernard lyon1, 2017.
- [9]Site web :<https://www.google.com/search?q=Sommeil-2015&oq=Sommeil-2015&aqs=chrome..69i57.1210j0j7&sourceid=chrome&ie=UTF-8>, consulté le 06-05-2019.
- [10] P.DUPRAT : « *syndromes d'apnées de sommeil* ».Thèse de doctorat, université de Limoges ,1991.
- [11] D.SYLVAIN : « *prendre en charge l'insomnie par les ttc* ».Duond.11 rue Paul Bert, 92247 Malakoff cedex, 2016. ISBN 978-2-10-075232-4.257p.

[12] S. CASTILLE et A.TOPOLSKY : « *aidez –moi à dormir* ». Université de Genève ,2008-2009.

[13] « *le ronflement* ». Centre de littérale en sante, université de Montréal, 2016.

[14] S.NAJI: « *influence d'un traitement ostéopathique sur les personnes atteintes de ronflement* ». Diplôme en ostéopathie, 2016.

[15] Dr. PHILIPPE ROMBAUX : « *ronflement et apnée* ». La revue de la médecine générale n257, novembre 2008.

[16] 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.

[17] D.BODEZ et A.COHEN : « *le syndrome d'apnée du sommeil en cardiologie : épidémiologie, risque et circonstances de découverte* », service de cardiologie, 2015.

[18] Fédération française de cardiologie : « *l'apnée du sommeil augmente significativement les risques cardio-vasculaires* ». 2019.

[19] L'association pulmonaire. « *Le guide de sur l'apnée du sommeil (troubles respiratoires du sommeil)* ». 2018.

[20] CH. SCHEIBLING : « *l'apnée du sommeil qu'est-ce que c'est ?* ». Cool la vie, alliance du cœur.

[21] « *l'apnée du sommeil* ». Centre de littérale en sante, septembre 2018.

[22] « *polysomnographie et polygraphie respiratoire –texte court* ». Haute autorité de santé/SEAP-SEESP/mai, 2012.

[23] Dr Antoine Geraads : « *enregistrement polygraphique du sommeil* ». Janvier 2002.

[24] D.OUALID : « *reconnaissance automatique de la parole arabe par CMU SPHINX4* ». Magister, université Ferhat Abbas (Sétif), 2013.

[25] A. YASMINE : « *modélisation AR et ARMA de la parole pour une vérification robuste du locuteur dans un milieu bruite en mode dépendant du texte* ». Magister .université Farhat Abbas (setif), 2013.

Bibliographie

- [26] F.RACINE : « *modélisation du son* ». Centre Galois, 2013.
- [27] B.SALIM et N.AHMED : « *compression et codage de la parole par la transformation KLT* ». Master, université Djilali Bounaama (khemis Miliana), 2015-2016.
- [28] 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.
- [29] R.NIKOLV et M.DITCHVA : « *l'analyse acoustique de la parole : étape et outils* ». Université de Plovdiv paissi hilendarski.
- [30] T.DUTOIT : « *Introduction au Traitement Automatique de la Parole* ». Copyright © 2000 Faculté Polytechnique de Mons.
- [31] H.GHARBI: « *Abdenour Sélection de paramètres acoustiques pertinents pour la Reconnaissance de la parole* ». Thèse de doctorat, Université Ferhat Abbas-Sétif, 2012.
- [32] L. AMIAR : « *un système hybride AG/PMG pour la reconnaissance de la parole arabe* ». Magister, université Badji Mokhtar (Annaba), 2005.
- [33] Z.HAMAIZA et M.BEDDA : « *analyse et synthèse de la parole arabe* ». Université Mohamed khider (Biskra), 2011.
- [34] Y.AUREGAN, C.DEPOLLIER r, J. RACINEUX et N. MESLIER : « *analyse des signaux de ronflement* ». Journal de Physique Colloques, 1990.
- [35] F.SIGNOL : « *Estimation de fréquences fondamentales multiples en vue de la séparation de signaux de parole mélangés dans un même canal* ». Thèse de doctorat, université paris-sud11, 2009.
- [36] H. HARB: « *Classification du signal sonore en vue d'une indexation par le contenu des documents multimédias* ». Thèse sous la supervision de Prof. Liming Chen, Lab. LIRIS, Ecole Centrale de Lyon.

Bibliographie

[37] Mr.L.NOUREDDINE: « *codage paramétrique de la parole en vue de sa transmission sur internet* ». Magister, université d'Oran-ES-senia-octobre, 2006.

[38] A.BOUSSAAD : « *compression et débruitage par ondelettes* ». Magister en mathématique, Université Mohamed khider (Biskra), 2009.

[39] F.BAHJA : « *détection du fondamental de la parole en temps réel : application aux voix pathologiques* ». Thèse de doctorat, Université Mohammed V-Agdal, 15 Juin 2013.

[40] I. JEMAA : « *Suivi de Formants par analyse en Multirésolution* ». Thèse de doctorat, Université de Lorraine-Nancy I, 21 Jun 2013.

Résumé

Traitement de la parole est une branche de traitement de signal numérique qui s'applique sur les signaux vocales à but d'améliorer la qualité et pour extraction les paramètres d'un signal. Dans notre travail nous nous intéressons au signal de ronflement qui est un cas spécial de la parole pour l'étudier et analyser. Le ronflement désigne le bruit respiratoire que produit un dormeur, ce bruit traduit la vibration des tissus de la gorge détendus par le sommeil. Tout ronflement peut évoluer vers une situation pathologique. L'analyse de ce type de signal est difficile car ses propriétés statistiques varient au cours du temps.

Dans ce travail, nous avons utilisé plusieurs méthodes d'analyse pour détecter certaines caractéristiques essentielles de signal de ronflement (tels que la fréquence de pitch et les formants), en appliquant les méthodes temporelles (analyse par l'autocorrélation), et les méthodes spectrales (analyse par cepstre) et la méthode de prédiction linéaire (LPC).

Mots clés : Ronflement, l'autocorrélation, cepstre, prédiction linéaire.

Abstract

Speech processing is a field of digital signal processing that applies on voice signals to improve the quality and extract the parameters of the signal. In our work we were interested in the snoring signal which is a special case of speech to be studied and analyzed. Snoring refers to the breathing noise produced by a sleeper, this noise reflects the vibration of the throat tissues relaxed by sleep. Any snoring can progress to a pathological situation. The analysis of this type of signal is difficult because its statistical properties vary all the time.

In this work, we used several methods of analysis to detect certain essential characteristics of snoring signal (such as pitch frequency and formants), by applying temporal methods (autocorrelation analysis), and spectral methods (cepstrum analysis) and the linear prediction method (LPC).

Key words : Snoring, autocorrelation, cepstrum, linear prediction.

ملخص

معالجة الكلام هي فرع من فروع معالجة الإشارات الرقمية التي يمكن تطبيقها على الإشارات الصوتية لأجل تحسين جودة واستخراج خصائص الإشارة. قمنا في عملنا هذا بدراسة وتحليل الشخير كحالة خاصة من الإشارات الصوتية والناجم عن صعوبات وضجيج التنفس أثناء النوم. يعكس هذا الضجيج اهتزاز أنسجة الحنجرة التي ينتجها النائم. يمكن أن يتطور هذا الشخير إلى حالة مرضية. تحليل هذا النوع من الإشارات نوعاً ما صعب نتيجة لخاصة الإحصائية التي تتغير طول الوقت.

في هذا العمل، استخدمنا عدة طرق للتحليل واكتشاف الميزات الأساسية لإشارة الشخير كطريقة الارتباط الذاتي cepstral والتنبؤ الخط (LPC).

الكلمات الدالة: الشخير، الارتباط الذاتي، cepstral، التنبؤ الخطي.