

UNIVERSITE SIDI MOHAMMED BEN ABDELLAH
FACULTE DE MEDECINE ET DE PHARMACIE
FES



Année 2011

Thèse N° 131/11

LA REHABILITATION VOCALE APRES LARYNGECTOMIE TOTALE
**« Les aspects acoustiques de la voix œsophagienne :
développement d'une application informatique d'analyse
acoustique de la voix »**

THESE

PRESENTEE ET SOUTENUE PUBLIQUEMENT LE 06/10/2011

PAR

Mlle. OUATTASSI NAOUAR

Née le 01 Avril 1983 à Fès

POUR L'OBTENTION DU DOCTORAT EN MEDECINE

MOTS-CLES :

Voix Oesophagienne - Jitter - Shimmer - V-RQOL

JURY

M. EL ALAMI EL AMINE MOHAMED NOUR-DINE.....	PRESIDENT ET RAPPORTEUR
Professeur d'Oto-Rhino-Laryngologie	
M. CHERKAOUI ABDELJABBAR.....	CO-RAPPORTEUR
Professeur d'Automatique, signaux et systèmes	
M. BELAHSEN MOHAMMED FAOUZI.....	} JUGES
Professeur agrégé de Neurologie	
M. MESSARY ABDELHAMID.....	
Professeur de Val de Grâce d'Oto-Rhino-Laryngologie	
M. RAMMOUZ ISMAIL.....	
Professeur agrégé de Psychiatrie	
Mme. EL RHAZI KARIMA.....	
Professeur agrégé de Médecine communautaire	

PLAN

I. Introduction.....	5
II. L'origine de la parole	8
III. La production de la parole	10
IV. Les particularités phonétiques de l'arabe	57
V. Le traitement de la parole pour les applications cliniques	61
VI. La laryngectomie totale	74
VII. Historique de la réhabilitation vocale après laryngectomie totale ..	83
VIII. Les procédés de réhabilitation vocale après laryngectomie totale ..	87
IX. Matériel et méthodes	118
X. Résultats et analyse	131
XI. Discussion	155
XII. Conclusion et perspectives	185
XIII. Résumés	188
XIV. Bibliographie	194
Annexe sur CD-Rom : application développée sur MATLAB pour l'analyse des perturbations du signal vocal	

*The funny side of cancer
(They never warned me of the wind)*

*I realised that i had lost my voice
« laryngitus » the general cry
« Go to the doctor, you have no choice »
That wisdom, I could not deny.
First Doctor Busk, then Mr Sharpe,
Who told me the astonishing news
« Spindle Cell Cancer, afraid it's a harp »
Whispered quietly, giving me clues.
The Surgeon gently, then had a look.
On his tip-toes, he peered down my throat
« Do you tomorrow », as my pulse he took,
And his pen wrote a copious note.
He was, as good as his word,
He gave me back life and breath.
Slowly but Surely those robotic words stirred
I had side-stepped, that premature death.
I now force air, through the valve prosthetic
But only half of it comes out of the mouth
The words formed are quite pathetic
The other forced air travels South
With one's stomach distended, you grotty
And the passing of wind a disgrace
In song I could be Pavarotti
If that valve was in the right place.*

Speechless Poet

Len A. Hyuds

« ON M'A PAS AVERTI DU VENT » est un poème qui résume la souffrance du laryngectomisé depuis l'annonce du diagnostic, souvent pris pour sentence de mort, aux étapes de traitement périlleuses aboutissant finalement à sa survie. Mais à quel prix ! Celui d'une voix prothétique défaillante. Cependant le patient est toujours reconnaissant d'avoir survécu.

INTRODUCTION

La voix et la parole sont l'expression de la pensée, le propre de l'Homme, une fonction dont le substratum anatomophysiologique est assez complexe et difficile à cerner.

Les cancers du pharynx et du larynx sont de loin les cancers les plus fréquents des voies aéro-digestives supérieures, ils requièrent une prise en charge qui peut être assez mutilante. Ainsi, la laryngectomie totale comme traitement des cancers étendus du carrefour aérodigestif, perturbe significativement toutes les fonctions du larynx aussi bien la respiration, la déglutition que de phonation, et de ce fait nécessite un travail soutenu de réhabilitation et de soutien psychologique du malade.

La rééducation orthophonique et la réhabilitation de la parole sont les facteurs proéminents de la qualité de vie des patients laryngectomisés.

En effet, le degré de l'handicap est souvent si important qu'il est souvent impossible pour les patients de continuer un travail normal. Aussi, l'handicap vocal perturbe la situation psychosociale de la famille, et constitue un fardeau pour le système de santé.

L'accent a été longtemps mis uniquement sur la guérison du cancer et rarement sur la qualité de vie du patient traité, dont la réhabilitation vocale et le soutien psychologique revêt une importance cruciale.

Dans cette perspective et pour une meilleure adaptation de l'arsenal thérapeutique, il est nécessaire de disposer de moyens fiables d'évaluation de la qualité de la voix œsophagienne au cours du processus de réhabilitation. L'évaluation perceptive (par un jury naïf ou d'expert) a été longtemps prônée comme chef de fil, vu sa fiabilité. Cependant cette technique, subjective, peu reproductible, astreignante et onéreuse ne peut faire l'objet d'un moyen d'évaluation standard de la pratique courante. Ainsi, les recherches se sont penchées sur le côté physique de la voix pour élaborer des méthodes objectives fiables d'évaluation.

A travers ce travail nous avons essayé de :

- Ø Dresser un panorama des techniques de réhabilitation vocale après la laryngectomie totale en mettant en exergue les particularités de la voix œsophagienne et insistant sur l'expérience du service d'ORL et CCF de Fès en la matière.
- Ø Présenter une analyse critique des méthodes d'estimation des dyspériodicités vocales développées récemment.
- Ø A travers le développement d'une application informatique de traitement du signal, proposer une méthode d'analyse acoustique objective et exposer les résultats phonologiques des patients suivis à l'unité d'orthophonie du service d'ORL et CCF de Fès.
- Ø Recenser la qualité de vie de ces patients après leur prise en charge globale en insistant sur la qualité de vie liée à l'handicap vocal.

L'ORIGINE DE LA PAROLE

L'origine et l'histoire des langues ont toujours suscité l'intérêt des penseurs. De nombreux mythes tendent à donner aux langues une origine supranaturelle (Hermès, ...). La Bible donne quant à elle une origine divine aux langues (Tour de Babel). La langue unique des origines aurait ainsi été divisée en une multitude pour apporter la discorde entre les hommes.

L'Islam quant à lui s'accorde sur l'origine divine de la parole. En effet, le Saint Coran dans la sourate Al-Baqarah (La Vache) verset 31 « Et Il apprit à Adam les noms (de toutes choses), puis il les présenta aux anges, et dit: «Informez-moi des noms de ceux-là, si vous êtes véridiques !» «Ces deux expressions divines indiquent clairement que l'humanité a été créée dès le début avec une capacité innée à utiliser la langue. Par conséquent, un théiste de tout niveau de la société n'a aucun doute sur l'origine du langage humain. Pour lui, l'explication est à la fois simple et convaincante.

Cependant, pour un évolutionniste ou athée, il est assez angoissant de trouver une réponse unanime quant à l'émergence du langage car il y a tant de théories concurrentes et contradictoires et d'hypothèses. Leurs explications douteuses évolutionnaires sont recueillies en vertu de deux hypothèses principales qui sont basées sur l'invention humaine et la nécessité.

Bien que les langues existantes diffèrent les unes des autres par l'étendue et les thèmes de leur lexique, toutes les langues naturelles possèdent une grammaire et une syntaxe permettant l'invention, la traduction, voire l'emprunt à d'autres langues le vocabulaire nécessaire à l'expression des pensées leurs locuteurs. On appelle ce type de langage le langage naturel.

De nos jours, la discipline scientifique ayant pour objet l'étude de l'histoire et de l'évolution des langues est la linguistique comparée.

LA PRODUCTION DE LA PAROLE

« La parole naît-elle de nous comme une sorte d'expression, d'épanouissement, de développement de nous, monte-t-elle comme une nécessité de notre intérieur ou bien est-elle attirée de l'extérieur, par une autre parole, ou autrement par quoi ? Parlons-nous parce que nous répondons, ou pour parler ? » Brice PARAIN (Petite métaphysique de la parole. Paris, Gallimard, 1969, p. 144).

La parole est l'expression de la pensée, le propre de l'Homme. L'extraordinaire singularité de ce don tient sans aucun doute au rôle fascinant que joue le cerveau humain à la fois dans la production et dans la compréhension de la parole et à l'étendue des fonctions qu'il met, inconsciemment, en œuvre pour y parvenir de façon pratiquement instantanée. En effet, c'est non seulement la perception de la parole qui vient influencer sur sa production, mais aussi et surtout sa compréhension. On ne parle que dans la mesure où l'on s'entend et où l'on se comprend soi-même ; la complexité du signal qui en résulte s'en ressent forcément. Ainsi pour décrire un processus si complexe que celui de la production de la parole, il convient de dresser quatre niveaux d'organisation (Figure 1):

- ü La parole d'un point de vue physique.
- ü La parole à un niveau phonétique.
- ü La parole à un niveau linguistique.

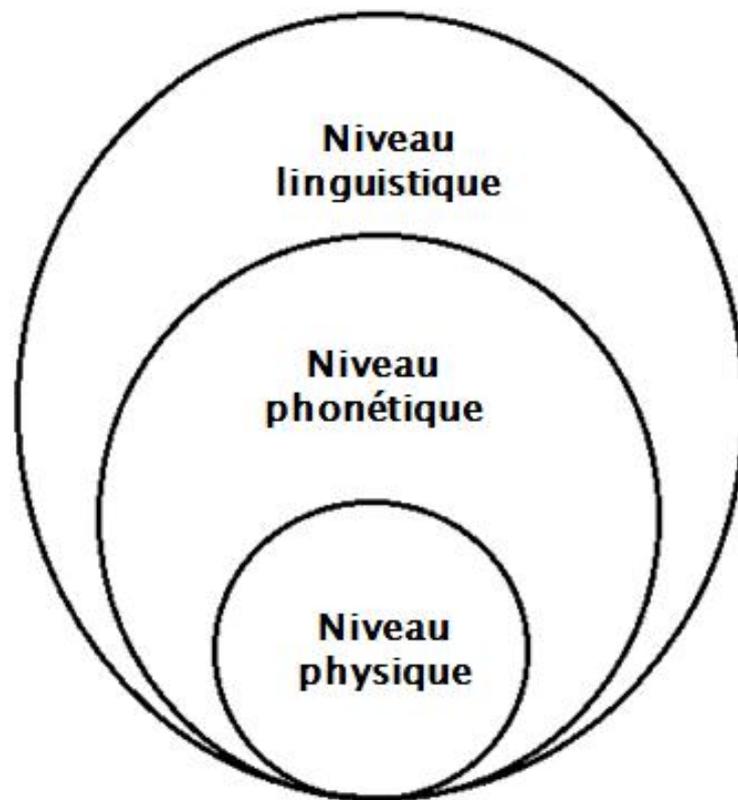


Figure 1 : Les niveaux d'organisation de la parole

I. La parole en tant que phénomène physique :

1. Le substratum anatomique :

Le système phonatoire est une chaîne anatomique complexe classiquement divisée en trois parties :

- L'appareil respiratoire ou soufflerie pulmonaire,
- Le vibreur laryngé,
- Les résonateurs représentés par les cavités aériennes supralaryngées.

1.1. L'appareil respiratoire :

La phonation est une expiration « sonorisée » qu'on appelle le « souffle phonatoire » qui met en jeu le squelette du thorax et les muscles respiratoires.

Le souffle phonatoire n'est pas produit toujours de la même façon, on décrit :

- LE SOUFFLE THORACIQUE SUPERIEUR : qui est produit par l'abaissement de la cage thoracique, c'est ce qui a lieu lors de l'expression simple.
- LE SOUFFLE ABDOMINAL : produit par l'action des muscles abdominaux, c'est ce qui a lieu lors de la projection vocale.
- LE SOUFFLE VERTEBRAL qui utilise la flexion thoracique ; le dos s'arrondit dans un contexte d'effort plus ou moins important. C'est ce qui a lieu dans la voix de détresse et dans le comportement de forçage vocal [1].

Classiquement, on divise les muscles respiratoires en trois groupes :

- les muscles inspireurs principaux :
 - ü Le diaphragme.
 - ü Les muscles scalènes.
 - ü Les intercostaux externes et moyens.
- les muscles inspireurs secondaires :
 - ü Les muscles sterno-cléido-mastoiïdiens.
 - ü les grands et petits pectoraux.

ü Les sous claviers.

ü Les surcostaux.

Et pour certains :

ü Les muscles scalènes.

ü Les intercostaux externes et moyens.

- les muscles expirateurs

ü Les muscles abdominaux.

ü Les intercostaux internes.

Bien que figurant encore actuellement (avec quelques variantes) dans pratiquement tous les traités, cette conception repose non pas sur l'expérimentation physiologique mais sur des déductions logiques résultant de la considération des insertions de ces divers muscles et de la direction de leurs fibres. Et bien qu'il soit classique de distinguer les muscles inspiratoires et les muscles expiratoires, au cours de l'expiration phonatoire, ces deux catégories peuvent intervenir simultanément (Figure 2).

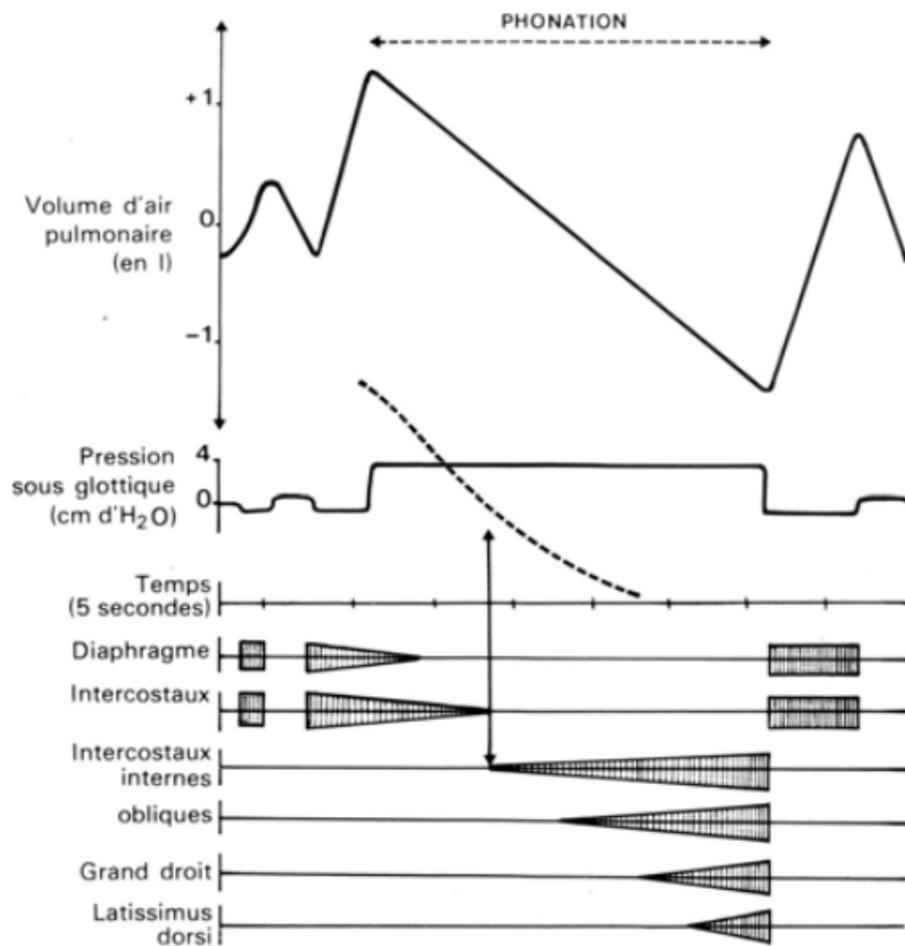


Figure 2 : modifications respiratoires & intervention des muscles respiratoires au cours de la phonation. [1]

1.2. Le vibrateur laryngé :

Le larynx est le segment initial des voies aérodigestives inférieures, il s'ouvre dans l'hypopharynx et se continue en bas par la trachée. C'est un sphincter musculaire qui ferme les voies aériennes lors de la déglutition, régurgitation et vomissement, et produit le son laryngé à l'origine de la voix.

1.2.1 : Anatomie descriptive : (Figure 3)

Le larynx a la forme d'une pyramide triangulaire à base postéro-supérieure répondant au pharynx et à l'os hyoïde, et à sommet inférieur répondant à la trachée.

Ses dimensions sont, chez l'homme, de 45 mm de haut et 35mm de diamètre antéropostérieur à sa partie supérieure. Elles sont plus réduites chez la femme (respectivement 35 mm et 25mm). Il est constitué par l'assemblage de 11 cartilages :

- Trois cartilages impairs et médians : le cartilage thyroïde, le cartilage cricoïde et l'épiglotte ;
- Une paire de cartilages fonctionnels : les cartilages aryénoïdes.

Les différentes pièces cartilagineuses du larynx sont unies par des membranes renforcées éventuellement par des ligaments.

Les différentes pièces cartilagineuses sont mobilisées par une musculature intrinsèque du larynx constituée par :

- Muscle crico-thyroïdien.
- Muscle cricoaryénoïdien postérieur.
- Muscle cricoaryénoïdien latéral.
- Muscle aryénoïdien transverse.
- Muscle aryénoïdien oblique.
- Muscle ary-épiglottique.

- Muscle thyroaryténoïdien latéral.
- Muscle vocal ou thyroaryténoïdien médial.

Les muscles extrinsèques du larynx quant à eux modifient les angles et les espaces qui séparent les cartilages ainsi que la longueur au repos des muscles intrinsèques du larynx, aussi ils assurent le déplacement du larynx vers le haut, lors de la déglutition quand la mandibule est fixée. Ainsi, le larynx se déplace naturellement vers le haut lors de la production de voix aigue ; et vers le bas quand la voix devient grave.

Ce sont les muscles :

- stylo-hyoidien et le ventre postérieur du muscle digastrique, qui unissent le larynx à la base du crâne.
- Mylo-hyoidien, ventre antérieur du muscle digastrique et le muscle génio-hyoidien, qui unissent le larynx à la mandibule.
- Le muscle et ligament thyro-hyoidien qui relie le larynx à l'os hyoïde.

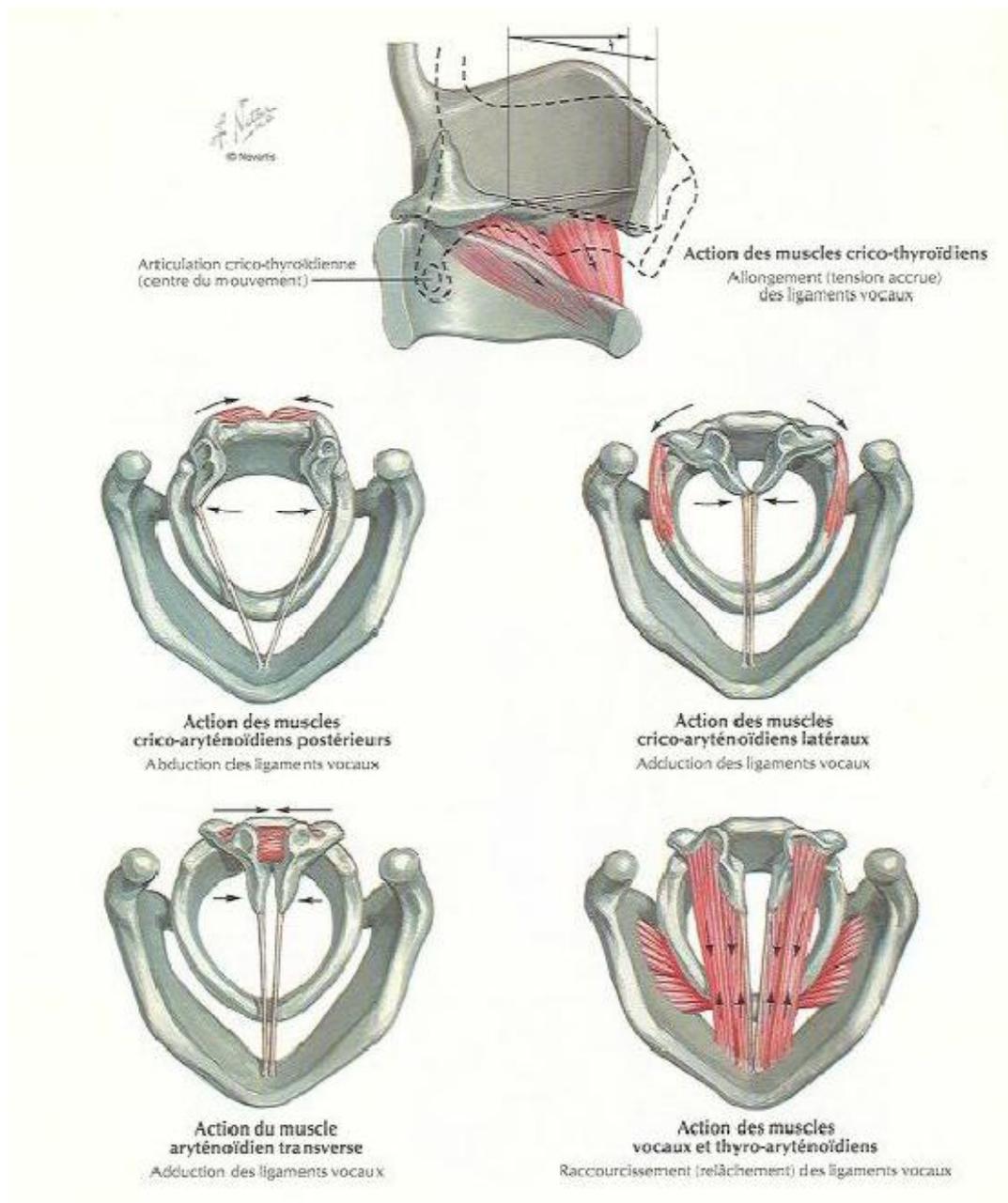


Figure 3 : La musculature intrinsèque laryngée. [2]

1.2.2. Configuration interne & anatomie endoscopique : (Figures 4 ,5, 6).

L'anatomie endoscopique se contente d'une vue en surface de la cavité pharyngolaryngée. Ainsi, le larynx s'organise en trois étages : sus-glottique, glottique et sous glottique. Il entre en rapport avec la paroi antérieure de l'hypopharynx via les sinus piriformes et la région rétrocricoïdienne.

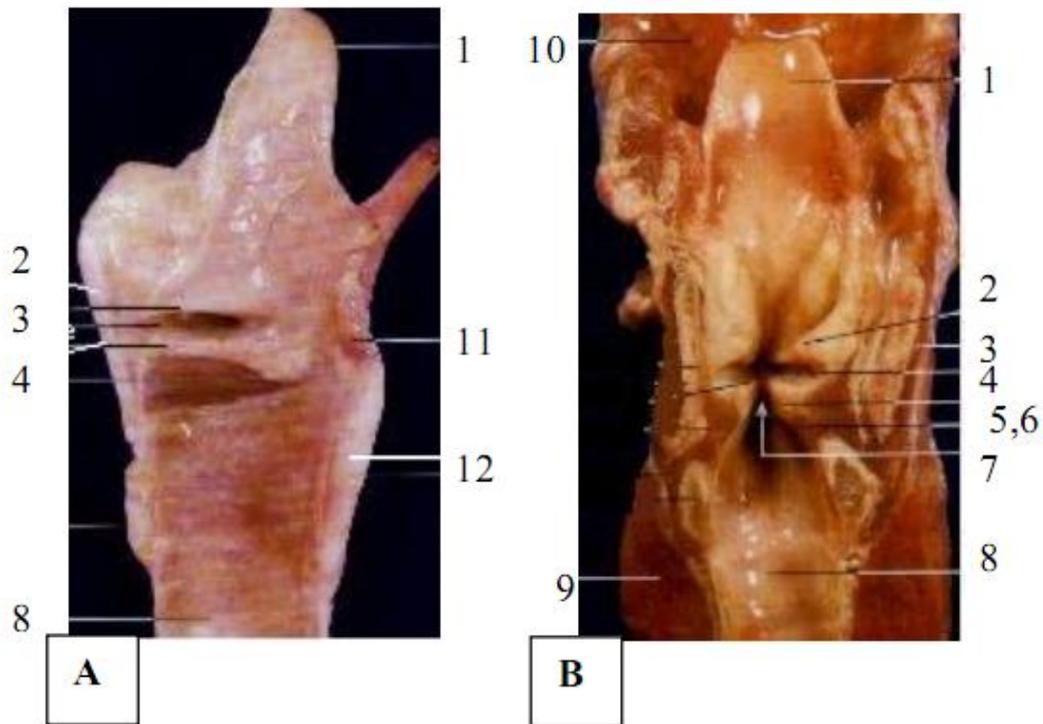


Figure 4: Configuration interne du larynx ; A : coupe sagittale - B : coupe coronale

[3]

1 : épiglote ; 2 : Bande ventriculaire ; 3 : muscle thyro-hyoidien ; 4 : ventricule de Morgani ; 5 : ligament vocal ; 6 : muscle vocal ; 7 : glotte ; 8 : trachée ; 9 : glande thyroïde ; 10 : base de la langue ; 11 : muscle ary-aryténoïdien ; 12 : chaton cricoïdien.

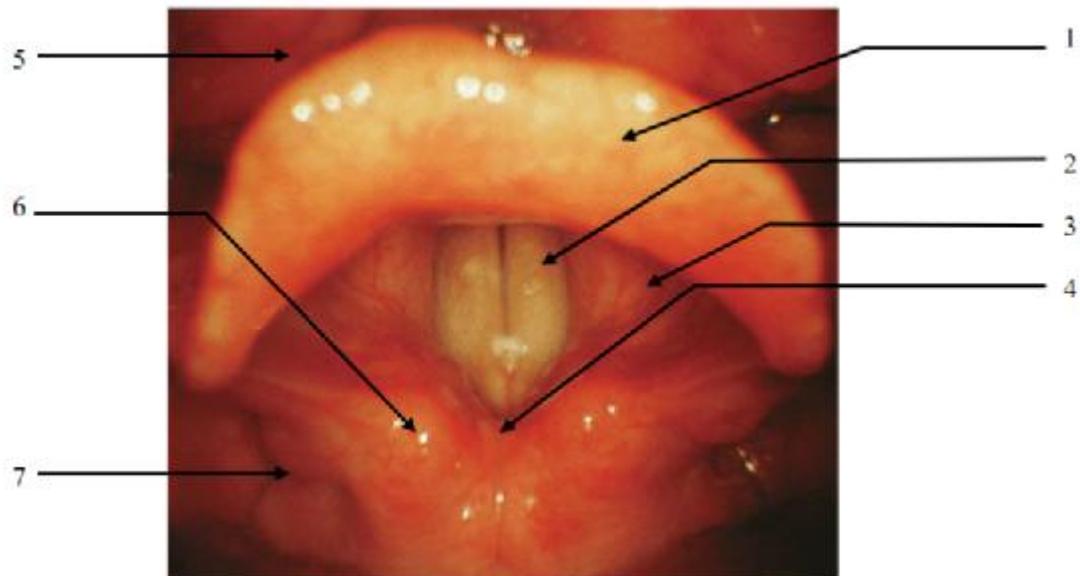


Figure 5 : vue endoscopique du larynx en phase phonatoire (iconographie service d'ORL & CCF, CHU Hassan II, Fès)

1 : épiglotte ; 2 : corde vocale droite ; 3 : bande ventriculaire droite ; 4 : commissure postérieure ; 5 : vallécule gauche ; 6 : aryténoïde gauche ; 7 : sinus piriforme gauche.

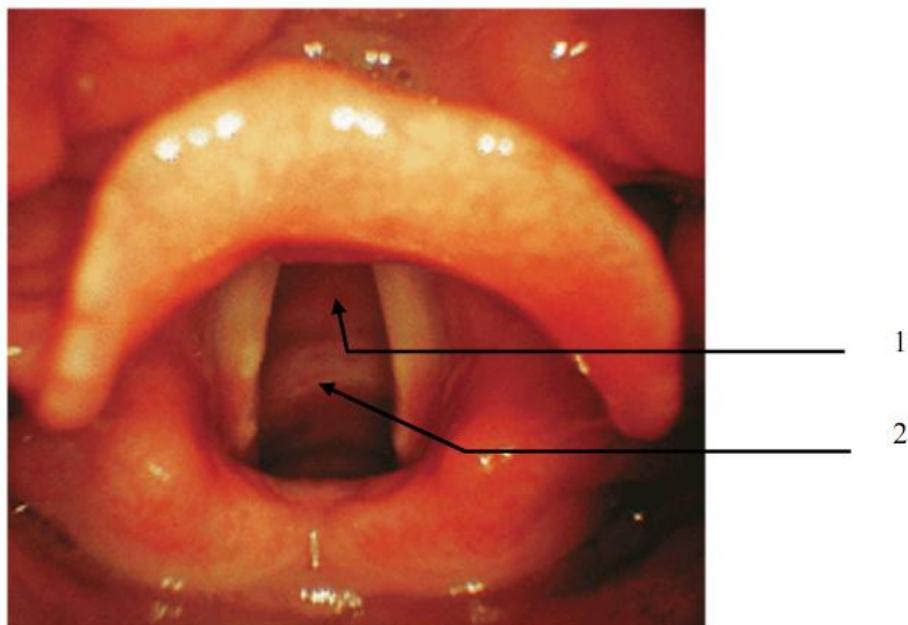


Figure 6 : vue endoscopique du larynx en phase respiratoire (iconographie service d'ORL & CCF, CHU Hassan II, Fès).

1 : commissure antérieure ; 2 : étage sous-glottique

1.2.3. Structure de la corde vocale : [4]

La corde vocale revêt une structure dite « feuilletée », en effet elle présente cinq couches qui sont de la superficie en profondeur :

- L'épithélium :

De type pavimenteux malpighien kératinisé par endroits, mieux adapté aux contraintes mécaniques de vibration et de contact contrairement au reste du larynx revêtu d'un épithélium respiratoire.

- Lamina propria : disposée en trois couches :

ü SUPERFICIELLE dite *espace de REINKE* formée essentiellement d'éléments fibreux lâches avec peu de fibroblastes noyés dans la substance fondamentale.

ü INTERMEDIAIRE dite CONUS ELASTICUS, constituée essentiellement de fibres élastiques.

ü PROFONDE caractérisée par une prédominance de fibres de collagène.

Les deux dernières couches forment le LIGAMENT VOCAL.

Aux deux extrémités des cordes vocales, la lamina propria s'épaissit : elle forme en avant la macula flava antérieure sur laquelle s'attache le tendon commissural antérieur, et en arrière la macula flava postérieure connectée à l'apophyse vocale. Ces deux structures constituent un système de coussin ayant une fonction d'amortissement vis-à-vis de la vibration cordale.

- LE MUSCLE VOCAL

Représenté par la couche interne du muscle thyro-aryténoïdien médial.

Dans les circonstances normales, seule la partie antérieure des cordes vocales est responsable de la qualité de la voix ; aussi il n'y a pas de contact entre les bandes ventriculaires lors du chant ou de la parole, cependant leur rôle n'est

vraisemblablement pas nul et elles interviennent dans les résistances du tractus vocal supraglottique de même qu'en tant que facteurs de résonance.

En pathologie, dans le cadre de forçage vocal en particulier, on peut observer des hypertonies des bandes ventriculaires, voire un accolement en phonation, responsable d'une voix rauque (dite voix de bande).

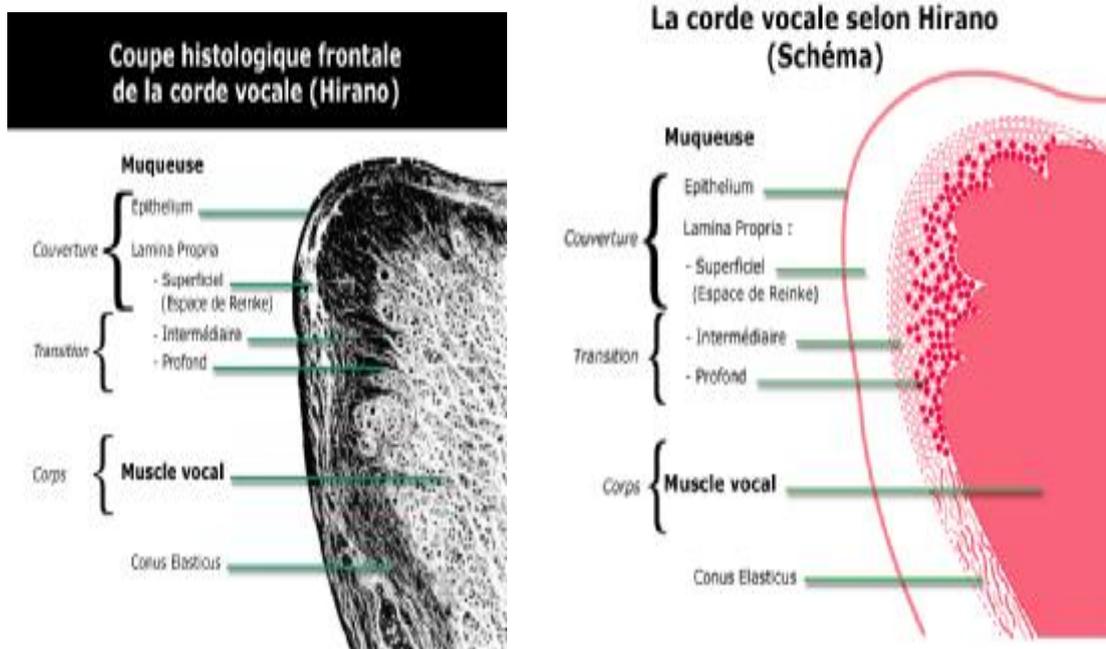


Figure 7 : structure de la corde vocale selon Hirano [5]

L'existence d'une structure vibrante est indispensable à la phonation. Toutefois, cette vibration peut exister en l'absence de cordes vocales : ainsi, lors de la réhabilitation vocale après laryngectomie totale (que le principe de réhabilitation soit un procédé de fistule phonatoire ou de voix œsophagienne), il se crée une zone de vibration située dans le « segment pharyngo-œsophagien ». Les performances vibratoires de cette nouvelle structure demeurent quand même plus réduites que celles du larynx dont l'intégrité optimise la phonation.

1.2.4. Innervation du larynx : [5]

L'innervation motrice des muscles intrinsèques du larynx est assurée par les nerfs récurrents et laryngés supérieurs, branches du nerf pneumogastrique.

- La branche externe du nerf laryngé supérieur assure l'innervation du muscle cricothyroïdien.
- Le nerf récurrent assure l'innervation du reste des muscles intrinsèques du larynx.

L'innervation sensitive est assurée par le nerf laryngé supérieur.

1.3. Les résonateurs : [1]

On donne le nom de résonateurs aux cavités que le son laryngé (ou œsophagien dans le cas des patients laryngectomisés) traverse avant d'arriver à l'air libre, à savoir l'hypopharynx et l'oropharynx, la cavité buccale, et pour certains sons, le rhinopharynx et les fosses nasales. La taille et la forme des résonateurs varient dans des proportions considérables, car leurs parois sont sous la dépendance d'organes mobiles : la mandibule, la langue, les muscles du pharynx, le voile du palais, les lèvres.

1.3.1. La mandibule :

Sur le plan phonatoire, l'ouverture de la mandibule entraîne un agrandissement de la cavité buccale par abaissement du plancher buccal, ainsi que, très souvent, un abaissement laryngé d'où un agrandissement de la cavité pharyngée.

1.3.2. La langue :

La langue présente une structure extrêmement complexe. Ses muscles sont au nombre de 17 et ses mouvements sont nombreux et variés. Sa base, postérieure, est relativement peu mobile, mais sa pointe ou apex, est très souple et peut prendre les formes les plus diverses. Son rôle est capital dans l'articulation des sons de la parole.

1.3.3. Les muscles du pharynx :

Le pharynx est un conduit musculo-membraneux qui s'étend verticalement depuis le larynx en bas jusqu'à la base du crâne en haut.

Ce conduit à la forme d'un entonnoir irrégulier dont la longueur et le diamètre peuvent varier en fonction de l'activité des muscles qui le constituent. Ces derniers se divisent en :

- muscles élévateurs (muscles du voile du palais, muscles élévateurs du larynx).
- muscles constricteurs : au nombre de trois, en se contractant, ses muscles rétrécissent les diamètres antéropostérieur et transversal du pharynx.

1.3.4. Le larynx :

En fonction de sa position dans le cou, le larynx modifie la taille du résonateur pharyngé. Toute élévation du larynx raccourcit la longueur du pharynx, alors que tout abaissement laryngé allonge la cavité pharyngée. Par ailleurs, le ventricule de Morgani est un résonateur qui renforce particulièrement les fréquences aiguës.

1.3.5. Le voile du palais :

Ses mouvements permettent d'articuler les sons nasaux et buccaux.

1.3.6. Les lèvres :

A l'état de repos, les lèvres se situent au contact l'une de l'autre. Dans la parole, elles produisent des mouvements complexes modifiant la longueur du résonateur buccal et son degré d'aperture. Pour certains, la cavité labiodentale serait responsable de la formation du troisième formant F3 du signal acoustique de la parole. Ainsi, en traversant ces cavités (dits résonateurs) que le son laryngé prend sa «couleur» ou son timbre.

Le rôle des sinus dans la phonation est très discuté ; en effet ils ne sont plus considérés comme cavités de résonance. Tout au plus peuvent ils être le siège de sensations vibratoires entrant dans le complexe sensori-moteur de la voix chantée comme points de départ de réflexes d'adaptation de la mécanique vocale. Aussi les sinus pourraient jouer un rôle d'isolateur phonique vis-à-vis de la cochlée en freinant la transmission des vibrations osseuses vers celle-ci.

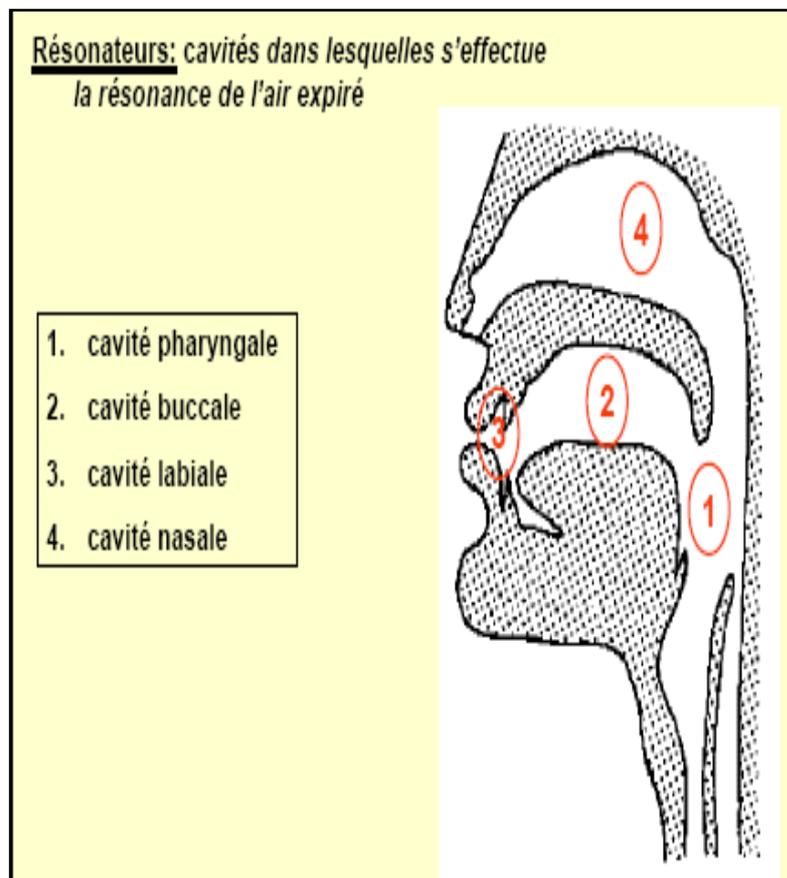


Figure 8: coupe sagittale de l'extrémité céphalique montrant les résonateurs (ou pavillon bucco-pharyngo-nasal) [1]

2. Le niveau acoustique :

1. Le son & sa propagation :

Le son est une modification des caractéristiques mécaniques du milieu de propagation : en pratique, il s'agit des micro-variations de la pression de l'air ambiant. En effet la propagation du son ne consiste pas en un déplacement de matière, mais en une perturbation qui, elle, se déplace à travers la matière, Ainsi les molécules déplacées retrouvent toujours leur place après le passage de la perturbation. Ceci est dû à l'élasticité du milieu. Empiriquement, la propagation du son diminue avec la distance. Ceci est dû à l'amortissement du système : l'air oppose une résistance au son, comme il oppose une résistance aux corps qui le traversent. Il en est de même pour d'autres fluides comme l'eau. C'est cette résistance entraîne la diminution progressive de l'amplitude de l'onde sonore, directement corrélée à l'intensité du son, puis la disparition complète du son.

2. Qu'est ce qu'une onde et quelle sont les caractéristiques de l'onde acoustique ?

Les perturbations du milieu de propagation ont tendance à se transmettre de proche en proche, leur déplacement donne lieu à une onde acoustique qui se caractérise par des grandeurs qui permettent de la décrire.

Ces grandeurs sont :

- La fréquence (dite aussi hauteur du son ou pitch) qui définit la nature du son (aigu ou grave).
- La période (ou la longueur d'onde) est égale au temps que met les particules du milieu de vibration pour accomplir un cycle vibratoire. La période est égale à l'inverse de la fréquence.

- L'intensité (I) ou l'énergie qui est proportionnelle à l'amplitude de l'onde sonore et qui dépend aussi du milieu de propagation.

$$I = P^2 \text{ et } P = \rho \cdot C$$

Ou : I représente l'intensité du son.

P représente l'amplitude de la pression sonore.

Rho : est une constante caractéristique du milieu de propagation.

C : représente la célérité ou la vitesse de propagation du son.

3. Les sons de la parole : [6]

Parmi les sons de la parole, on rencontre des signaux dont il est possible de prédire l'évolution en tout temps : ce sont les ondes sonores périodiques, et d'autres plus aléatoires qu'on appelle signaux non-périodiques ou des bruits.

3.1. Les signaux périodiques simples: (fig. 9)

On peut distinguer trois types principaux d'ondes périodiques :

- Le signal sinusoïdal, le plus connu, facile à analyser et à reproduire mécaniquement ou électroniquement ;
- Le signal rectangulaire que l'on caractérise en indiquant le rapport entre la durée pendant laquelle l'amplitude du signal n'est pas nulle et la durée d'une oscillation complète (si ce rapport est de 1/2 le signal est carré).
- Le signal triangulaire, qui présente une rampe montante et une rampe descendante, que l'on caractérise en précisant la durée d'une des deux rampes.

La périodicité est l'une des caractéristiques de la voix normale.

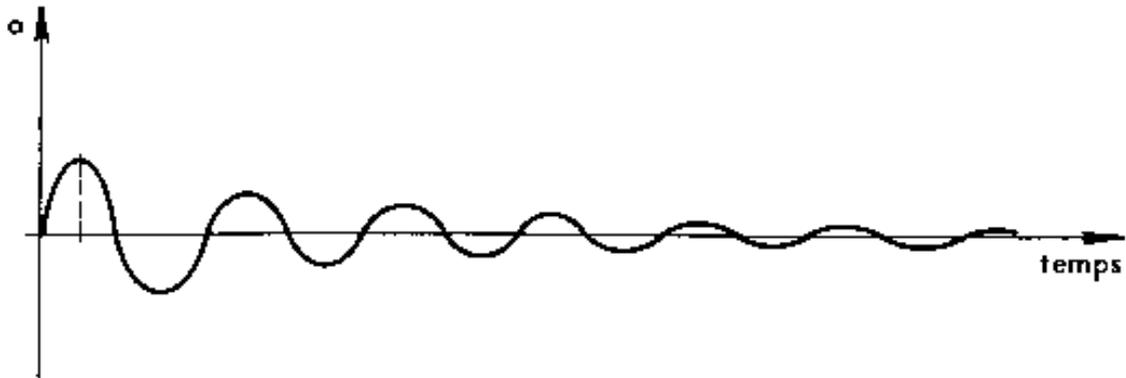


Figure 9 : signal périodique sinusoïdal amorti [6]

3.2. Les signaux non-périodiques : les bruits (Fig. 10)

Les signaux non-périodiques se présentent sous trois aspects :

- des signaux totalement aléatoires, assez rares dans la nature
- des signaux localement aléatoires dont on peut établir statistiquement certaines caractéristiques futures ;
- des signaux très courts, appelés impulsions, que l'on caractérise par leur « forme géométrique », c'est-à-dire d'après le tracé de leur courbe fréquentielle.

Il est possible de caractériser les trois types de phénomènes évoqués ci-dessus en termes de signaux périodiques, grâce à une opération mathématique, la transformée de Fourier, ou analyse fréquentielle en composantes sinusoïdales. Il s'agit de convertir un signal non périodique en une somme, finie ou non, de sinusoïdales. [6]

En pathologie, c'est le cas des perturbations qui affectent le signal de la voix pathologique.

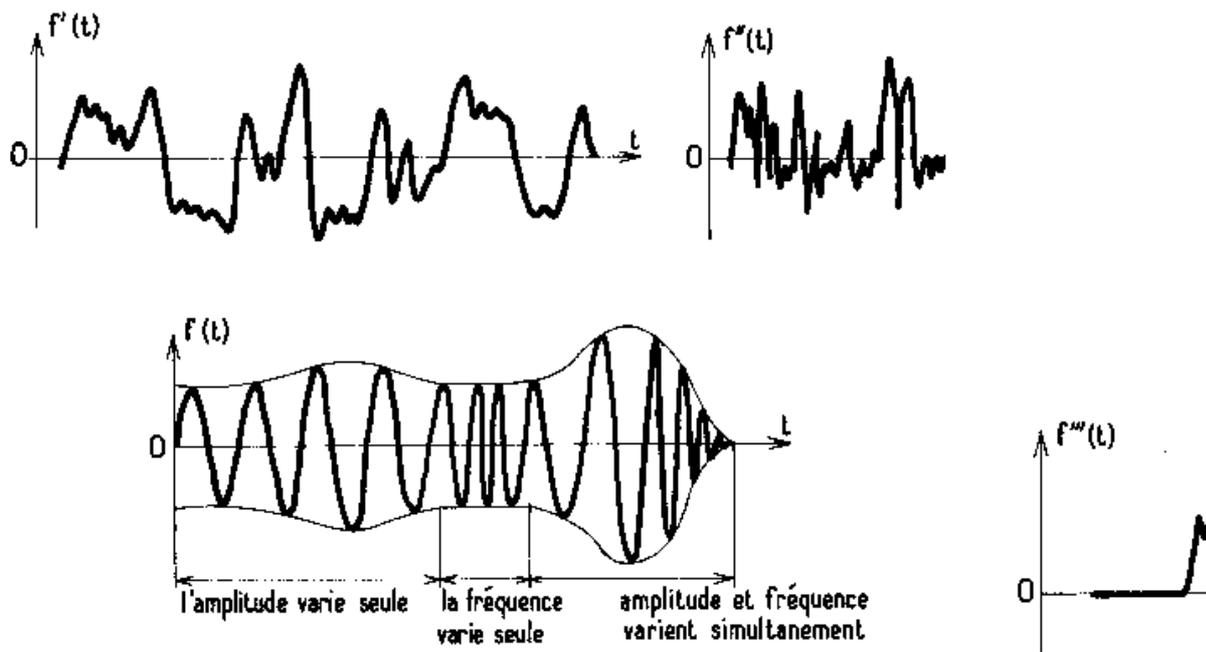


Figure 10: des signaux aléatoires [6]

3.3. La notion d'onde périodique complexe :

L'onde périodique complexe possède certaines propriétés que le langage humain exploite et mérite, de ce fait, qu'on s'y attarde. L'onde périodique complexe est constituée d'une première onde que l'on appelle le " FONDAMENTAL " (f_0). C'est la fréquence de cette onde qui nous permet d'évaluer, de façon globale, la hauteur du son, à la manière d'une note de musique que l'on situerait par rapport à la gamme.

Les ondes qui accompagnent le fondamental sont appelées les PARTIELS. Dans le cas d'un signal périodique, l'exemple du son laryngé, la fréquence des partiels est un multiple entier du fondamental f_0 , on les nomme ainsi : HARMONIQUES.

Les harmoniques ($2f_0, 3f_0, 4f_0, \dots$) possèdent ainsi des fréquences propres qui sont plus élevées que celle du fondamental. Leur intensité est, par contre, moins importante que l'intensité du fondamental. [6]

Il est à préciser que la notion des harmoniques diffère de celle des formants. En effet, les harmoniques sont des ondes qui accompagnent le son issu de la source sonore (le larynx dans le cas de la voix normale) et de ce fait sont caractéristiques de la source sonore. Alors que les formants sont caractéristiques des cavités de résonances, il s'agit d'une modulation de l'onde issue du vibreur (avec son fondamental et ses harmoniques) de façon à exagérer certaines fréquences et diminuer d'autres.

II. La parole sur le plan phonétique :

Le niveau phonétique de la parole correspond à la façon dont celle-ci est produite par le système articulatoire et perçue par le système auditif. Elle s'organise à différents niveaux selon qu'elle s'intéresse aux points d'articulation de la parole, à la transcription acoustique de la parole, à l'analyse perceptive de celle-ci. Ainsi on distingue :

- La phonétique articulatoire.
- La phonétique acoustique.
- La phonétique perceptive.
- La phonétique fonctionnelle.

1. La phonétique articulatoire: [5, 7,8]

La majorité des sons du langage sont le fait du passage d'une colonne d'air venant des poumons, qui traverse un ou plusieurs résonateurs de l'appareil phonatoire. La présence ou l'absence d'obstacles sur le parcours de la colonne d'air modifie la nature du son produit. C'est, entre autres, en classant ces obstacles éventuels que la phonétique articulatoire dégage les différentes classes de sons

décrites ci-dessous. Pour un petit nombre de réalisations, l'air ne provient pas des poumons, mais de l'extérieur, par inspiration. Une articulation peut aussi être engendrée par une variation de pression entre l'air interne et l'air externe à la cavité buccale, voire même par une variation de pression purement interne (c'est le cas des clics par exemple).

L'ensemble des configurations articulatoires possibles pour la production du langage parlé n'est pas extensible. Elles sont dépendantes du matériel anatomique dont dispose l'être humain. Et comme tous les humains disposent du même appareil anatomique, les sons utilisés dans chacune des langues du monde relèvent de configurations articulatoires communes. Il est donc possible de procéder à des regroupements de classes de sons dans lesquels chaque langue puise son propre inventaire. Ces classes de sons se font selon des critères articulatoires ou acoustiques.

1.1. Consonnes et voyelles : figures (11, 12a, 12b, 13a et b) et table 1.

La distinction entre voyelles et consonnes dépend de l'existence et du type d'obstacle que l'air traverse avant de sortir.

Si le passage de l'air se fait librement à partir de la glotte, on a affaire à une voyelle, ainsi le seul effet que l'air peut subir dans ce cas est le phénomène de résonance. Le timbre d'une voyelle dépendra de la variation des éléments suivants :

- le nombre des résonateurs (buccal, labial et nasal) ;
- la forme et le volume du résonateur buccal.

Si les lèvres sont projetées vers l'avant et arrondies, il se forme un troisième résonateur à la sortie du canal buccal c'est le résonateur labial responsable du formant F_3 de l'onde acoustique ; si, au contraire, les lèvres sont appliquées contre les dents, le résonateur labial ne se forme pas.

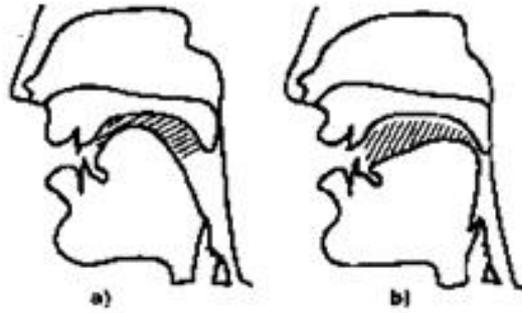
Enfin, il est classique de distinguer :

- des voyelles antérieures (la masse du dos de la langue se trouve dans la région pré-palatale),
- des voyelles postérieures (la masse de la langue se trouve dans la région post-palatale ou vélaire),
- des voyelles centrales (la masse de la langue se trouve dans la région médio-palatale).

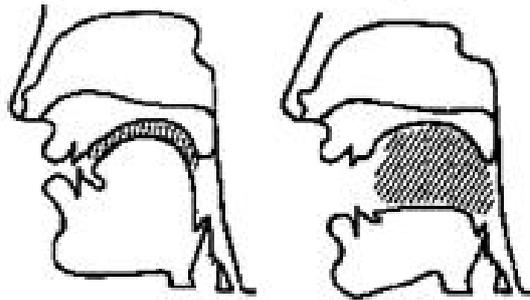
Si le passage de l'air à partir de la glotte est obstrué, complètement ou partiellement, en un ou plusieurs endroits, on a affaire à une consonne. On distingue ainsi :

- des consonnes occlusives où l'obstruction du chenal respiratoire est complète.
- des consonnes fricatives et spirantes où l'obstruction est partielle. La différence entre ces deux productions tient à la tension des articulateurs.
- Des vibrantes qui sont le produit d'un ou de plusieurs *battements*, c'est-à-dire de vibrations d'un des organes de la parole: pointe de la langue, voile du palais ou luvette sous la pression de l'air interne.

Avant d'aller plus loin, on signalera que le passage des consonnes aux voyelles ne se fait pas de manière abrupte, mais sur un continuum. On distinguera ainsi des articulations intermédiaires, comme les semi-voyelles et les liquides.



Voyelle antérieure vs voyelle postérieure



Voyelle fermée vs voyelle ouverte

Figure 11 : description des voyelles. [5]

1.2. Les articulations intermédiaires :

1.2.1. Les semi-voyelles : [j, w, ʃ]

Les semi-voyelles combinent certaines caractéristiques des voyelles et des consonnes. Comme les voyelles, leur position centrale est assez ouverte, mais le relâchement soudain de cette position produit une friction qui est typique des consonnes.

1.2.2. Les liquides : [l, R]

Les liquides sont assez difficiles à classer. L'articulation de [l] ressemble à celle d'une voyelle, mais la position de la langue conduit à une fermeture partielle du conduit du conduit vocal. Le son [R], quant à lui, admet plusieurs réalisations fort différentes.

1.3. Point d'articulation et mode d'articulation :

La distinction entre mode d'articulation et point d'articulation est particulièrement importante pour le classement des consonnes.

Le MODE D'ARTICULATION est défini par un certain nombre de facteurs qui modifient la nature du courant d'air expiré :

- libre passage, ou mise en vibration, de l'air au niveau de la glotte (sourde ou sonore) ;
- libre passage, ou non, en un point quelconque (le point d'articulation) des cavités supra-glottiques (voyelle ou consonne) ;
- passage par une voie unique ou deux voies différentes (orale ou nasale) ;
- passage, dans le conduit buccal, par une voie médiane ou latérale (la plupart des articulations opposées aux latérales).

Le POINT D'ARTICULATION est l'endroit où se trouve, dans la cavité buccale, un obstacle au passage de l'air. De manière générale, on peut dire que le point d'articulation est l'endroit où vient se placer la langue pour obstruer le passage du canal d'air.

Le point d'articulation peut se situer aux endroits suivants :

- les lèvres (articulations labiales ou bilabiales) ;
- les dents (articulations dentales) ;
- les lèvres et les dents (articulations labio-dentales) ;
- les alvéoles (c'est-à-dire les gencives internes des incisives supérieures, articulations alvéolaires) ;
- le palais (vu sa grande surface, on peut distinguer des articulations pré-palatales, médio-palatales et post-palatales) ;
- le voile du palais (articulations vélaires) ;
- la luette (articulations dites uvulaires) ;

- le pharynx (articulations pharyngales) ;
- la glotte (articulations glottales).

Table 1: l'alphabet phonétique international (consonnes arabes et français) [8]

THE INTERNATIONAL PHONETIC ALPHABET (revised to 2005)

CONSONANTS

© 2005 IPA

	Bilabial	Labiodental	Dental	Alveolar	Postalveolar	Retroflex	Palatal	Velar	Uvular	Pharyngeal	Glottal
Plosive	p b			t d		ض ط	c گ	k g	q G		? ء
Nasal	m	ɱ		n		ن		ŋ	N		
Trill	B			r					R		
Tap or Flap				ɾ							
Fricative	و ف	f v	ث	s z	ʃ ʒ			ش خ	غ	ح ي	h ه
Lateral fricative											
Approximant							ج				
Lateral approximant				ل				L			

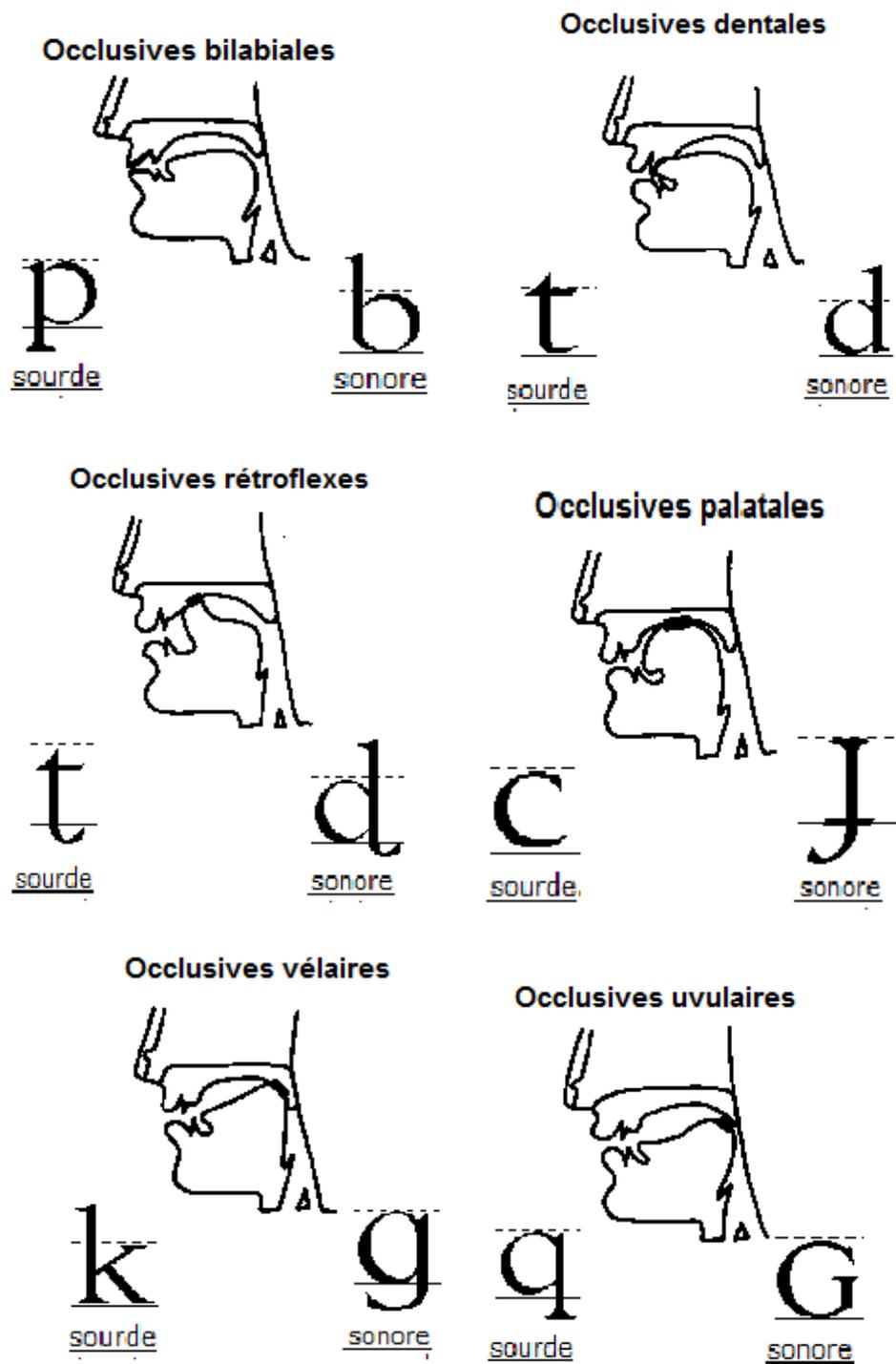


Figure 12a : les consonnes occlusives orales. [5]

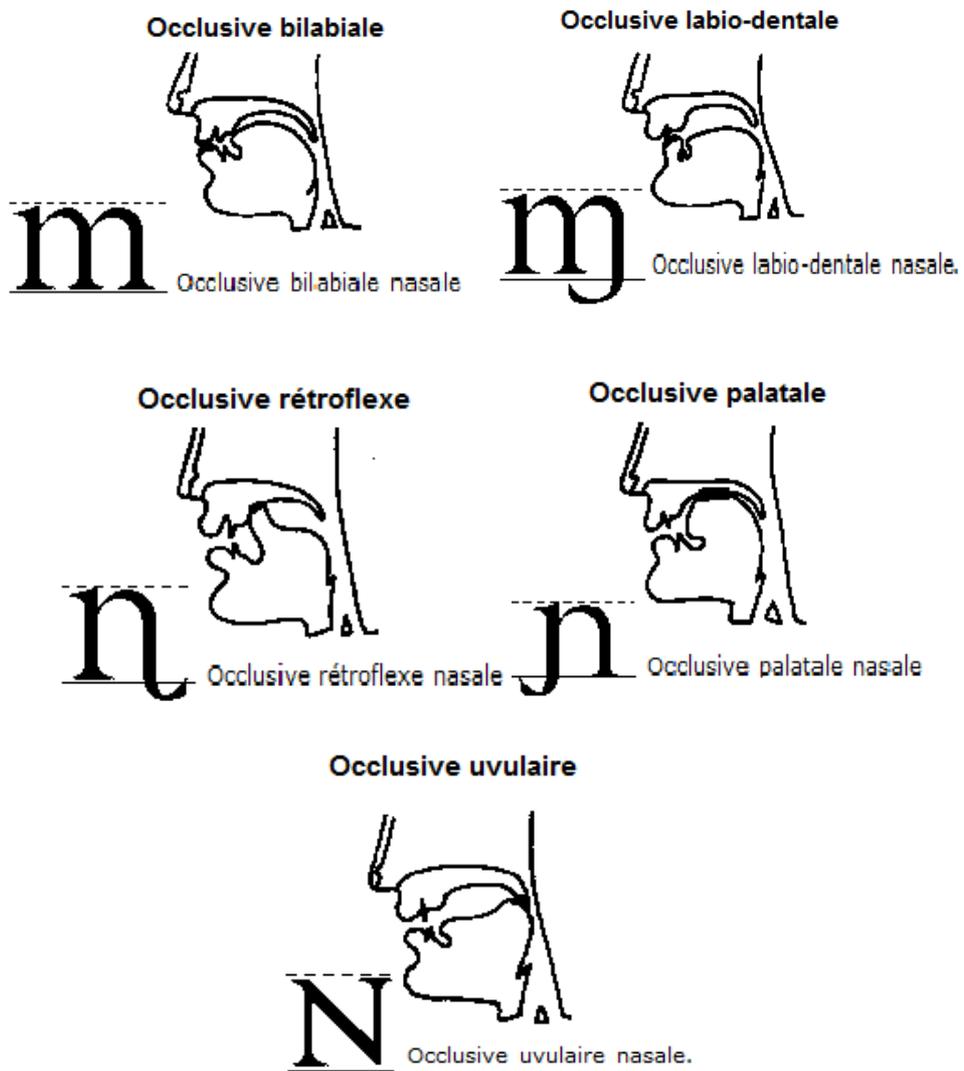


Figure 12b : les consonnes occlusives nasales. [5]

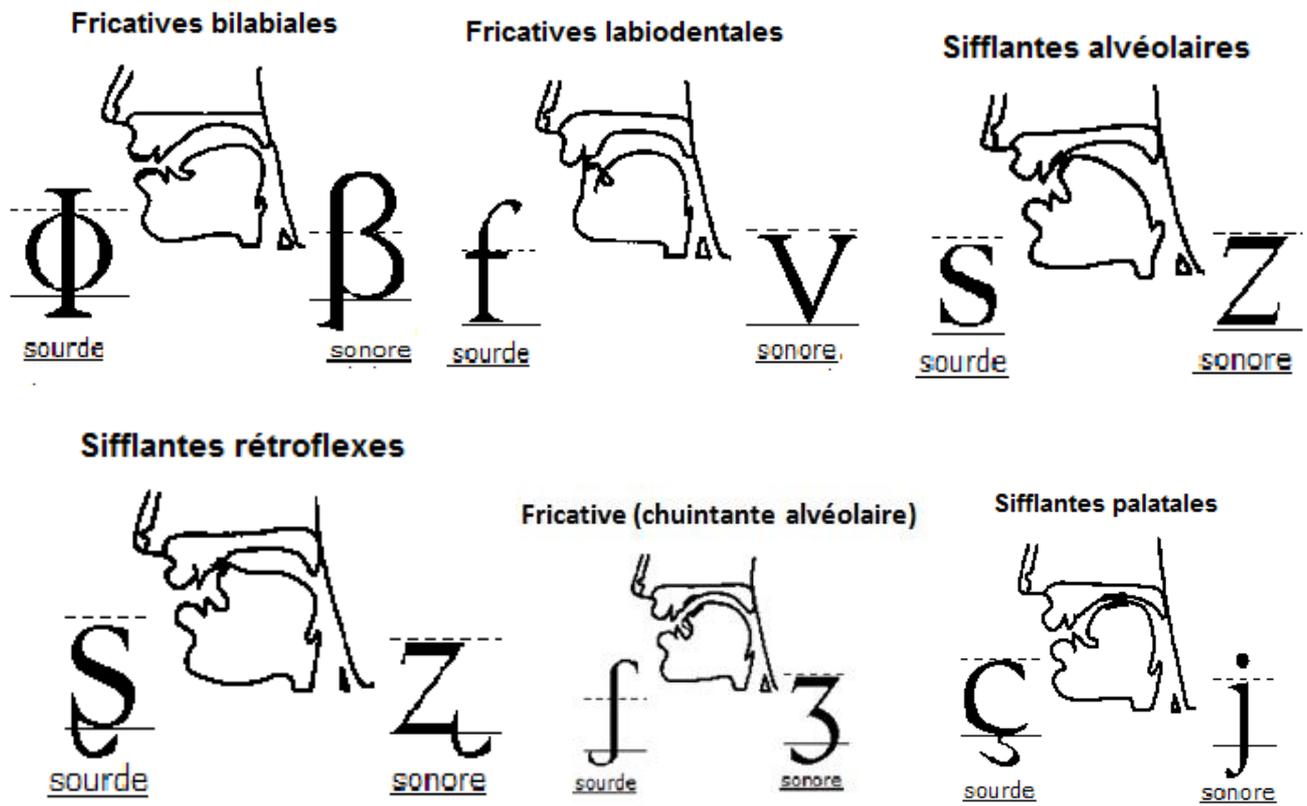


Figure 13_a: Les consonnes fricatives & spirantes. [5]

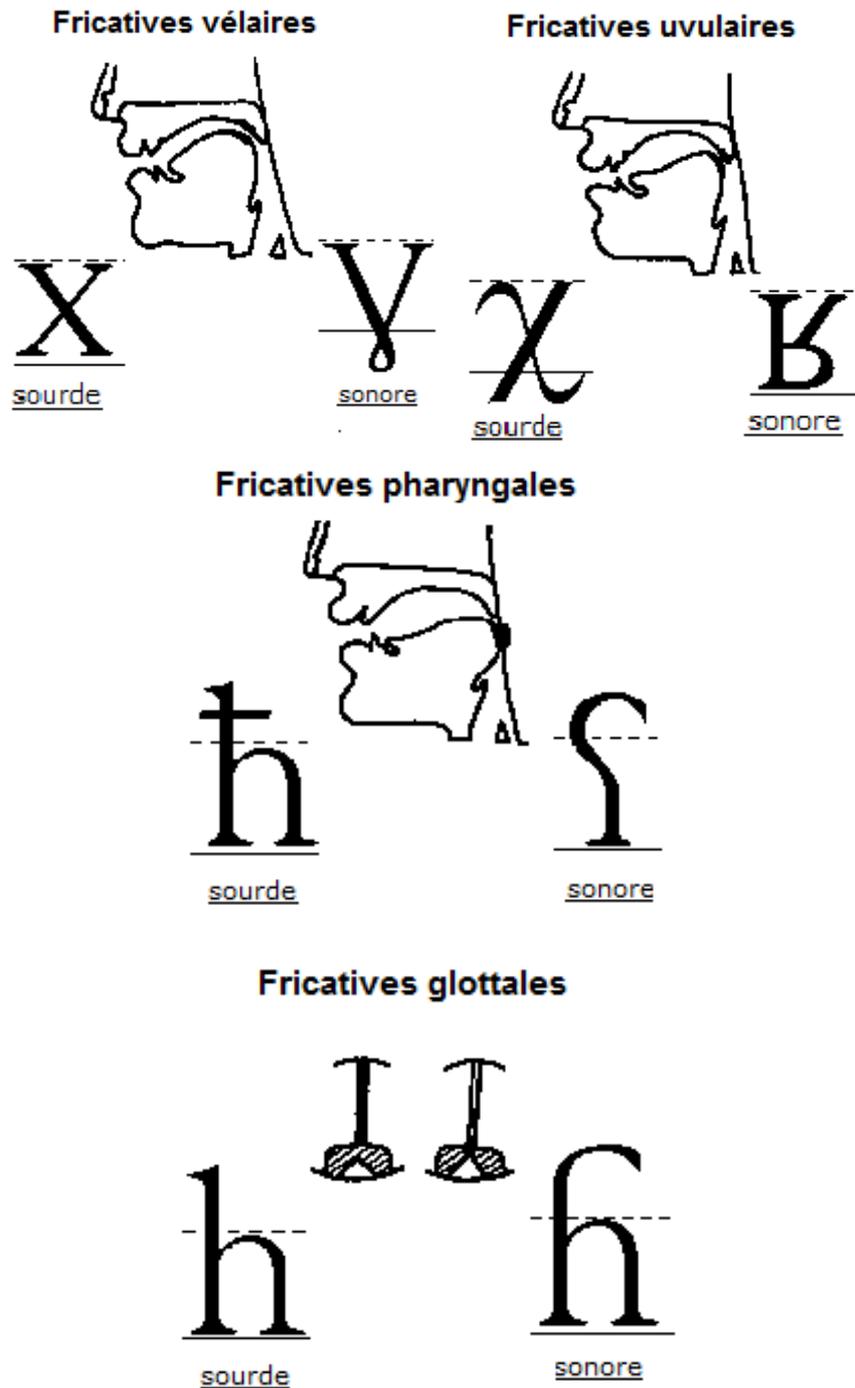


Figure 13 b : Les consonnes fricatives & spirantes. [5]

2. La phonétique acoustique : [7, 8, 9, 10]

La phonétique acoustique est une partie de la linguistique qui a pour but de classer les sons en fonction de leur perception par le locuteur. On distingue deux sous-branches qui diffèrent selon la méthodologie adoptée : la phonétique auditive et la phonétique acoustique scientifique basée sur l'analyse du signal acoustique faisant appel à des traitements numériques.

2.1. Le fonctionnement acoustique de l'appareil phonatoire :

2.1.1. Notion d'excitateur et de résonateur :

Un système acoustique comporte généralement deux parties : un excitateur et un résonateur, qui est le volume dans lequel se propage l'excitation.

L'excitateur de l'appareil vocal humain correspond au complexe glotte-cordes vocales qui délivre un signal source dont les composantes vont être affaiblies ou renforcées dans les résonateurs qui correspondent au pavillon bucco-pharyngo-nasal.

L'excitateur est caractérisé par sa fréquence de résonance qui lui permet de réagir sur l'excitateur et d'en modifier le signal source.

2.1.2. La notion des « formants » : (figures 14 a & b, 15) :

Lorsqu'un excitateur entre en vibration, il fournit un signal, dont le résonateur va amplifier certaines composantes. On obtient alors des FORMANTS qui sont un facteur fondamental dans la caractérisation du timbre. Le nombre des formants varie selon les caractéristiques du résonateur (volume, forme et ouverture) et peut aller d'un seul à (théoriquement) une infinité. Néanmoins, du point de vue perceptif, seuls quelques-uns d'entre eux jouent un rôle central au niveau de la parole.

En fait, un formant ne peut jamais être ramené à une fréquence fixe. Il s'agit plutôt d'une bande de fréquences qui sera d'autant plus large que le système est amorti. Ces REGIONS FORMANTIQUES apparaissent très clairement sur les spectrogrammes.

Les formants ne dépendent pas des harmoniques, mais du résonateur (le conduit vocal) : même lorsque les harmoniques changent (avec un son plus aigu par exemple), les formants restent au même endroit.

Le résonateur agit donc comme un filtre, réduisant certains harmoniques, et renforçant d'autres.

Le timbre se définit donc comme l'audibilité des harmoniques, c'est-à-dire que le timbre est la résultante audible du modelage par les cavités de résonance du son complexe produit par les cordes vocales.

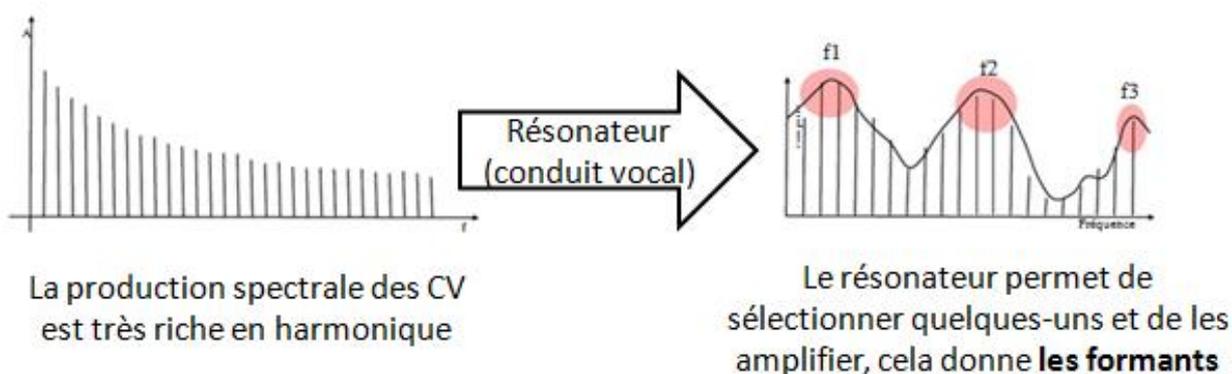


Figure 14a : Constitution des formants [10]

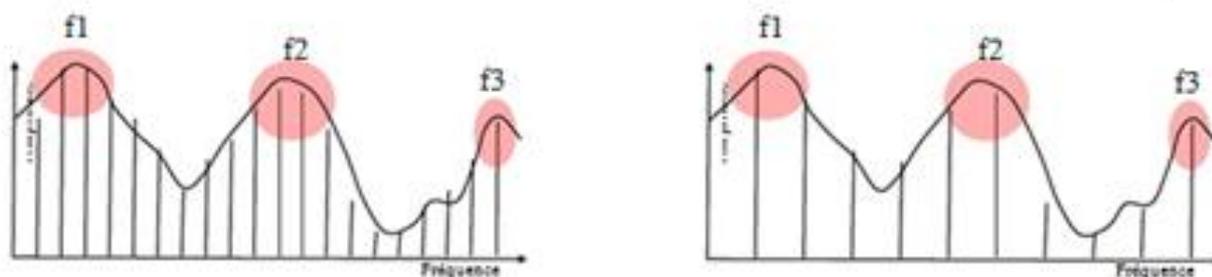


Figure 14b: les formants dépendent du résonateur [10]

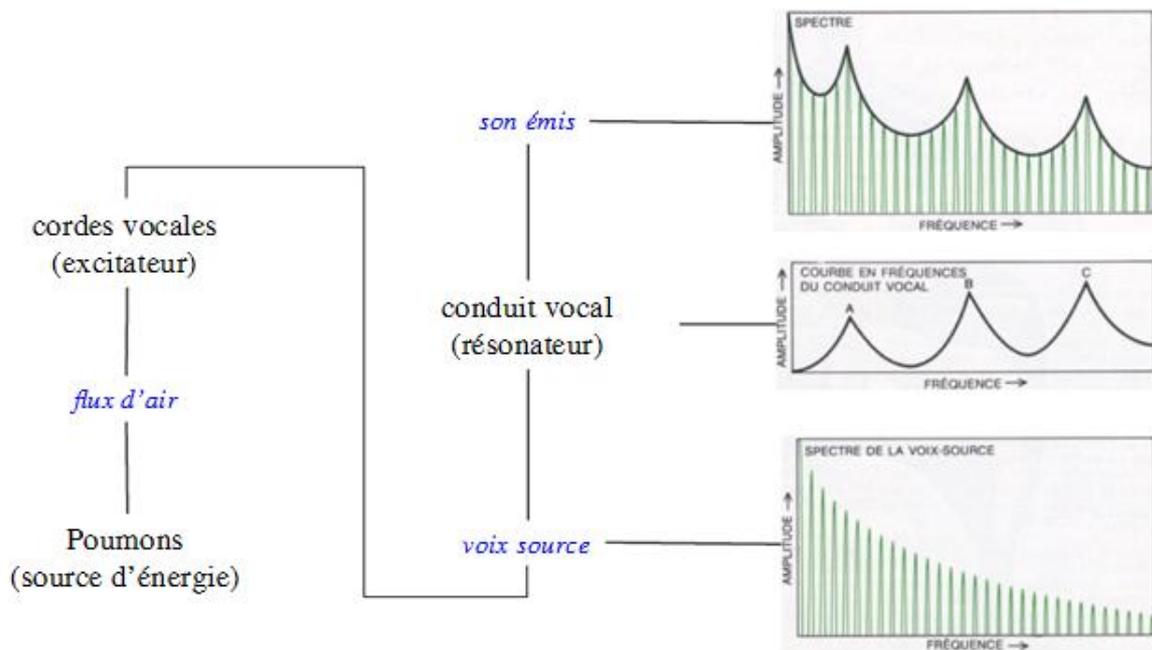


Figure 15: production du timbre [7,8]

2.2. Les outils d'analyse acoustique [9, 10, 11, 12, 13]

L'objectif de l'analyse acoustique est d'extraire un maximum d'informations utiles sur un signal perturbé par un bruit en s'appuyant sur les ressources de l'électronique et de l'informatique.

On pense le plus souvent que le bruit est un signal aléatoire qui se superpose au signal utile, en réalité les notions de signal et bruit sont très relatives.

La phonétique acoustique étudie ce signal en le transformant dans un premier temps en signal électrique grâce à un transducteur approprié (microphone). De nos jours, le signal électrique est le plus souvent numérisé. Ce choix est souvent justifié par des avantages techniques tels que la grande stabilité des paramètres, une excellente reproductibilité des résultats et des fonctionnalités accrues.

Le signal numérique résultant peut alors être soumis à un ensemble de traitements statistiques qui visent à en mettre en évidence ses traits acoustiques (sa

fréquence fondamentale, son énergie, et son spectre). Chaque trait acoustique est lui-même intimement lié à une grandeur perceptuelle (pitch, intensité et timbre).

2.2.1. Numérisation : (figure 16)

Le signal vocal comme tous les signaux de la nature est analogique, il nécessite une opération préliminaire de conversion en un signal numérique. Cette « numérisation » est la succession de trois opérations:

- Un filtrage de grade.
- Un échantillonnage.
- Une quantification.
 - Le filtrage de grade :

Le filtrage est une forme de traitement qui permet :

ü d'éliminer ou d'affaiblir des fréquences parasites indésirables.

ü d'isoler dans un signal complexe, la ou les bandes de fréquences utiles.

- L'échantillonnage :

L'échantillonnage consiste à prélever à des instants précis, le plus souvent équidistants, les valeurs instantanées d'un signal. Il s'agit d'une périodisation du signal. Ainsi, le signal analogique $s(t)$, continu dans le temps, est alors représenté par un ensemble de valeurs discontinues à intervalle constant, ces valeurs peuvent être infinies.

Ainsi, pour le signal audio (parole et musique), on exige une bonne représentation du signal jusqu'à 20kHz et l'on utilise des fréquences d'échantillonnage 44.1 ou 48kHz. Ainsi pour notre travail nous avons enregistré les fichiers son format « wav. » avec une fréquence d'échantillonnage de 44.1kHz.

- La quantification :

Parmi le continuum des valeurs possibles pour les échantillons $S(nT_e)$, la quantification ne retient qu'un nombre fini de valeurs. Plus le nombre de valeurs numériques retenues par la quantification est élevé, plus le signal quantifié sera plus fidèle à l'original.

2.2.2. La description du signal acoustique :

Tous les signaux acoustiques doivent être considérés à la fois dans le domaine temporel, et dans le domaine fréquentiel. Les deux domaines sont indissociables et complémentaires.

- La représentation temporelle :

L'observation des signaux acoustiques permet de mettre en valeur certaines caractéristiques temporelles du signal sonore, du moins pour les signaux sonores stables :

- ü la quasi-périodicité,
- ü la présence d'une forme d'onde.

Dans une certaine mesure, il est possible d'associer ces caractéristiques physiques à des phénomènes perceptifs :

- ü le carré de l'amplitude (P) du signal est proportionnel (jusque dans certaines limites) à la sensation d'intensité sonore (I) : $(I = P^2)$.
- ü la période du signal est caractéristique de la perception de hauteur du son.
- ü la forme d'onde est caractéristique dans une certaine mesure du timbre du son. Dans le cadre du signal de parole, la forme d'onde est le seul critère qui différencie des phonèmes (par exemple [a] ou [e]) prononcés à la même hauteur.

- La représentation fréquentielle :

Fourier a démontré qu'un signal périodique de fréquence F pouvait être décomposé en une somme de sinusoides dont les fréquences respectives sont des multiples de la fréquence fondamentale F , c'est la transformée de Fourier. Elle est applicable pour les signaux analogiques et numériques. [10,11]

Cependant la représentation fréquentielle n'est pas qu'un simple outil mathématique dénué de tout fondement perceptif.

En effet, tout comme la lumière, le son cache également en son sein un spectre de sons purs et notre oreille est spécialement équipée pour le révéler. Ainsi, symboliquement, un son peut être représenté par une courbe indiquant le degré d'excitation de chacune des cellules le long de la membrane basilaire, c'est-à-dire sur l'axe des fréquences : c'est une représentation fréquentielle ou spectrale du son.

- Spectrogramme :

Le spectrogramme est la représentation temps-fréquence la plus courante. C'est une représentation non paramétrique de la distribution énergétique du signal dans le domaine spectro-temporel.

Le sonographe est le plus ancien outil utilisé par les phonéticiens pour caractériser la parole. Appareil analogique, il a été supplanté par les calculateurs mettant en œuvre des algorithmes de Transformée de Fourier Rapide (TFR) ou de Transformée de Fourier Discrète (TFD) récursive. Il est ainsi possible, en utilisant des processeurs de signaux, d'obtenir des spectres en temps réel.

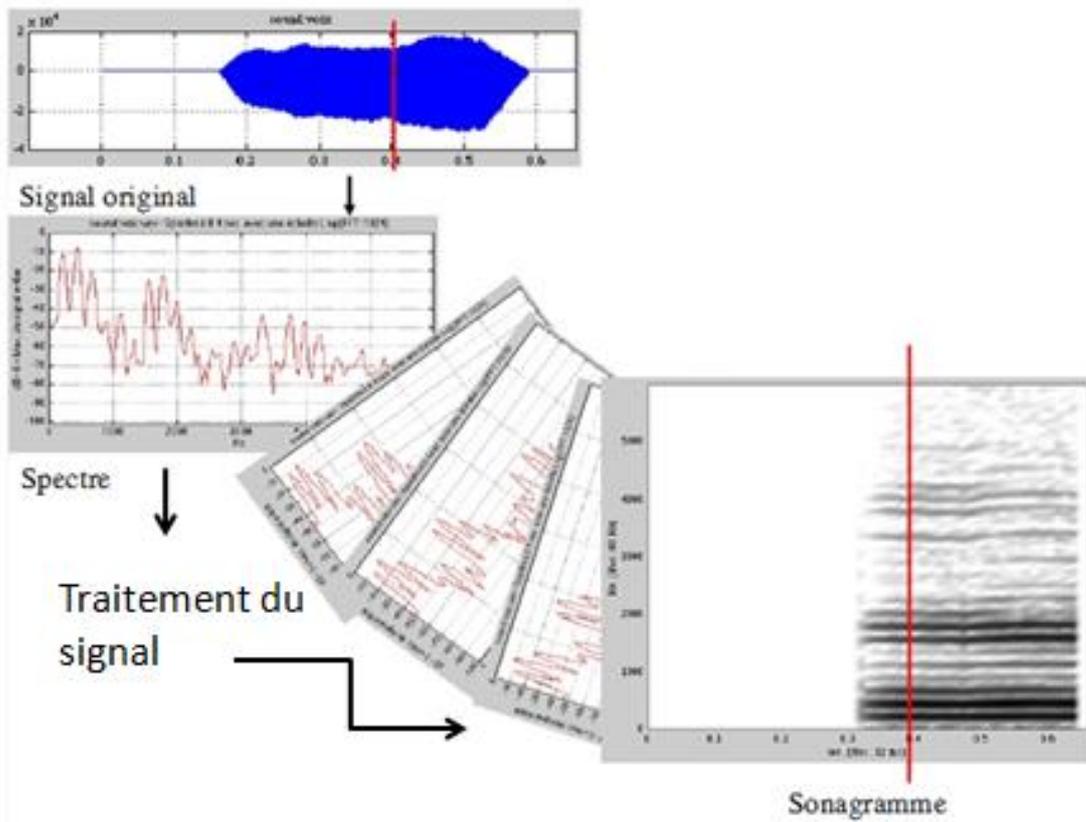


Figure 16: traitement numérique du signal vocal. [10]

2.3. Les caractéristiques acoustiques des différentes productions:

Si les voyelles représentent un ensemble de productions plutôt homogène, il n'en va pas de même pour la catégorie des consonnes constituées de classes de sons assez différents aussi bien d'un point de vue articulaire qu'acoustique. On parle alors souvent de macroclasses de sons. [14, 15]

- Les voyelles : (Figure 17 & Table 2)

Toutes les voyelles sont voisées, périodiques, caractérisées par la présence de zones d'harmoniques renforcées appelées « formants ». La modulation de la forme du tractus et donc de la taille des cavités, va occasionner des valeurs spécifiques de formants correspondant à la forme que prend le tractus vocal pour chaque voyelle.

Pour les voyelles, trois cavités sont pertinentes: les cavités pharyngale, buccale et nasale. Quatre dimensions permettent de modifier la forme ou l'accès à ces cavités :

ü le degré d'ouverture de la mandibule qui détermine le 1^e formant : F1

ü la position de la langue détermine le 2^e formant : F2

ü la position des lèvres détermine le 3^e formant : F3

ü la position du voile (autorisant ou non le passage de l'air dans les fosses nasales) détermine le 4^e formant : F4

Les variations au sein de ces quatre dimensions entraînent des variations de timbre. Dans d'autres langues, la durée ou encore la valeur tonale (variations de F0) vont constituer des dimensions supplémentaires permettant la distinctivité au sein du système.

- Les consonnes : (Figures 18 a, b & c)

Les consonnes peuvent être périodiques ou apériodiques, elles sont produites par un resserrement du conduit vocal. Les consonnes constituent un ensemble de

sons très hétérogène aussi bien du point de vue articulaire qu'acoustique. Le type de resserrement réalisé va permettre de distinguer les macroclasses de consonnes.

En acoustique, trois grandes classes sont donc distinguées :

ù pour les occlusives (ou plosives), le conduit phonatoire est fermée durant une partie de l'émission de la consonne ;

ù pour les fricatives (ou constrictives), le resserrement est important et donne lieu à un bruit turbulent ;

ù le groupe des consonnes vocaliques regroupe le reste (liquides & semi-voyelles), ces productions sont caractérisées par un rétrécissement ponctuel et/ou peu important du conduit vocal. Ce faible rétrécissement permet la présence d'une structure formantique visible pour ces consonnes.

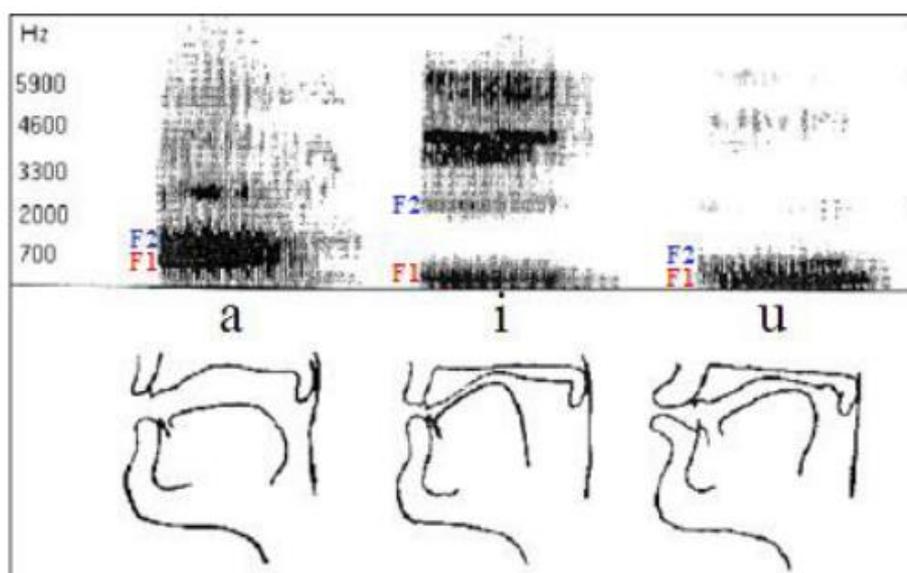


Figure 17 : Valeurs formantiques des voyelles « a, i, u » (en haut) et coupe sagittale de la forme correspondante du tractus vocal (en bas). [8]

Table 2 : Valeurs formantiques moyennes des voyelles orales du français

(d'après Tubach, 1989). [8]

		F1	F2	F3
voy. fermées	i	308	2064	2976
	y	300	1750	2120
	u	315	764	2027
voy. mi-fermées	e	365	1961	2644
	ø	381	1417	2235
	o	383	793	2283
voy. mi-ouvertes	ɛ	530	1718	2558
	œ	517	1391	2379
	ɔ	531	998	2399
voy. ouverte	a	684	1256	2503

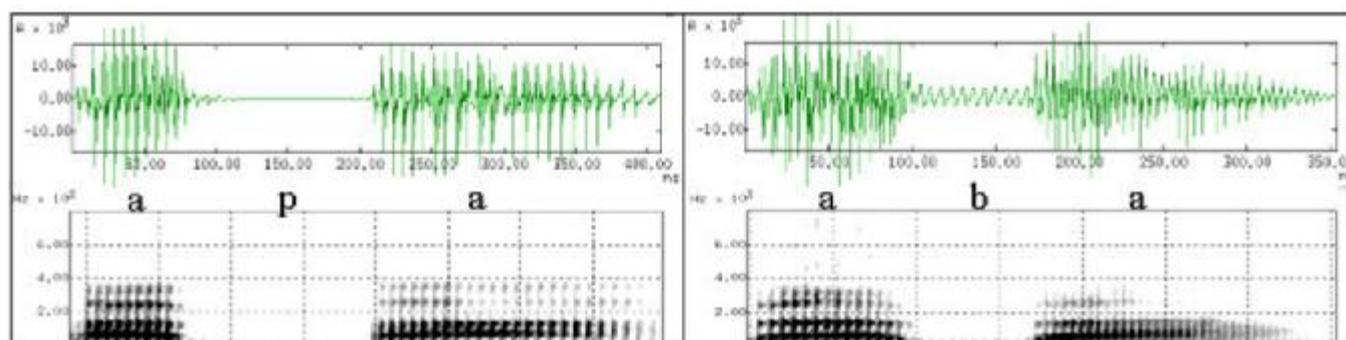


Figure 18 (a): Consonnes occlusives :[8]

Signaux temporel (en haut) et spectrographique (en bas) des séquences /apa/ (à gauche) et /aba/ (à droite). On observe la barre de voisement permettant de distinguer le /b/ du /p/. [14]

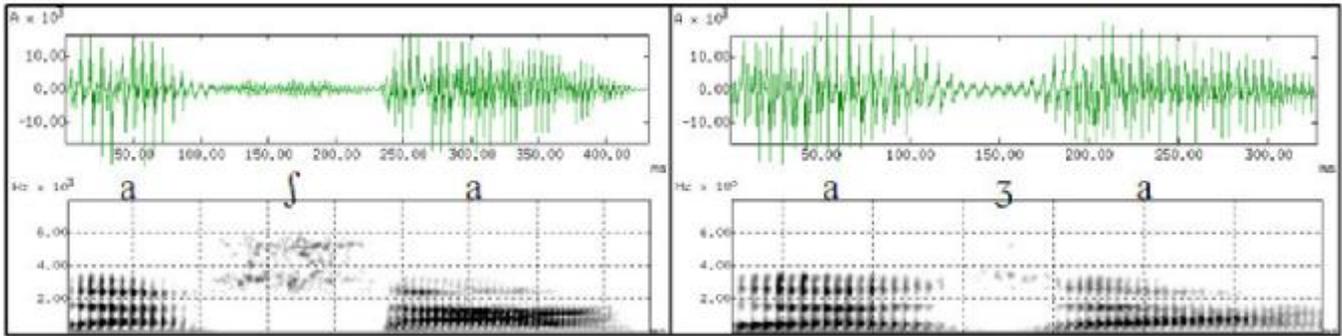


Figure 18 (b) : Consonnes fricatives : [8]

Signaux temporel (en haut) et spectrographique (en bas) des séquences /aʃa/ (à gauche) et /aʒa/ (à droite). On constate le voisement bruité de la fricative /ʒ/. A noter également la durée plus courte et l'intensité plus faible de la fricative sonore.

[14]

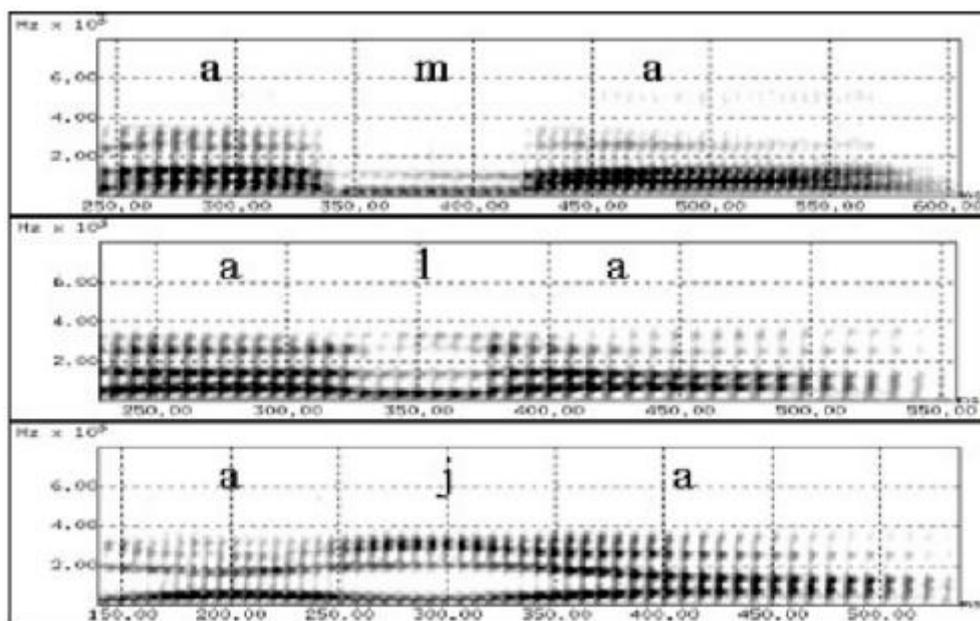


Figure 18(c) : Consonnes vocaliques : [8]

signaux spectrographiques des séquences /ama/, /ala/, /aja/. On note la faible intensité des formants des consonnes vocaliques comparés à ceux des voyelles. [14]

L'ensemble des descriptions que nous avons proposé ci-dessus représentent des prototypes des sons du français. En outre, il s'agit de descriptions obtenues à partir de productions très contrôlées (appelées « parole de laboratoire ») auprès de groupes de populations homogènes.

Pourquoi est-il nécessaire de contrôler les productions de parole pour obtenir des prototypes acoustiques stables ?

Dans la parole conversationnelle classique, les sources de variation de la parole sont nombreuses et leur impact sur les réalisations phonétiques peut être de nature à changer considérablement les valeurs prototypiques des sons décrits. En quelque sorte, l'objectif de la description des sons étant la distinctivité, il est nécessaire pour augmenter cette distinctivité de réduire les sources de variation.

Quelques sources de variations normales de la parole sont :

- L'enchaînement articulatoire et la coarticulation : la vitesse de production des sons de la parole (12 sons par seconde, donc environ 700 sons par minute) a pour conséquence que les gestes articulatoires ne peuvent être produits indépendamment les uns des autres.
- Les caractéristiques du locuteur : l'anatomie du conduit vocal, qui change selon le sexe et l'âge, origine géographique, ses caractéristiques sociales.
- Le type de parole : on oppose depuis quelques années la parole de laboratoire à la parole « naturelle » ou « spontanée ». Dans une étude portant sur la réalisation et la perception des occlusives du français, Duez [12] montre qu'en parole spontanée seulement la moitié des consonnes sont identifiées correctement. Plusieurs travaux (Lindblom [13] ; Gendrot et Adda-Decker, [14]) ont ainsi pu montrer que plus le débit de parole augmente, moins les cibles articulatoires sont atteintes.

En conséquence, la parole très contrôlée (celle qui permet de fournir des mesures prototypiques) est caractérisée par une hyperarticulation, alors que la parole contextualisée est sous-articulée.

3. La phonétique perceptive :

Dans le cadre du traitement de la parole, une bonne connaissance des mécanismes de l'audition et des propriétés perceptuelles de l'oreille est aussi importante qu'une maîtrise des mécanismes de production. En effet, tout ce qui peut être mesuré acoustiquement ou observé par la phonétique articulatoire n'est pas nécessairement perçu. Ainsi, la connaissance de quelques données fondamentales de la psychoacoustique permet d'aider à orienter les méthodes de traitement du signal de la parole pour en extraire les informations les plus

pertinentes. Ceci est particulièrement nécessaire pour définir les fréquences d'échantillonnage, pas de quantification.... [10]

4. La phonétique fonctionnelle ou phonologie :

La phonologie est l'interface nécessaire entre la phonétique et les descriptions linguistiques de niveau plus élevé.

Dans les sections précédentes, nous avons décrit la parole comme si elle n'était porteuse d'aucune signification. Les sons de la parole ont d'ailleurs été présentés indépendamment les uns des autres. La phonologie introduit la notion d'unité abstraite du discours : le PHONÈME. Le phonème est la plus petite unité phonique fonctionnelle, c'est -à- dire distinctive. Il n'est pas défini sur un plan acoustique, articuloire, ou perceptuel, mais bien, sur le plan fonctionnel. Ainsi, les phonèmes n'ont pas d'existence indépendante : ils constituent un ensemble structuré dans lequel chaque élément est intentionnellement différent de tous les autres, la différence étant chaque fois porteuse de sens. [7,8]

Les phonèmes apparaissent en effet sous une multitude de formes articuloires, appelées ALLOPHONES (ou variantes). Celles-ci résultent d'un changement volontaire dans l'articulation (le cas des prononciations régionales) ou, le plus souvent, de l'influence des phones environnants sur la dynamique du conduit vocal (le cas de la réduction, la coarticulation ou l'assimilation).

Notons pour terminer qu'une description phonologique ne peut être complète si elle ne permet pas de rendre compte de la durée, de l'intensité et de la fréquence fondamentale des phonèmes, dans la mesure où ces grandeurs apportent au message parlé une information qui ne se retrouve pas dans les symboles de l'Alphabet Phonétique International. Ces trois composantes sont collectivement désignées sous le terme PROSODIE. La durée des silences et des phones détermine

le RYTHME de la phrase, tandis que l'évolution de la fréquence fondamentale constitue sa MELODIE. Cependant, la définition d'unités prosodiques abstraites soulève de nombreuses questions, qui restent aujourd'hui encore sans réponse définitive. En effet, il n'existe pas à ce jour d'alphabet prosodique international, ni de méthode de transcription prosodique universellement admise.

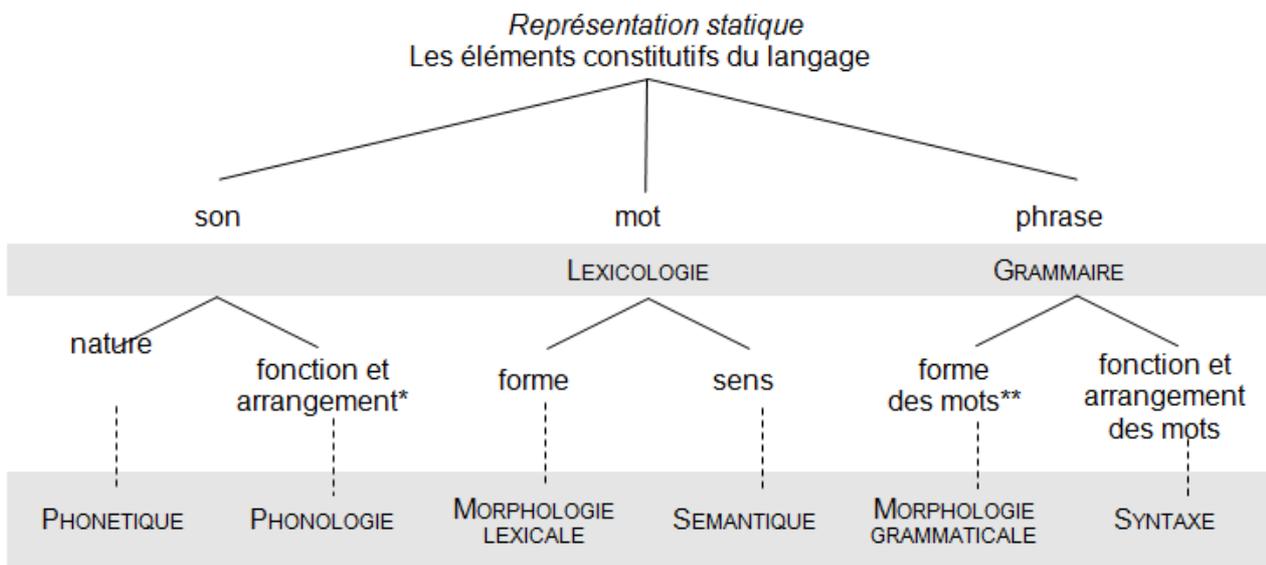
IV. La parole sur le plan linguistique :

La parole correspond à l'utilisation individuelle du code linguistique par un sujet parlant. Ce code est variable en fonction du niveau d'éducation de l'individu et l'on distingue : un langage littéraire (dit recherché), un langage correct, un langage familier et un autre populaire. Il faut savoir que la linguistique regroupe un certain nombre d'écoles qui ont toutes en commun d'avoir le langage comme objet d'étude mais qui n'abordent pas forcément les problèmes du même point de vue.

La linguistique structurale est un courant qui réunit un groupe d'écoles dans lesquelles la langue est étudiée comme un système doté d'une structure décomposable en niveau morphologique, syntaxique, sémantique et pragmatique.

(Figure 19)

LES DOMAINES DE LA LINGUISTIQUE



*Arrangement des sons dans la chaîne parlée

**Variation de la forme des mots dans la phrase

Figure 19 : L'organisation de la linguistique structurale [5]

LES PARTICULARITES
PHONETIQUES DE
L'ARABE

L'Arabe est une langue plurielle douée d'une pluralité des dialectes parlés dans le monde arabe, mais aussi pluralité des registres et variétés de langue en fonction des situations de communication. La particularité de la langue arabe ne tient pas uniquement à sa phonétique mais aussi à ces aspects linguistiques, ceux-ci ne seront pas abordés dans cet essai. Traditionnellement, on dit que l'arabe se caractérise par un consonantisme riche et un vocalisme pauvre. [16, 17]

1. Les consonnes :

1.1. Les consonnes emphatiques : « ص ض ط ظ »

Des consonnes remarquables, spécifiques aux langues sémitiques dont l'arabe, sont les consonnes emphatiques. La coarticulation de consonnes emphatiques dans un même mot entraîne des effets phonétiques importants. En effet, il s'agit d'un trait articulatoire spécifique, la "pharyngalisation" : le son produit est plus grave que pour le son non emphatique correspondant. On l'obtient en modifiant la forme du résonateur buccal dans sa partie postérieure par recul et exhaussement de la base de la langue augmentant ainsi le volume de la cavité buccale. Aussi, on assiste à un degré variable de vélarisation. Par ailleurs, le /l/ emphatique ne se rencontre que dans le nom Allah. De nombreux ouvrages notent, par exemple pour *ṭ*, [t̤], en ne gardant que le symbole pour la vélarisation, ce que font de nombreux ouvrages.

L'orthographe "phonologique" de l'arabe constitue en l'occurrence une aide. Souvent la présence d'une consonne emphatique dans un mot "contamine" l'environnement, consonantique et vocalique, et c'est toute la syllabe qui est emphatisée. [16]

سيف *sayf* "épée"

صيف *Sayf* "été"

1.2. Le redoublement de consonnes :

Toutes les consonnes peuvent être redoublées. Pour redoubler (gémérer) une consonne, on prolonge et on renforce l'articulation de cette consonne. La gémination joue un rôle très important en morphologie. Il est donc essentiel de bien l'entendre et de bien la réaliser.

درس	<i>daras</i>	"il a étudié"
درّس	<i>darras</i>	"il a enseigné" .

2. Les voyelles :

2.1. En arabe standard :

Le système vocalique de l'arabe standard comporte :

- Trois voyelles brèves :

a u (correspondant au *ou* français) i

- et les trois voyelles longues correspondantes :

A U I

Leur réalisation phonétique est très variable et dépend à la fois :

ü de l'origine géographique des locuteurs ;

ü de l'environnement consonantique et de la place de la voyelle dans le mot ;

ü de la place de l'accent de mot (tendance à abrégé les longues non accentuées chez beaucoup d'arabophones).

Ø a et A

Elles peuvent ainsi être réalisés entre le *a* de *mare* et le *â* de *pâte*, à proximité d'une emphatique ou d'une gutturale par exemple.

Dans d'autres contextes consonantiques, elles sont réalisées plus fermées, proches du *è* français.

En syllabe fermée, au Maghreb, le *a* est parfois prononcé comme le *e* français de

Ø i et I

Dans certains contextes consonantiques (gutturales, emphatiques par exemples), elles sont réalisées proches du *é* français.

Ailleurs on entend le *i* de *livre*.

Ø u et U

Le u bref tend vers le o de *chose* à proximité d'une gutturale ou d'une emphatique par exemple.

Ailleurs on entend le *ou* de *nous*.

2.2. En arabe dialectal

On a généralement cinq ou six phonèmes au lieu de trois, avec brèves et longues correspondantes.

Par exemple le système suivant :

Ø Brèves	a	e	i	o	u
Ø Longues	A	E	I	O	U

D'une façon générale, les dialectes orientaux ont un vocalisme plus riche que les dialectes maghrébins, qui se caractérisent notamment par la grande occurrence de la voyelle neutre ultra-brève *£* (le e muet du français).

2.3. Les diphtongues :

Il n'existe que deux diphtongues en arabe standard : ay et aw. Dans la plupart des dialectes, elles sont généralement réalisées comme une voyelle longue.

Ø <u>Exemples</u> :	زيت
Ø <i>Arabe standard</i>	zayt
Ø <i>Dialectes maghrébins</i>	zIt
Ø <i>Dialectes orientaux</i>	zEt

LE TRAITEMENT DE LA
PAROLE POUR LES
APPLICATIONS CLINIQUES

Le signal vocal est caractérisé par une très grande redondance, condition nécessaire pour résister aux perturbations du milieu ambiant. Pour aborder la notion de redondance, il faut examiner la parole en tant que vecteur d'information.

On peut établir grossièrement une classification de l'information vocale en trois catégories : le sens du message délivré, tel qu'obtenu par l'analyse sémantique, les nuances qui y sont apportées par le locuteur, essentiellement grâce à la prosodie, et le locuteur lui-même, dont la marque apparaît tant dans le timbre de la voix que dans la prosodie utilisée.

Les premières études de la voix remontent au 18^e siècle, néanmoins ce domaine n'a connu un véritable essor qu'à partir du 20^{ème} siècle avec l'avènement de l'industrie de télécommunication. Des efforts ont été déployés pour développer des outils d'identification du locuteur, ou pour la suppression du bruit de fond, pour ne citer que ces deux. Cependant ce n'est que récemment que les recherches se sont focalisées sur les applications cliniques de l'analyse du signal vocal. En effet, la modélisation et l'analyse de la voix normale et pathologique reste actuellement un des domaines majeurs de recherche.

L'objectif est celui d'extraire les caractéristiques principales de la voix ainsi que leur écart par rapport aux valeurs normales. Il convient de mentionner un intérêt relativement nouveau dans les émissions vocales dites «non-parole » comme le cri de bébé, la toux, le ronflement, l'apnée obstructive et l'asthme. [18]

La voix œsophagienne quant à elle, n'a fait l'objet d'évaluation objective qu'à partir des années 2000, les méthodes d'analyse restent assez variables et très discutées ; au jour d'aujourd'hui il n'y a pas de méthode optimale incontestée.

I. Intérêt de la question : Figure 20

Les sons voisés produits par des locuteurs normophoniques sont de nature pseudopériodiques. Beaucoup de pathologies ont pour conséquence d'augmenter les irrégularités ou les dyspériodicités du signal de parole voisée. La dyspériodicité dans ce contexte fait référence à la déviation de la forme d'onde par rapport à un signal rigoureusement périodique. [19, 20, 21]

L'objectif visé par les méthodes d'analyse acoustique est la détection des pathologies laryngées à une étape de développement précoce et de suivre l'évolution de la voix du patient durant les périodes de rééducation et de thérapie aussi bien dans le cadre de la réhabilitation vocale des dysphonies dysfonctionnelles que dans le cadre de la rééducation orthophonique des laryngectomisés [22].

Dans l'évaluation clinique de la voix, les méthodes d'analyse acoustiques basées sur des mesures objectives sont utilisées en parallèle aux méthodes d'évaluation auditive ou visuelle pour la documentation et l'évaluation des anomalies vocales.

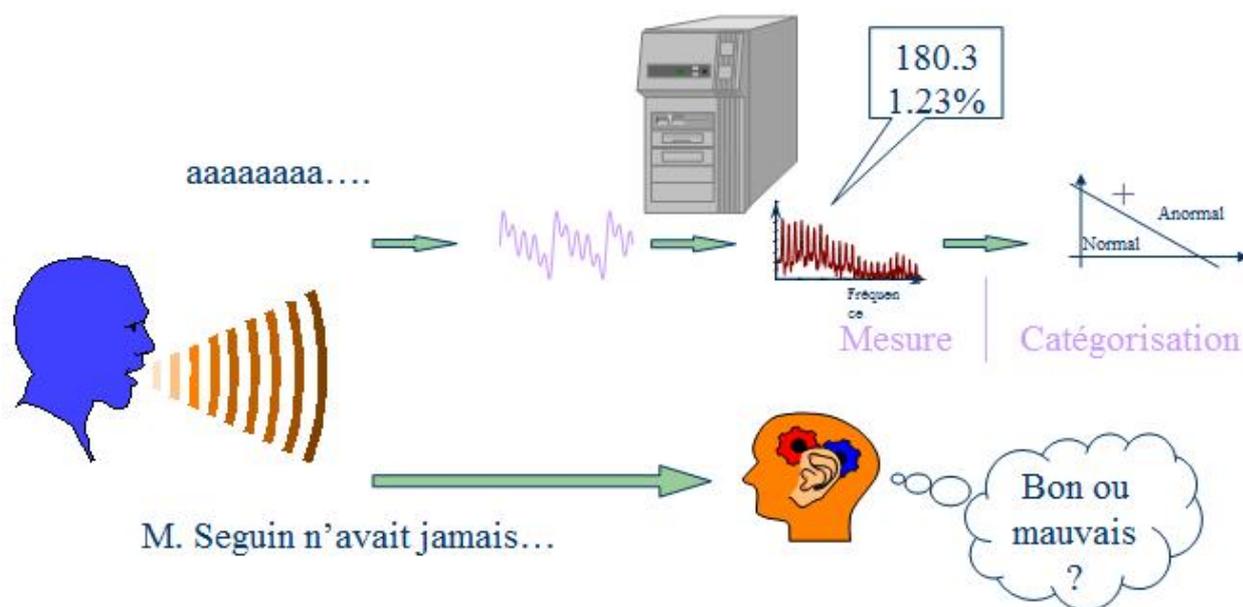


Figure 20 : traitement de la parole a pour principe d'associer une catégorie ou un grade à la production de parole. [22]

II. Le choix du type de parole : voyelles tenues ou parole continue ? [22, 23, 24, 25, 26]

Une problématique à laquelle nous devons faire face lors de l'élaboration de notre travail était le choix du type de parole à tester, lequel va nous permettre d'apprécier la qualité de la voix à travers nos calculs. Faut-il opter pour un texte ou bien pour des consonnes ou des voyelles isolées. Comment faut-il les prononcer ? Quelle est la production vocale la mieux adaptée à l'évaluation du fonctionnement de l'appareil vocal ?

En effet, les indices acoustiques des dyspériodicités vocales sont souvent obtenus à partir de fragments stationnaires de voyelles tenues. Aussi, les indices utilisés pour quantifier la variabilité de la fréquence fondamentale, considérée comme indicateur de la qualité du vibrateur (glotte ou néoglotte), opèrent sur des voyelles tenues. [22]

La raison en est que les voyelles sans attaques ni déclins sont faciles à analyser parce que les hypothèses de cyclicité et de stationnarité utilisées par les méthodes d'analyse sont valables pour beaucoup de locuteurs.

En effet, les voyelles tenues peuvent être supposées avec une bonne précision comme produites en maintenant invariant dans le temps les caractéristiques de la source vocale, du conduit vocal et des articulateurs. Ainsi, les paramètres des perturbations et du bruit sont facilement calculés. Cela explique le fait que la plupart des programmes utilisés en pratique clinique se basent sur l'analyse des voyelles tenues. La popularité des voyelles tenues est donc une conséquence de la faisabilité technique et non pas de la pertinence clinique. Signalons également que plusieurs facteurs liés aux caractéristiques individuelles de la parole tels que le taux de phonation et l'intonation qui peuvent affecter le jugement perceptif sont absents dans les voyelles tenues [25].

En dépit de ces avantages, l'utilisation des voyelles tenues présente de nombreux inconvénients. Plusieurs méthodes nécessitent que l'analyse soit effectuée sur un enregistrement de longue durée ce qui les rend sensibles aux fluctuations de la fréquence fondamentale et de l'intensité. Comme conséquence, l'hypothèse de stationnarité peut être non respectée, ainsi, la fiabilité de ces méthodes dépend de l'aptitude du locuteur à prononcer la voyelle à une fréquence fondamentale et à une intensité constante durant un intervalle de temps suffisant ce qui n'est pas une tâche facile pour des locuteurs dysphoniques ou laryngectomisés.

De ce fait, la plupart des cliniciens considèrent la parole continue plus informative que les voyelles tenues. Plusieurs arguments en faveur de l'analyse de la parole continue peuvent être avancés. Le fonctionnement du vibreur doit commuter continuellement pour donner lieu à l'apparition ou l'extinction du voisement, le voisement doit être maintenu alors que l'impédance supra-glottique change constamment, plus particulièrement durant les occlusives. Le vibreur fonctionne donc dans des conditions non stationnaires et très variables. Il va sans dire que la parole continue contienne les caractéristiques dynamiques de la source et du conduit vocal tels que l'attaque et le déclin et les variations dans la fréquence fondamentale et l'amplitude [26]. De même, il semble que les locuteurs compensent moins leurs problèmes de voix lors de la production de la parole continue que lorsqu'ils produisent des voyelles tenues.

Un autre argument en faveur de l'analyse de la parole continue est que dans la vie courante, l'évaluation de la qualité de la voix des locuteurs est souvent basée sur la perception de la parole continue et donc, il est attendu que les indices acoustiques extraits de la parole continue soient mieux corrélés à l'évaluation perceptive de la qualité de la voix. [26]

Ces arguments montrent le besoin d'extraire des mesures à partir de la parole continue. Cependant, le nombre d'études portant sur l'estimation des dyspériodicités dans la parole continue demeure relativement petit par rapport au nombre d'études traitant les voyelles tenues.

Vu que le litige n'est pas encore résolu nous avons opté pour un corpus de voyelles tenues, un corpus de consonnes (antérieures et postérieures), des mots et un corpus de parole connectée sous forme de phrases. En effet, le niveau d'éducation de nos patients ne permettait pas l'usage d'un texte long.

III. Etat de l'Art : Méthodes d'estimation des dyspériodicités vocales :

Le traitement du signal audio rapide travaille avec des descriptions compactes des sons plutôt qu'avec les sons eux-mêmes. Ces descriptions incorporent le plus souvent des quantités telles que l'énergie ou le spectre de puissance à court-terme. Aussi, décrire un son consiste à en extraire des informations choisies qui seront nécessaires pour réaliser un certain nombre de calculs. [22]

Il existe trois grands types de traitements pouvant être appliqués à un fichier "son" en vue de sa caractérisation :

- ü L'étude analytique du fichier « son » permettant d'extraire les paramètres statistiques du signal,
- ü La modélisation basée sur des modèles paramétriques du son.
- ü La méthode des descripteurs psychoacoustiques.

1. Les méthodes analytiques :

Elles se basent sur des mesures (ou estimations) statistiques en vue de la caractérisation du signal et ce à partir d'une représentation de l'évolution temporelle du signal vocal. L'évolution temporelle ne fournit cependant pas directement les traits acoustiques du signal. Il est nécessaire, pour les obtenir, de mener à bien un ensemble de calculs statistiques.

1.1. L'analyse des perturbations dans le domaine temporel : [26, 27, 28]

Cette analyse peut être réalisée sur des échantillons de longue durée (plusieurs dizaines de seconde), on parle dans ce cas de statistiques à long terme. Ou bien sur des échantillons de 10 à 30 millisecondes où le signal est considéré comme stationnaire, c'est le cas des statistiques à court terme qui est la méthode la plus utilisée. Les indices statistiques sont nombreux, les plus fréquemment utilisés en pratique clinique c'est le jitter et le shimmer.

1.1.1. Le jitter :

Le jitter reflète l'instabilité à court terme de la fréquence fondamentale (F_0). Elle se calcule par le JITTER ABSOLU MOYEN qui est la moyenne de la différence de F_0 entre deux cycles de vibration consécutifs.

1.1.2. Le shimmer :

L'intensité vocale est fonction de l'amplitude du signal. Elle peut être appréciée à l'oreille mais surtout mesurée par des décibelmètres ou par un sonomètre. L'instabilité à court terme de l'amplitude de la vibration se traduit par des variations d'amplitude entre chaque cycle d'oscillation. Elle se calcule par le SHIMMER MOYEN qui est la moyenne des rapports d'amplitudes entre deux cycles de vibration consécutifs. Ce rapport est généralement exprimé en dB.

1.2. L'analyse dans le domaine fréquentiel : [29, 30]

1.2.1. La fréquence fondamentale (F0) :

La F0 MOYENNE apporte une mesure globale de la hauteur de la voix (aiguë, grave ...), on parle de « fondamental usuel de la parole » (Tarneaud) ou fréquence fondamentale modale ou encore M.S.F. *Mean Speaking Frequency*. Elle est normalement variable en fonction du sexe et de l'âge.

1.2.2. Densité spectrale de puissance :

La densité spectrale de puissance est un outil fondamental pour l'étude des processus aléatoires, en traitement du signal, et en communications numériques.

La figure (21) illustre la transformée de Fourier d'une tranche voisée et celle d'une tranche non voisée. Les parties voisées du signal apparaissent sous forme de successions de pics spectraux marqués, dont les fréquences centrales sont multiples de la fréquence fondamentale. Par contre, le spectre d'un signal non voisé ne présente aucune structure particulière. La forme générale de ces spectres, appelée ENVELOPPE SPECTRALE, présente elle-même des pics et des creux qui correspondent aux résonances et aux anti-résonances du conduit vocal et sont appelés FORMANTS et ANTIFORMANTS. L'évolution temporelle de leur fréquence centrale et de leur largeur de bande détermine le timbre du son. Il apparaît en pratique que l'enveloppe spectrale des sons voisés est de type passe-bas, avec environ un formant par kHz de bande passante, et dont seuls les trois ou quatre premiers contribuent de façon importante au timbre. Par contre, les sons non voisés présentent souvent une accentuation vers les hautes fréquences.

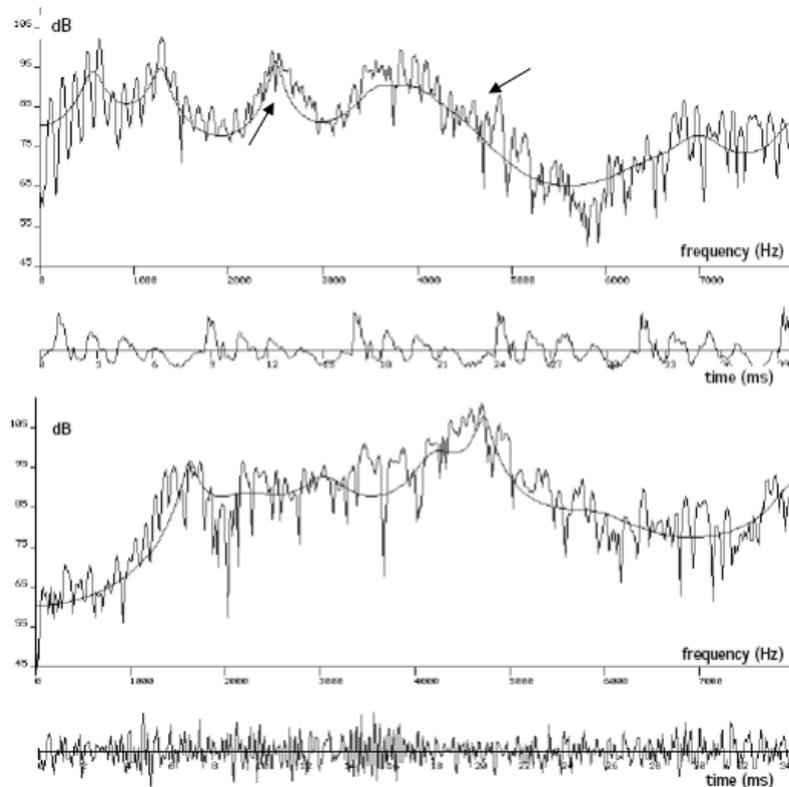


Figure 21 : évolution temporelle et transformée de Fourier discrète du [a] et du [ʃ = ch] de « baluchon » [27]

1.3. L'analyse en domaine temporel et fréquentiel, Le spectrogramme : (Figure 22)

Chaque son (ou phonème) peut être décrit dans le domaine spectral par une décomposition de Fourier. Avec la notion de fondamental, harmoniques, formants, mathématiquement plus attractive. Ainsi en représentation spectrale, l'enveloppe des harmoniques présentent des maximums appelés formants qui correspondent à des fréquences propres du conduit vocal. Les trois premiers formants sont essentiels pour caractériser le spectre vocal. Mais la parole est construite comme une succession de sons et les propriétés spectrales sont donc non stationnaires (spectre varie au cours du temps), alors que le concept même de la transformée de Fourier rapide (FFT) est lié à la stationnarité. On introduit alors la notion de SPECTROGRAMME ou SONOGRAMME, en admettant que les sons sont stationnaires sur des courtes périodes (20ms). L'amplitude du spectre y apparaît

sous la forme de niveaux de gris dans un diagramme en deux dimensions temps-fréquence. On parle de spectrogramme à *large bande* ou à *bande étroite* selon la durée de la fenêtre de pondération. [29,31-36]

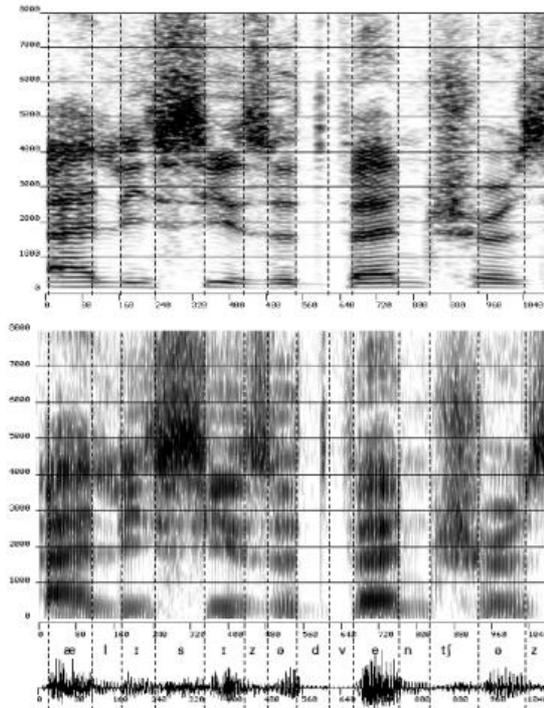


Figure 22: Spectrogramme à large bande (en bas), à bande étroite (en haut), et évolution temporelle de la phrase anglaise « Alice's adventures » [29]

2. Autres méthodes d'analyse :

2.1. Analyse du timbre : [31]

Le timbre est en relation avec la forme de l'onde acoustique telle qu'elle est produite par le vibreur et modifiée par les résonateurs. C'est lui qui confère à la voix en grande partie ses qualités esthétiques et la rend caractéristique d'un individu donné essentiellement dans la partie haute du spectre acoustique, au-delà de 2600Hz (timbre extra-vocalique). Chez le chanteur, la présence du « singing formant » entre 2800Hz et 3200Hz contribue à donner l'impression de continuité vocale et permet à la voix de « passer » au-dessus de l'orchestre.

L'étude du timbre peut se faire par évaluation psychoacoustique et l'analyse spectrale. L'évaluation psychoacoustique est essentiellement basée sur des échelles dont les plus utilisées sont :

Ø L'échelle G.R.B.A.S. (Hirano)

[G]: grade/ [R]: Roughness/ [B]: Breathness/ [A]:Asthenicity/ [S] :Strain.

Ø L'échelle bipolaire d'auto-estimation vocale de Dejonckere.

Cette analyse psychoacoustique pour être considérée comme fiable, elle doit être faite par un jury « naïf » ou « d'experts » sinon elle reste une estimation grossière de la qualité vocale.

Ainsi, les chercheurs ont développé certains modèles paramétriques qui essaient de reproduire cette analyse psychoacoustique objectivement.

2.2. Les modèles paramétriques du son: [23, 37,38]

Un modèle est une représentation abstraite, simplifiée, d'un objet observable, qui peut se ramener à des paramètres et des grandeurs. Le modèle incorpore non seulement des grandeurs descriptives mais aussi des lois de la mécanique. Ainsi il pourra prédire le comportement de l'objet observé. Une fois la modélisation établie,

l'objet et son modèle peuvent être étudiés ou comparés, et ce de façon plus simple qu'en manipulant les données réelles souvent variables de façon opaque.

Dans l'élaboration d'un modèle, on oppose généralement deux approches : prédictive ou descriptive. Une approche prédictive a pour principe d'obtenir un résultat inconnu à partir de données explicatives. Dans les approches descriptives, les modèles servent à représenter, de façon organisée et synthétique, des données réelles et l'objectif est de rendre compte, si possible de manière interprétable, de cette masse d'informations. Les modèles les mieux aboutis sont ceux qui mêlent les deux approches.

2.3. L'exploration dynamique de l'étendue vocale : le phonétogramme, quelle place ? [28, 31, 38]

Ph. Dejonckere en donne la définition suivante : « représentation graphique du champ dynamique vocal obtenue en quantifiant les intensités sonores minimale et maximale en fonction de la hauteur tonale du son fondamental sur toute l'étendue de la voix ».

L'examen sera précédé des explications nécessaires afin d'assurer, à l'aide d'exemples, que le sujet a bien compris les consignes, et pour les « professionnels de la voix » d'un court échauffement vocal.

2.3.1. Intérêt :

Le phonétogramme est un bon outil pour évaluer les possibilités vocales d'un patient en terme dynamique, que la voix soit pathologique ou normale. Il permet de guider et d'aider la rééducation, de suivre la récupération après traitement médical ou chirurgical. En général, les différentes études font état d'une bonne réductibilité de l'examen chez un même sujet. Les conditions de passage de l'examen étant toujours les mêmes pour une même équipe, les résultats peuvent être comparatifs.

2.3.2. Limites :

Les limites quant à elles tiennent, pour certains auteurs, aux conditions de l'examen et à des critères qui, n'étant pas pris en compte, risquent de modifier les résultats obtenus. Nous citerons : le problème de justesse de la note émise, les normes des qualités acoustiques de la salle d'examen, l'heure de l'examen (pour les professionnels de la voix, il est toujours préférable de le faire l'après-midi), le choix de la voyelle émise, la durée d'émission vocale (elle doit être d'au moins deux secondes), l'effet des volumes respiratoires mobilisés, le degré d'ouverture buccale (l'ouverture de la bouche peut, à elle seule, chez des sujets entraînés, augmenter de 30dB l'intensité vocale sur une fréquence donnée), l'importance de la qualité de souffle accompagnant l'émission vocale, l'existence ou non d'un vibrato.

Cependant en dehors d'une appréciation globale de l'étendue vocale chez les chanteurs, cet examen a-t-il un intérêt chez les sujets ordinaires ?

LA LARYNGECTOMIE TOTALE

La laryngectomie totale consiste en une résection du larynx qui a pour conséquence la perte de la voix, support du message interhumain.

L'impossibilité de communiquer avec ses semblables constitue une infirmité redoutable durement ressentie par le laryngectomisé et son entourage. L'annonce de la laryngectomie doit donc être associée à un espoir de restauration d'une fonction vocale compatible avec une vie sociale. Il ne suffit pas de traiter la maladie, mais il faut aussi assurer la réinsertion sociale et le retour à la vie normale du patient.

I. Données épidémiologiques :

Le cancer du larynx est le deuxième cancer des voies respiratoires en termes de fréquence. Des études ont montré une augmentation des taux d'incidence de ce cancer chez les deux sexes, [39- 42] avec une baisse du sexe ratio en rapport avec une consommation accrue de l'alcool et du tabac par la population féminine.

Au Maroc, et en l'absence de registre national des cancers, l'incidence ne peut être estimée, cependant selon des études épidémiologiques régionales récentes, le cancer du larynx représente environ 5.6 % de la population de Casablanca, 4.7% de la population de Rabat ; environ 8 % des cancers se déclarent chez l'homme et moins de 1% des cancers sont l'apanage des femmes, des chiffres similaires sont retrouvés dans les autres pays du Maghreb (Lybie (5.3%), Tunisie (6.8%)). [43-47]

Moudni et al. [48], à l'institut national d'oncologie, ont noté que le cancer du larynx représente à peu près 4% du recrutement de cet établissement, la femme était atteinte dans 9,3% et l'homme dans 90,7%.

Dans notre service, une étude rétrospective ayant inclus 115 patients au service d'ORL entre décembre 2003 et décembre 2008 a noté une nette prédominance masculine (94%). Les stades T3, T4 représentent (74%) des cas. Le carcinome épidermoïde est le type histologique le plus fréquent (98%). [49]

Les facteurs étiologiques quand eux sont dominés par l'intoxication alcoolo-tabagique, cependant d'autres facteurs sont incriminés notamment certaines intoxications professionnelles, des facteurs nutritionnels, génétiques, viraux, le reflux gastro-œsophagien, traitements immunosuppresseurs.... [50]

II. Indications et techniques :

La laryngectomie totale, la pharyngo-laryngectomie totale et la pharyngo-laryngectomie totale circulaire sont indiquées pour les volumineuses tumeurs T3 et T4 du larynx et de l'hypopharynx. Ces interventions sont réalisées d'emblée ou après échec des protocoles de préservation laryngée.

Rarement on fait appel à la laryngectomie totale dans le traitement des traumatismes et brûlures graves du larynx.

La laryngectomie totale a pour but l'exérèse du larynx depuis l'os hyoïde jusqu'aux premiers anneaux trachéaux, sans enlever la muqueuse de l'hypopharynx en dehors de la muqueuse rétrocricoïdienne.

La pharyngo-laryngectomie totale comporte une exérèse de tout le bloc laryngé associée à une partie plus ou moins importante de la muqueuse de l'hypopharynx. Lorsque l'on doit sacrifier toute la muqueuse de l'hypopharynx, on parle alors de pharyngo-laryngectomie totale circulaire.

Ces interventions entraînent une séparation entre la voie respiratoire (trachéostome) et la voie digestive (entonnoir pharyngo-œsophagien). La reprise de l'alimentation ne pose pas en général de problème particulier. En revanche, la reprise d'une phonation est beaucoup plus laborieuse.

III. Conséquences de la laryngectomie totale

1. Les conséquences anatomiques : (Figure 23)

Il ne convient pas ici de détailler les étapes de l'intervention, mais de rappeler les éléments anatomiques qui participent à la reconstruction pour faciliter la compréhension de la production de la voix sans larynx. Nous distinguons les laryngectomies totales et les pharyngo-laryngectomies. [51]

1.1. La laryngectomie totale :

Lors de l'exérèse, les muscles constricteurs du pharynx sont sectionnés au bord postérieur du cartilage thyroïde. Le muscle crico-pharyngien est sectionnés au niveau du bord postérieur et inférieur du cartilage cricoïde. Le périchondre thyroïdien est incisé permettant ainsi le décollement sous périchondral de la paroi latérale du sinus piriforme à la face interne de l'aile thyroïdienne. A la fin de l'exérèse les limites de section pharyngée sont :

- En haut la muqueuse de la base de la langue,
- Latéralement la muqueuse de la paroi externe des sinus piriformes,

La plaie est donc triangulaire à base supérieure et à sommet inférieur. A ce sommet on retrouve la muqueuse rétrocricoïdienne intacte. La fermeture se fait en T suivant la forme de la plaie.

Selon les écoles les muscles pharyngés sont ou ne sont pas suturés sur la ligne médiane [52,53]. Certains pratiquent même une myotomie des constricteurs pharyngés ou uniquement du muscle crico-pharyngien [54]. Cette suture apporte une sécurité de cicatrisation, elle réamarre les deux extrémités des crico-pharyngiens, mais elle a tendance à rétrécir le calibre du pharynx. L'attitude concernant les myotomies pour améliorer la voix sans larynx n'est pas univoque [55, 56, 57].

1.2. Les Pharyngo-laryngectomie totale :

L'exérèse ici est plus étendue sur la paroi pharyngée musculo-muqueuse d'au moins un sinus piriforme. Le calibre du pharynx est rétréci de façon plus au moins importante en fonction de l'exérèse nécessaire. La reconstruction peut parfois nécessiter la réalisation d'un lambeau libre ou pédiculé. Ces lambeaux formant alors une masse inerte, perturbent la cinétique locale lors de la déglutition et de la phonation [56].

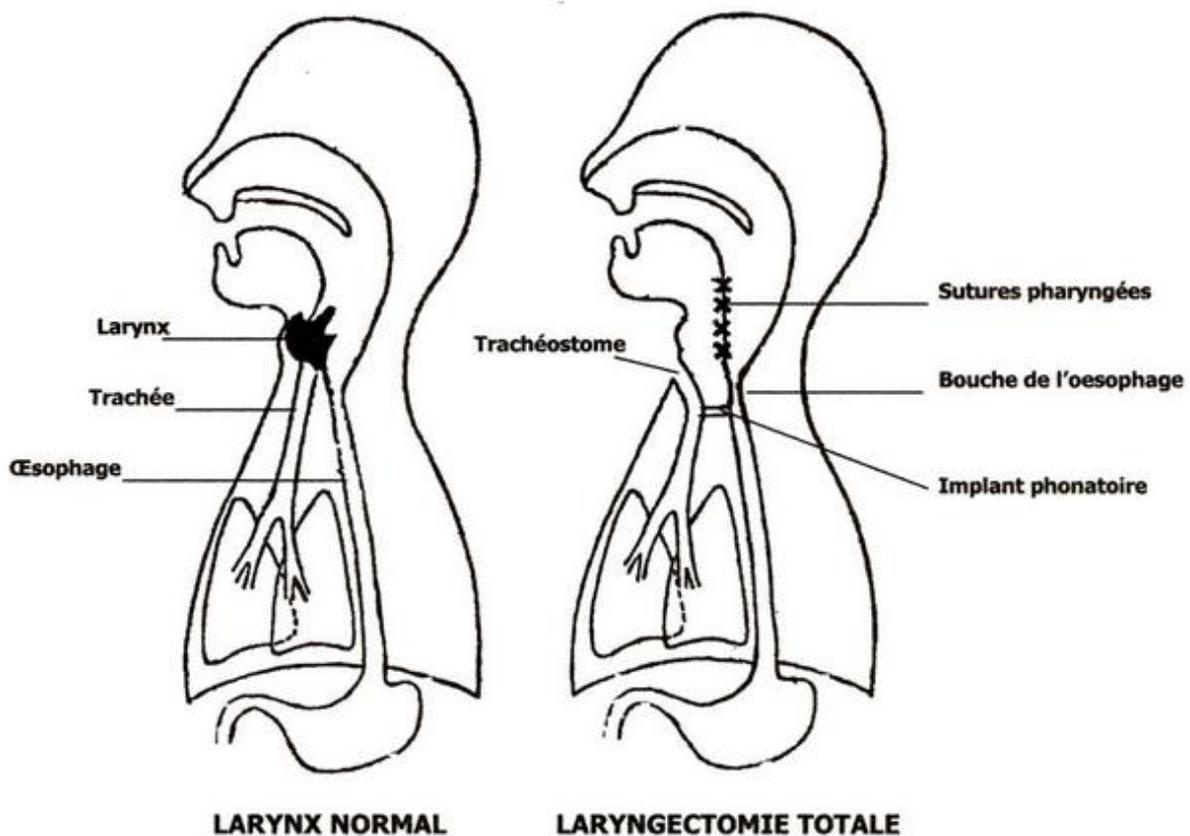


Figure 23 : conséquences anatomiques de la laryngectomie totale [13]

2. La perte de la voix :

Elle est sans doute, l'infirmité la plus grave et la plus durement ressentie par le laryngectomisé. Elle constitue le facteur déterminant et pratiquement unique de l'invalidité.

Comme la rééducation vocale ne sera pas débutée en période post opératoire immédiate, les patients dans les jours et semaines qui suivent l'intervention vont communiquer de différentes manières :

- La communication gestuelle : est la première utilisée en sortant du bloc opératoire,
- « L'ardoise magique » est très utile pour ceux qui savent écrire,
- L'articulation muette.

3. Les modifications respiratoires :

Après la laryngectomie totale, l'air inspiré n'est plus filtré, humidifié ni réchauffé comme il l'était auparavant au niveau des fosses nasales et du larynx. Ces modifications entraînent une augmentation de la sécrétion du mucus au niveau de la trachée qui peut être difficile à éliminer avec formation de bouchons muqueux. A ce stade, le traitement repose sur les aérosols, l'aspiration trachéale régulière et la prescription éventuelle de mucolytiques [51].

Progressivement, on note l'apparition d'une métaplasie de la muqueuse trachéale et une disparition de la fonction ciliaire responsable de l'élimination du mucus. Si aucune mesure n'est prise, une kératinisation et une fibrose s'installent. Ces modifications sont à l'origine d'une altération prématurée de la fonction respiratoire d'autant plus marquée que le sujet est âgé [52, 56].

Les principales conséquences sont :

- La sécheresse trachéale ;
- L'hypersécrétion trachéale ;
- La surinfection trachéale et la trachéite.

Leur traitement est symptomatique mais aussi préventif grâce à l'utilisation d'un « nez artificiel » qui permet de :

- filtrer les impuretés ;
- réchauffer l'air inspiré ;
- humidifier l'air inspiré ;
- augmenter la saturation en oxygène des tissus par l'élévation de la résistance trachéale [56,57].

L'utilisation de cette prothèse est contre-indiquée pour les patients qui présentent :

- Une hypersécrétion bronchique dans le cadre d'une BPCO ;
- Une allergie aux adhésifs ;
- Une déformation importante du trachéostome ;
- Une mauvaise hygiène.

Ce type de dispositif amène une amélioration respiratoire chez 67 à 84% des patients [56- 60] et une élocution plus facile chez 55% des patients [56, 58].

Par ailleurs, la dérivation du courant d'air pulmonaire avec l'abouchement de la trachée à la peau de la partie antérieure du cou entraîne selon Heyden [58] une diminution de l'espace mort respiratoire de 50cm³ avec une diminution des résistances respiratoires. Les possibilités de blocage de la cage thoracique étant supprimées, le sujet aura plus de difficultés à accomplir des tâches qui nécessitent un effort. Néanmoins Vallery et Gros [64] notent que l'arbre trachéo-bronchique

réagit de manière favorable à la laryngectomie, ce qui prouve la bonne adaptabilité de cet appareil aux déficits de filtrage et d'humidification.

Quand à la sténose trachéale, elle survient surtout chez les patients qui ont développé une chondrite des premiers anneaux trachéaux ou chez certains patients porteurs de prothèse phonatoire. Elle peut être évitée par reconstruction soigneuse de la stomie lors de la laryngectomie et la mise en place d'une valve adhésive pour les patients porteurs de prothèse phonatoire. Sa survenue nécessite le port prolongé d'une canule de trachéotomie ou une reconstruction chirurgicale du trachéostome [59, 60].

4. Les modifications olfactives et sapides :

La diminution de l'odorat est notée chez 45% des patients et la diminution du goût chez 15% d'entre eux [59, 61]. Ces deux perturbations sont liées à l'absence de circulation d'air dans les fosses nasales. En général, c'est l'olfaction par voie antérieure qui est la plus touchée, alors que l'olfaction par voie rétrograde intervenant dans la détermination des saveurs est peu perturbée. L'altération de l'olfaction est globale et touche toutes les odeurs. Cette gêne s'atténue avec le temps, elle peut être liée à un encombrement des fosses nasales avec parfois une rhinorrhée que l'on trouve chez 38% des patients [59, 61]. Il faut apprendre au patient à se moucher, le programme de la rééducation vocale doit en tenir compte, les premières séances étant consacrées à l'apprentissage de manœuvres buccopharyngée qui permettront au laryngectomisé de préserver une perception olfactive satisfaisante.

5. Les troubles digestifs :

5.1. Reflux gastroesophagien et dyspepsie :

La dyspepsie est signalée par 45% des patients [59, 61] sous forme d'éructation et de ballonnement. Elle est liée au mécanisme de la rééducation vocale, particulièrement en voie œsophagienne. Son traitement est fondé sur des médicaments à base de charbon activé.

5.2. La dysphagie :

Entre 25 et 33% des patients signalent une gêne à la déglutition [59, 60- 62] qui se traduit par une modification du régime alimentaire avec passage à une alimentation de consistance mixée voire liquide.

Elle justifie un bilan avec une hypopharyngoscopie, une fibroscopie œsophagienne ou un transit aux produits radio-opaques.

Elle peut être liée à :

- Une récurrence tumorale pharyngée ou œsophagienne. En cas de doute sur une récurrence profonde, une tomodensitométrie cervicale est réalisée ;
- Une sténose post-thérapeutique du pharynx et/ou de l'œsophage cervical [59, 62] ;
- Une parésie linguale ou une résection de base de langue non reconstruite [59, 61]. Une rééducation peut alors améliorer la dysphagie ;
- Un spasme pharyngé.

HISTORIQUE DE LA REHABILITATION
VOCAL APRES LARYNGECTOMIE
TOTALE

Alors que les amygdalectomies et les trachéotomies sont décrites et pratiquées depuis de nombreuses années, ce n'est qu'au XIX^e siècle que les laryngectomies font leur apparition en Europe. Cent vingt-cinq ans plus tard, le nombre de laryngectomies effectuées chaque année aux Etats-Unis est estimé à près de 60000 personnes dont 3000 sont des laryngectomies totales. [63] C'est dire l'importance qu'a pris cette famille d'interventions au fil du temps. Ainsi, depuis lors, le problème de la réhabilitation vocale a toujours été d'actualité. De nombreux essais ont abouti à l'utilisation de la voix œsophagienne, à la réalisation d'interventions chirurgicales palliatives et à la création de prothèses multiples et diverses dans un débordement d'imagination assez exceptionnel.

Dès 1873, date de la première laryngectomie totale pratiquée par BILLROTH, s'est posé le problème de redonner une voix en l'absence du larynx. Dans ce but, de multiples essais se sont succédés depuis cette époque jusqu'à nos jours, chaque nouveau procédé s'efforçant de pallier les inconvénients des procédés antérieurs. [64]

Au début, c'est l'ère des premiers larynx artificiels qui copient au plus près le mécanisme laryngé avec épiglotte et vibrateur métallique (Figure 24) [65]. Leur mécanique peu fiable et leur tolérance limitée les font finalement abandonner (1898), obligeant alors le patient à se contenter de la voix chuchotée. Parallèlement naissent les prothèses pneumatiques utilisant soit l'air des poumons, soit l'air d'un soufflet ou d'une poire pour produire des vibrations qui seront acheminées dans les cavités bucco-pharyngées par une tubulure introduite par le nez ou par la bouche. (Figure 25)

Au début du vingtième siècle, l'essor de la voix œsophagienne (voix oro-œsophagienne) qui est produite à partir de l'éruclation, et le perfectionnement progressif de la technique d'acquisition de cette voix relègue au second plan les

autres procédés. En effet, en 1908 GUTZMANN [64] de Berlin souleva l'hypothèse de l'existence d'une réserve d'air au niveau de l'œsophage. C'est à lui que l'on doit la méthode de rééducation, qui à quelques variantes près, est encore utilisée aujourd'hui. Elle repose sur le principe de l'éruclation contrôlée de l'air auparavant dégluti dans l'œsophage. Cette technique a été baptisée « Erygmophonie » (Erygmos du grec = Eructation ou poussée en dehors). Dès lors la notion de voix œsophagienne va s'imposer à tous les laryngectomisés. Des centres de rééducation ont ouvert leurs portes dans les années soixante et permettaient d'obtenir des résultats probants. [65, 66]

Cette suprématie de la voix oro-œsophagienne n'empêche cependant pas le perfectionnement de prothèses électriques ou pneumatique qui viennent pallier plus au moins bien les échecs de son apprentissage.

Par ailleurs, et depuis le début, on note des tentatives de réhabilitation chirurgicale plus ou moins heureuses avant d'en arriver aux « prothèses » internes modernes et aux canalisations muqueuses qui permettent la production de la voix trachéo-œsophagienne. Ainsi et depuis une vingtaine d'année, une révolution s'est opérée aux Etats-Unis puis très vite en Europe, avec l'apparition des prothèses interne et l'avènement de la voix trachéo-œsophagienne en créant une fistule trachéo-œsophagienne ou trachéo-pharyngée, les techniques évoluant très rapidement, il devient difficile parfois de s'y retrouver dans les divers modèles de prothèses proposées [66, 67]

Notons la différence essentielle qui existe entre les premiers larynx artificiels et les prothèses internes modernes. En effet, les larynx artificiels sont pourvus comme nous l'avons dit d'une anche vibrante qui produit le son. Avec les prothèses internes, c'est la bouche œsophagienne qui sert de vibreur. Ce que les prothèses internes actuelles (ainsi que les canalisations muqueuses) permettent de produire

c'est en fait la voix œsophagienne rendue particulièrement performante en devenant trachéo-œsophagienne.

En outre, la transplantation laryngée reste pour l'instant au stade quasi-expérimental. [67]

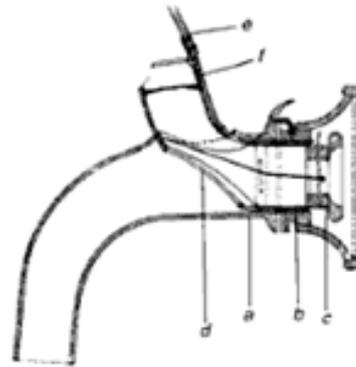


Figure 24 : Larynx artificiel fabriqué par LEITER en 1873 (d'après Y. LEBRUN) [65]

a : canule trachéale- b : canule laryngée- c : vibreur- d : ouverture vers la canule laryngée - e : épiglote - f : canule « phonatrice ».



Figure 25 : Appareil de NARRO- CASADESSUS (d'après Y. LEBRUN) [65]

Le vibreur est logé dans la pochette de la chemise. Une valvule se ferme automatiquement sous l'action du souffle phonatoire. Les sécrétions éventuelles sont recueillies dans un tube à la partie inférieure du vibreur.

LES PROCÉDES DE REHABILITATION VOCAL APRES LARYNGECTOMIE TOTALE

La laryngectomie totale reste encore indiquée pour le traitement des carcinomes étendus des voies aéro-digestives supérieures. Elle implique une

mutilation de la voix à laquelle il est nécessaire de remédier. En revanche, la réhabilitation vocale doit obéir à certains principes de base [68]:

- Elle ne peut être envisagée au détriment de la qualité de l'exérèse tumorale ;
- Le protocole de prise en charge décidé en comité multidisciplinaire ne doit pas être modifié ;
- Elle ne doit pas retarder la cicatrisation ni les traitements complémentaires ;
- Elle ne doit pas retarder ni entraver la reprise alimentaire ;
- Elle ne doit pas allonger la durée d'hospitalisation ni augmenter le coût de prise en charge des patients.

Par ailleurs, elle a pour objectif de redonner une autonomie et un moyen de communication au patient.

Ainsi, actuellement on dispose de trois grands volets de réhabilitation vocale :

- Le réhabilitation vocale chirurgicale prothétique ou non.
- Les prothèses externes.
- La voix œsophagienne.

I. La réhabilitation chirurgicale non prothétique par les shunts trachéo-œsophagiens continents primaires : (Figures 26, 27) :

Depuis la réalisation de la première laryngectomie totale (Billroth 1873) les chirurgiens ont été confrontés aux problèmes de restauration d'une phonation probante. Ainsi Gussembauer [69] décrit la première technique chirurgicale permettant de relier la trachée et le pharynx. Le patient en fermant au doigt l'orifice cutané du shunt, fait passer l'air trachéal dans le pharynx et ainsi il est capable de parler. C'est ce que les laryngologues ont essayé de reproduire et de perfectionner durant les cent ans qui suivirent.

Les shunts trachéo-œsophagiens continents primaires se basent sur des techniques chirurgicales qui restaurent un conduit continent entre la trachée et l'œsophage permettant au patient, tout en utilisant la néoglote comme vibreur, de bénéficier de la soufflerie pulmonaire pour une production vocale plus soutenue sans risque de fausses routes. Elles se limitaient initialement à un conduit muqueux avec un certain nombre de risques : fuite salivaire, infection, sténose. [70, 71, 72] De nombreux auteurs ont amélioré la technique [73, 74] avec des résultats satisfaisants mais difficilement reproductibles. Ces techniques sont quasiment tombées en désuétude.

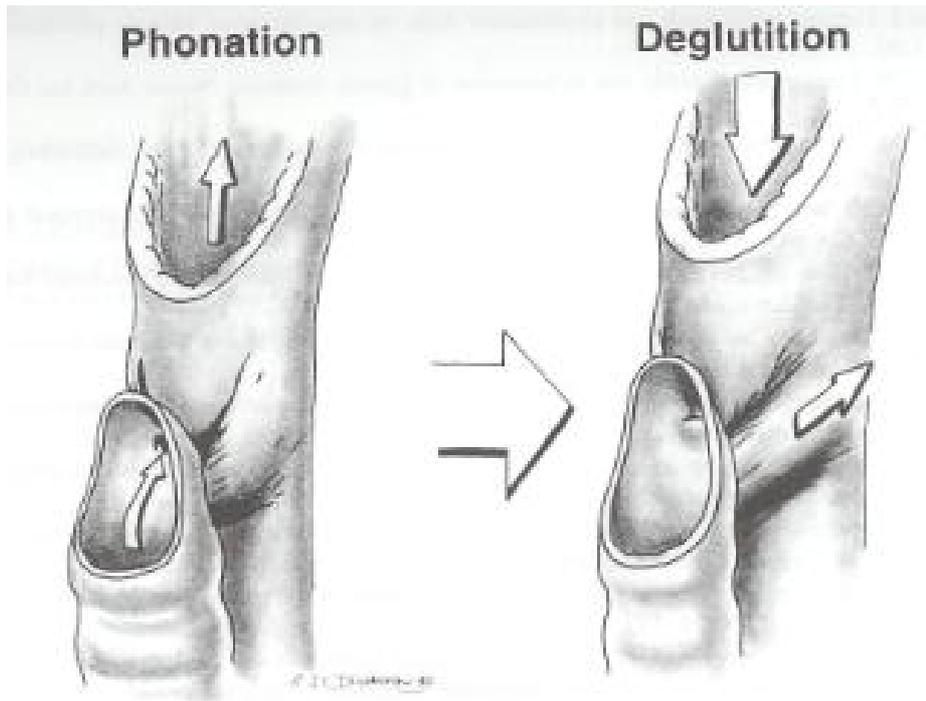


Figure 26 : comportement du shunt au cours de la phonation et de la déglutition.

[74]



Figure 27 : schéma de laryngoplastie par un lambeau antébrachéal [74]

II. La réhabilitation chirurgicale prothétique :

Cette réhabilitation vocale, introduite par Blom et Singer en 1980, semble à ce jour être la technique de référence de la réhabilitation vocale après laryngectomie totale. La voix est reconnue comme étant expressive, modulable permettant des émissions vocales prolongées. La seule contrainte résulte dans l'obligation d'obturer le trachéostome lors de la phonation, ce qui peut être réalisé au doigt ou par valve automatique. [75]

1. Principe :

Les prothèses phonatoires sont mises en place au travers d'une fistule créée chirurgicalement entre trachée et œsophage qu'elles vont calibrer. Elles sont constituées schématiquement d'un tube unidirectionnel permettant le passage de l'air expiré via la prothèse sans risque d'inhalation lors de la déglutition. [76]

L'hyperpression trachéale réalisée par obstruction manuelle ou mécanique du trachéostome lors de l'expiration chasse l'air dans le pharynx via la prothèse ; la phonation est produite alors par vibration des replis muqueux pharyngés en utilisant les cavités de résonance habituelles bucco-vélo-pharyngées.

2. Matériel : (figures 28, 29 A&B et 30)

Il existe deux grands types de prothèses :

- Les prothèses amovibles que le patient ôte pour les nettoyer et replace tout seul quotidiennement. Ces prothèses ont été quasiment abandonnées et remplacées par des prothèses permanentes. [77]
- Les prothèses fixes dont le nettoyage se réalise in situ et dont le remplacement est assuré par le chirurgien en consultation. Les plus utilisées d'entre elles sont les prothèses de type Provox.

La première génération, développée en 1988 à base de silicone de qualité médicale, avait pour souci de combiner une faible résistance à l'air et une longue durée de vie. Dix ans après une deuxième génération a été lancée, celle-ci est caractérisée par sa facilité de mise en place lors du remplacement. Par ailleurs elles sont dotées de brosses pour le nettoyage quotidien et munies d'un collier prévenant l'introduction trop profonde de la prothèse. Aussi, des bouchons ont été développés pour contrôler momentanément une fuite de la prothèse. Le bouchon est muni d'un bouton pour éviter tout risque de chute accidentelle dans la trachée.

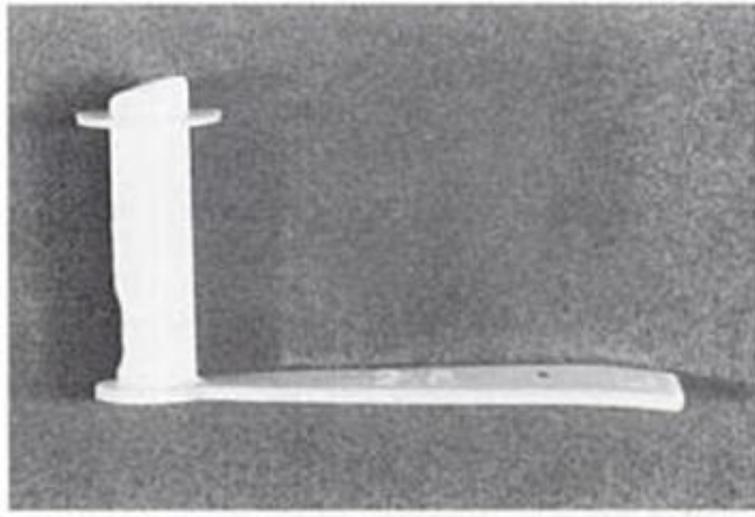


Figure 28 : Bouton phonatoire de Blom-Singer (prothèse amovible). (Cliché M.

Remacle) [77]



Figure 29 A: Obturation au doigt pendant la phonation d'un bouton phonatoire de Blom-Singer. [78]



Figure 29 B : Valve trachéale automatique de Blom-Singer placée sur l'orifice trachéal. [78]

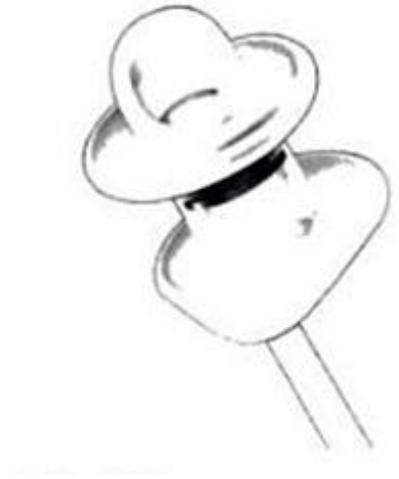


Figure 30 : Implant phonatoire type Provox [78]

3. Techniques de mise en place :

La technique de mise en place primaire ou secondaire est la même pour les deux types de prothèses. En revanche, leur remplacement se fait différemment. [77,78]

3.1. Pose primaire :

Une fois la pièce opératoire retirée, la ponction trachéale est réalisée de dehors en dedans et de bas en haut sur la paroi postérieure de la trachée, à environ 1cm du bord supérieur du trachéostome. Il est préférable de confectionner la moitié antérieure du trachéostome avant de débiter la ponction.

La position de l'orifice trachéo-œsophagien est importante : trop proche de la berge supérieure du trachéostome, la collerette viendra gêner la suture ou la cicatrisation de celui ; trop basse elle nécessite alors de plus fortes pressions lors de l'expiration pour obtenir une émission vocale.

La mise en place de la prothèse se fait dans le sens oesotrachéal, par voie rétrograde, en s'assurant du passage de la collerette trachéale dans sa totalité. Cette technique a l'avantage de ne pas nécessiter le calibrage de la fistule, car c'est la

prothèse elle-même qui le réalise. Le patient peut donc très précocement utiliser sa prothèse.

3.2. La technique primaire différée :

Dans certains cas, selon l'importance de la résection et des techniques de reconstruction utilisées lors de l'acte chirurgical, la pose de prothèse sera différée ; une fois la cicatrisation obtenue et avant l'irradiation postopératoire.

Elle est réalisée par voie endoscopique, sous anesthésie générale pour la majorité des équipes. Le repérage du mur trachéo-œsophagien s'effectue sous œsophagoscopie ou hypopharyngoscopie, ainsi, la puncture, qui se situera à 1cm sous la jonction cutanéomuqueuse sur la paroi postérieure du trachéostome, se fera de la trachée vers l'œsophage, celui-ci étant protégé par l'endoscope dont la lumière sera tournée vers la paroi antérieure du pharynx. Un guide est introduit dans l'orifice et récupéré par voie endoscopique ; la prothèse, fixée à ce guide, est descendue au travers du tube rigide et positionnée au travers de la fistule en s'assurant du passage complet de la collerette trachéale.

Le risque de cette technique est la perforation postérieure de l'œsophage qu'il est indispensable de protéger avec l'endoscope. Pour certaines équipes, un traitement antibiotico-corticoïde sera prescrit en postopératoire.

3.3. Technique secondaire :

La pose secondaire s'effectue sous anesthésie générale, chez un patient intubé. Il est indispensable que le pharynx soit totalement cicatrisé.

Un œsophagoscope court et large est introduit dans l'œsophage, de façon à ce que le bec protège la paroi postérieure et la lumière illumine la partie supérieure du trachéostome.

La puncture trachéo-œsophagienne est réalisée à environ 0,5 à 1cm de la berge supérieure du trachéostome à l'aide d'un trocart Provox dont la pointe

pénètre dans l'œsophagoscope. Un fil guide est ensuite introduit dans la fistule, récupéré dans l'œsophagoscope et sorti par la bouche.

La Provox est fixée au fil tirée à travers l'œsophagoscope, la collerette trachéale est attirée à travers la fistule avec des pinces (comme pour disjoncter un pneu), puis la tige d'insertion est sectionnée à la base et la prothèse est correctement positionnée. [77-83]

3.4. Faut-il réaliser une myotomie ?

La technique chirurgicale de pose des prothèses phonatoires reste controversée quant à l'intérêt des myotomies des muscles cricopharyngien et constricteur inférieur du pharynx, leur étendue et leur siège (latérale, médiale, dorsomédiale) [84- 87]

En 1957 HENLEY [86] réalise la première myotomie du muscle cricopharyngien pour traiter les dysphagies neurogènes. En 1986 SINGER et BLOM [87] ont pratiqué cette myotomie chez 16 patients ayant échoués à acquérir la voix trachéo-œsophagienne après pose d'une prothèse phonatoire et ceci suite à des spasmes documentés du constricteur inférieur de l'œsophage. Les résultats été probant pour 14 patients. Des résultats similaires ont été rapportés par d'autres auteurs. [88]

En outre, des myotomies du muscle cricopharyngien et du constricteur inférieur du pharynx ont été réalisés chez les patients ayant échoués à acquérir la voix œsophagienne, avec bons résultats. [89]

Marco-Algarra et al. [84] conclus à partir d'une étude prospective menée sur 5ans et ayant inclus 122 patients que la myotomie quelque soit son type chirurgical était un facteur de succès de la pose de la prothèse vocale et que les complications menant à l'extraction de la prothèse, le nombre de visites hospitalières étaient plus important chez les patients n'ayant pas bénéficié d'une myotomie. Parallèlement le taux de migration de la prothèse dans les voies respiratoire était plus important

chez le groupe n'ayant pas eu de myotomie (28.7% versus 8.1%) et ce dû selon les auteurs au remplacement itératif des prothèses phonatoires.

Néanmoins, certains auteurs ne réalisent jamais de myotomie systématique du muscle constricteur inférieur de l'œsophage et réserve cette indication aux spasmes et hypertonies prouvés de ce muscle. [90, 91]

3.5. Résultats :

3.5.1. Echec :

30% des patients ne se serviront pas de leur prothèse. Les principales causes de cet échec sont :

- Le manque de motivation, élément essentiel ;
- Les soins qui leur semblent trop importants ;
- Une mauvaise dextérité qui aurait dû être évaluée en préopératoire ;
- Les complications à répétition ;
- Le succès de la voix œsophagienne ou le mauvais résultat de la voix prothétique.

2. Résultats phonatoires :

L'ensemble de la littérature s'accorde sur le fait que les résultats de la voix oesotrachéale sont supérieurs à ceux de la voix œsophagienne, même si ceux-ci se dégradent dans le temps. [92, 93].

Précocement, on retrouve 80% de bons résultats dans de nombreux articles colligés en partie par De Raucourt. [91] A cinq ans, ce chiffre est de 70- 75% et semble peu à peu s'étioler bien que les effectifs soient faibles.

AKBAS [93] retrouve, sur sa série de 187 patients, un succès vocal prothétique chez 71% ; GERAGHTY [94] retrouve un succès immédiat de 70% et un succès à plus de 3ans de 66%.

3.6. Les complications :

3.6.1. La fuite prothétique :

La dégradation de la valve sera responsable de fausses routes à la déglutition. Cette complication est la plus fréquente et provient d'une dégradation de la prothèse. Laquelle dégradation est, selon nombreux auteurs, en rapport avec une colonisation mycosique dont le *Candida albicans* serait le germe le plus fréquent. [94-96] Cette colonisation est favorisée par le reflux pharyngo-œsophagien qu'il convient de traiter efficacement. Ceci nécessite le remplacement de cette prothèse.

3.6.2. Rétrécissement du trachéostome :

Complication fréquente secondaire à l'obstruction digitale et au processus de cicatrisation, elle est favorisée par la radiothérapie. La conduite à tenir repose sur l'instauration d'un traitement antibiotique et anti-inflammatoire, ainsi que sur le calibrage par canule de trachéotomie. Ultérieurement, une plastie d'élargissement du trachéostome pourra être proposée. Le meilleur traitement repose sur la prévention : trachéostome primaire large, utilisation d'un « nez » artificiel, bonne adaptation de l'implant phonatoire. [96]

3.6.3. Fuite périprothétique :

Elle est secondaire à un élargissement de la fistule oesotrachéale par traumatismes locaux (iatrogène, reflux gastro-œsophagien, etc.) ou par une prothèse mal adaptée. [77]

La conduite à tenir varie selon les auteurs et schématiquement, il existe des techniques visant à rétrécir la fistule oesotrachéale et les techniques d'obstruction de celle-ci.

Les techniques d'obturation sont à notre connaissance de deux ordres : l'utilisation d'une prothèse plus large type Groningen (mais que faire ultérieurement une fois que nous avons opté pour la plus large des prothèses du marché ?) ou la

réalisation d'un patch de SILASTIC, technique décrite par Blom et Remacle [97], qui permettrait la cicatrisation sous-jacente de la muqueuse trachéale en 3 à 4 semaines.

Les techniques de rétrécissement de la fistule peuvent faire appel à l'injection périfistulaire de divers matériaux. Prothèse en place, l'injection de collagène, [98] de graisse autologue [99] en regard de la zone de déhiscence peut permettre le retour à la continence. En cas d'échec, l'ablation de la prothèse est nécessaire et donc temporairement la pose d'une sonde naso-gastrique. L'ablation de la prothèse permet à la fistule dans bien des cas de se refermer. Beaucoup plus rarement, elle oblige la réalisation d'une fermeture chirurgicale de la fistule oesotrachéale avec plastie locale ou régionale.

3.6.4. Nécrose extensive à partir de la fistule oesotrachéale : [100].

L'hygiène locale déficiente, les manipulations régulières, une prothèse mal adaptée sont des facteurs favorisants de cette nécrose. Le traitement repose sur des soins de nursing sous couvert d'une canule de trachéotomie à ballonnet et par une fermeture de la fistule oesotrachéale secondaire, nécessitant le plus souvent un lambeau musculaire ou myocutané d'interposition.

3.6.5. Perforation pharyngo-œsophagienne et surinfection : [101]

Complication exceptionnelle, elle est plus fréquente lors des poses secondaires. Elle met le pronostic vital en jeu avec risque de cellulite cervicale et médiastinite. Le traitement repose sur l'antibiothérapie associée, si nécessaire, au drainage chirurgical.

3.6.6. La chute de la prothèse dans les voies respiratoires et la fistule borgne :

La chute de la prothèse dans l'axe aérien conduit à un syndrome de pénétration dont le diagnostic est souvent aisé. L'extraction de ce corps étranger bronchique et la remise en place d'une nouvelle prothèse sont nécessaires dans les meilleurs délais.

La fistule borgne correspond à une fermeture de l'orifice œsophagien, premier temps de fermeture spontanée d'une fistule oesotrachéale. S'il est impossible de recathétérer la fistule, il sera nécessaire d'attendre la cicatrisation complète et d'envisager une pose secondaire.

3.6.7. Invagination de la prothèse :

L'extrémité trachéale de la prothèse n'est plus guère visible car recouverte par enfouissement au sein de la muqueuse de la paroi trachéale postérieure. Le facteur favorisant principal est le port de la canule de trachéotomie (parfois rendu obligatoire en raison du risque de sténose su trachéostome). La conduite à tenir consiste à ramener si possible l'implant en place à effectuer son remplacement par un implant plus long.

3.6.8. Des accidents rares :[79, 83]

- L'emphysème sous-cutané témoigne d'une mauvaise adaptation de la prothèse à l'anatomie.
- La réaction allergique.
- Des granulations peuvent apparaître devant la prothèse, obstruant et masquant au moins partiellement celle-ci ; une cautérisation chimique (nitrate d'argent) permet une disparition de celles-ci. En règle, elles sont le fait d'une colonisation mycosique ; un traitement par voie locale (bains de bouche), voire par voie générale (antifongiques), peut être proposé.

3.6.9. Le rôle de la radiothérapie :

Peu d'articles évoquent les complications liées à l'irradiation. Il semble, d'après les auteurs, que la radiothérapie n'influencerait pas le nombre de complications des prothèses phonatoires posées secondairement. [102-104] Choussy rapporte que la radiothérapie semble augmenter le risque de fuite périprothétique par élargissement de la fistule oesotrachéale. Pour Coudray [95], elle augmente les risques septiques et inflammatoires locaux.

3.7. Les techniques de remplacement prothétique :

La prothèse Blom-Singer propose un kit de changement de prothèse comportant une gélule dans laquelle on glisse la prothèse. Celle-ci est glissée dans la fistule oesotrachéale à partir de la trachée à l'aide d'un introducteur spécifique ; la portion œsophagienne de la gélule se délite spontanément en quelques secondes, on retire la capsule trachéale, si la prothèse tourne sur 360°, cette dernière est en place.

La Provox 2 comporte un stylo introducteur. Après mise en place de la prothèse dans le stylo, celui-ci est positionné au niveau de l'orifice trachéal de la fistule oesotrachéale et la prothèse poussée en place. Après vérification du bon positionnement de la collerette trachéale, la prothèse est libérée.

Pour les prothèses Provox 1, Traissac- Vygon et Groningen, après ablation de la prothèse, un guide spécifique est introduit par l'orifice trachéal dans la fistule oesotrachéale et remonté jusqu'à la bouche où il est récupéré, son extrémité distale étant maintenue au niveau du trachéostome. La prothèse est fixée au niveau buccal, elle est ensuite descendue par traction sur l'extrémité distale du guide puis vérification du passage de la collerette trachéale ou positionnement de celle-ci. (Figure 31) [105].

La durée de vie des prothèses est très variable d'un patient à l'autre ; les facteurs influençant celle-ci sont la qualité du nettoyage de la prothèse, le reflux gastro-œsophagien et la colonisation mycotique.

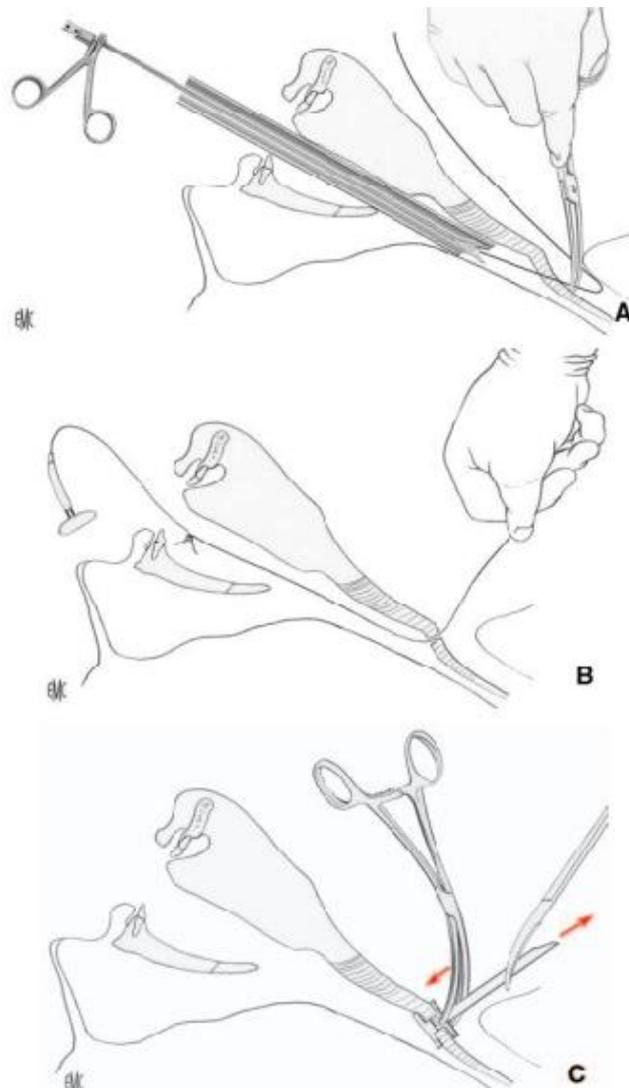


Figure 30 : Remplacement d'une prothèse de Traissac- Vygon [105]

En dépit de leurs résultats fonctionnels qui ont fait l'éloge de nombreux auteurs, la principale reproche que l'on fait aux prothèses vocales conventionnelles c'est qu'elle nécessite l'occlusion digitale de la trachéostomie à chaque production vocale, ce qui n'est pas toujours possible ou hygiénique et ce qui peut aussi être source de gêne sociale pour le patient du moment que la présence de trachéostomie est considérée par la plupart des gens comme un stigmate de cancer du larynx.

III. Les prothèses externes :

La voix prothétique trouve son indication éventuelle dans deux cas bien différents. D'une part, dans la période qui suit immédiatement l'intervention pour permettre à l'opéré de communiquer plus facilement en attendant l'acquisition de la voix œsophagienne (qu'elle soit oro- ou trachéo-œsophagienne). D'autre part, en cas d'échec provisoire ou définitif de l'apprentissage de la voix œsophagienne au titre d'un pis aller que l'on a bien tort parfois de rejeter systématiquement par principe.

1. Prothèses pneumatiques : (figure 32) [107]

L'appareil le plus courant comporte une cupule tenue à main contre le trachéostome pendant la phonation. Un vibreur placé dans cette cupule est mis en action grâce au souffle pulmonaire. Les vibrations sont acheminées dans la bouche par une tubulure souple et transformées en parole grâce aux mouvements articulatoires naturels.

Le principal avantage de ce type d'appareil, outre son prix modéré, est de donner une voix expressive puisque elle peut être modulée par les variations de la pression pulmonaire en rapport avec le vécu affectif du sujet au moment où il parle.

Les principaux inconvénients résident dans l'aspect peu hygiénique du tube entrant dans la bouche avec la présence de salive à son extrémité et la nécessité de découvrir le trachéostome lors de chaque prise de parole ce qui ne constitue pas un geste particulièrement esthétique.



Figure 31 : prothèse pneumatique : Mémacon DSP 8 [107]

2. Les prothèses électriques à transmission vibratoire transcutanée :

(Figure 32)

Ce sont les prothèses les plus répandues. Elles se présentent sous la forme d'un cylindre dont l'extrémité supérieure se termine par une membrane vibrante

Cette membrane est actionnée par un vibreur qui fonctionne grâce à un accumulateur placé dans le cylindre. L'appareil est tenu à la main et la membrane vibrante est appliquée à la peau du cou ou du plancher de la bouche ou même exceptionnellement sur la joue. Le vibreur est mis en marche grâce à la pression du pouce sur un interrupteur. Lors de parole, l'opéré interrompt la vibration pendant les pauses entre les phrases.

La plupart de ces appareils disposent d'un bouton de réglage de la tonalité et d'un bouton de réglage de l'intensité.

L'articulation de la parole se fait normalement, elle doit être précise. La qualité de la transmission dépend de la souplesse des tissus.

Le principal inconvénient de ce type d'appareil est la monotonie et l'inexpressivité de la voix. Malgré cet inconvénient, ces prothèses sont les appareils les plus utilisés actuellement. Cela tient probablement au fait qu'ils n'entrent en contact ni avec la bouche, ni avec la trachée, ce qui en fait des « appareils propres ».

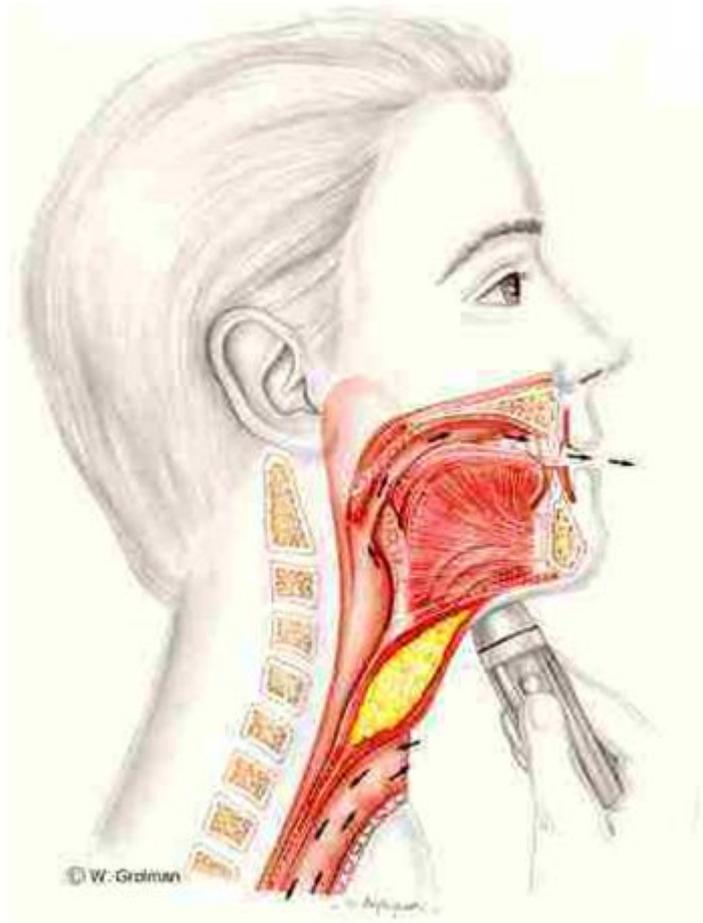


Figure 32 : prothèse électrique type Servox [107]

3. Les Prothèses électriques à embout buccal : (figure 32)

Ces appareils présentent également un vibreur qui est contenu dans un boîtier tenu à la main. Un tube relié au boîtier permet la transmission des vibrations dans la cavité buccale. Le boîtier prend parfois la forme d'un fourneau de pipe, ce qui rend la présentation plus esthétique. Ces prothèses sont indiquées surtout lorsque le manque de souplesse des tissus du cou rend difficile la transmission vibratoire transcutanée. Comme les appareils précédents, elles fournissent une voix intelligible certes mais monotone et inexpressive. Un inconvénient supplémentaire résulte du caractère peu hygiénique de l'embout buccal.

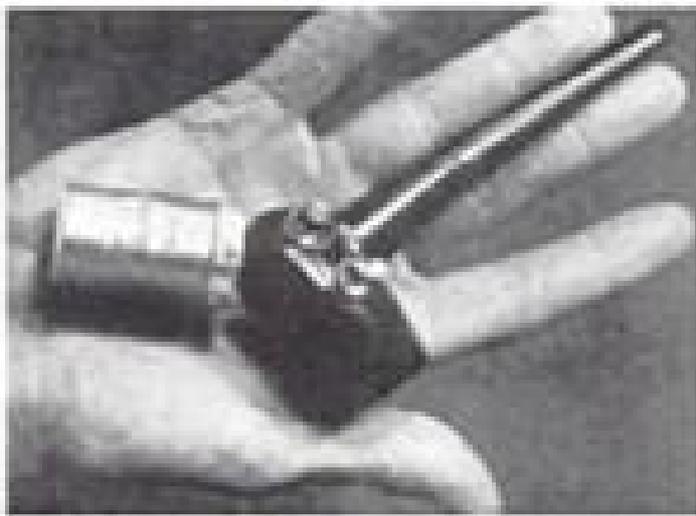


Figure 33 : Pipe de TICCHIONI. Sous le fourneau est logée la batterie rechargeable qui tient dans le creux de la main.

III. La voix œsophagienne :

La voix œsophagienne est une voix de substitution de meilleure qualité que les voix prothétiques, mais son apprentissage demande du temps et des efforts, et les résultats sont inégaux, parfois excellents, souvent moyens, et malheureusement aussi quelquefois très décevants.

1. le substratum anatomo-physiologique :

« Quand le sphincter laryngé, écrit le professeur TERRACOL [108], au cours de la tempête qui s'abat quelquefois sur lui, est supprimé par la main de l'homme, quand nous subissons cette mutilation terrible qui est la laryngectomie totale, l'esprit de l'homme s'ingénie à maintenir le centre statique cervical et à le remplacer créant ainsi avec le muscle cricopharyngien, la voix œsophagienne aidée par tous les muscles du cou qu'il convient de conserver au maximum ».

1.1. Conditions anatomiques :

Les différentes études retrouvent presque toujours un resserrement sur l'axe hypopharyngo-œsophagien qui fait office de rétrécissement vibrant [107, 108]. En fonction des auteurs, il est nommé « pseudo- glotte » ou « néoglotte ». Le souffle d'air activant la pseudo-gllotte est mis en mouvement par l'hyperpression créée dans la partie supérieure de l'œsophage. Le son œsophagien va être modifié et renforcé au niveau des cavités de résonance qui elles, existent toujours. [107]

1.1.1. Pseudo-gllotte : (Figure 34)

Elle se situe au niveau du sphincter œsophagien supérieur ou bouche œsophagienne en regard de C5 ou C6, et correspond au rétrécissement créé par la présence du muscle crico- œsophagien. [107]

Les fibres horizontales de ce muscle formaient avant l'ablation du cricoïde un anneau aplati d'arrière en avant. Après la laryngectomie totale, les fibres suturées (ou non) en avant s'enchevêtraient dans le tissu fibreux, l'anneau sera moins aplati et contre les vertèbres. [108]

La bouche œsophagienne est faite de fibres musculaires circulaires et longitudinales. Elle est décrite comme étant la véritable zone sphinctérienne. Cette participation de la portion supérieure de l'œsophage cervical expliquerait la situation de la pseudo-gllotte beaucoup plus longue en phonation qui peut atteindre 4 ou 5 cm. Vue de profil sa forme est souvent rectiligne et verticale ou oblique en bas et en arrière, elle peut également être à concavité postérieure dessinée par le bourrelet musculaire épaissi du cricopharyngien.

L'innervation de cette zone sphinctérienne apparaît très controversée lorsqu'on prend connaissance des diverses recherches anatomiques et expérimentales réalisées par MONGE et ALUDCCI.

Au repos le sphincter est maintenu fermé par l'action du sympathique cervical. Les fibres du récurrent y aboutissent, elles auraient comme le parasympathique une action dilatatrice. Mais ses fibres sont souvent sectionnées lors de la laryngectomie.

La rééducation peut permettre au plexus sympathique pharyngien de passer sous le contrôle du système cérébro-spinal, autorisant ainsi une contraction sphinctérienne précise et graduée au niveau de la bouche œsophagienne. [108]

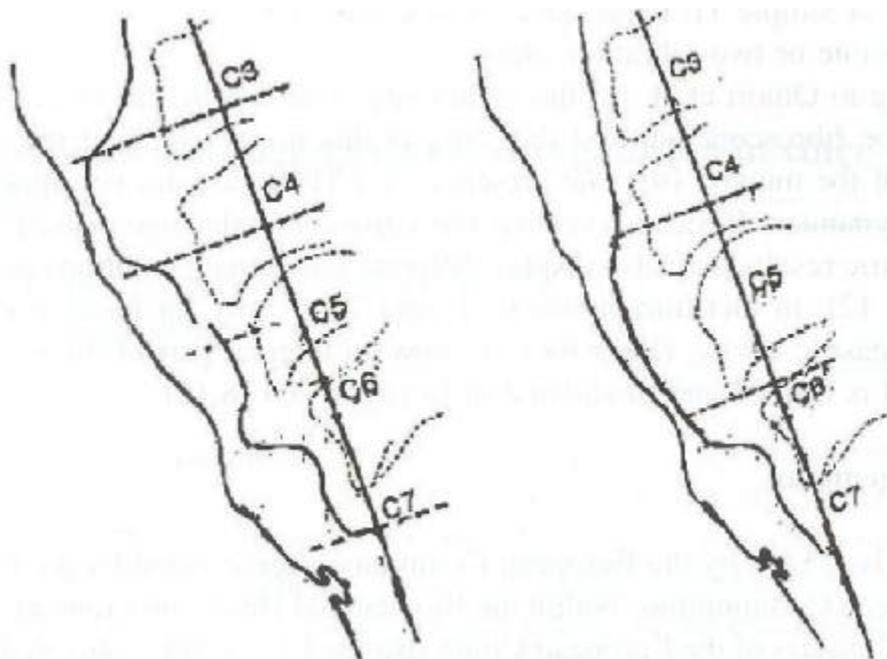


Figure 34 : sites de rétrécissement correspondant à la néoglote [108]

1.1.2. Réserve d'air :

La réserve d'air est de volume généralement supérieur à 50 cm³, elle se localise dans l'œsophage cervical et thoracique supérieur. Pendant la phonation il persiste de l'air dans cette partie de l'œsophage appelé « poche sous pseudo-glottique ». [107]

1.1.3. Cavités de résonance :

La paroi pharyngée a subi des modifications plus ou moins étendues par l'acte chirurgical, mais les cavités de résonance sont toujours en place. Ainsi, le son œsophagien sera filtré et renforcé dans le pharynx, la cavité buccale et les fosses nasales.

1.2. Conditions physiologiques :

Nous allons étudier la formation du son œsophagien en considérant la charge en air de l'œsophage et la sonorisation de la voix à travers la néoglote.

1.2.1. La charge en air de l'œsophage :

Elle peut s'effectuer en trois manières :

- ü Soit par une poussée de haut en bas du volume d'air contenu dans la cavité pharyngo-buccale : c'est la méthode décrite par DAMSTE. [106]
Le voile du palais se relève, la bouche œsophagienne s'abaisse et s'ouvre sous l'effet de la pression.
- ü Soit par appel vers le bas de ce volume d'air qui se réalise par pression négative pendant l'inspiration. L'hypopression œsophagienne suit en effet l'hypopression alvéolaire inspiratoire. [105] C'est la technique de SEEMAN
- ü Soit enfin, le volume d'air introduit dans l'œsophage est d'origine pharyngo-buccale et se déplace en accompagnant un mouvement de déglutition.

Dans Chacun des trois cas il faut que la bouche œsophagienne puisse s'ouvrir pour livrer passage à l'air.

Ces critères d'ouverture du sphincter œsophagien supérieur et particulièrement important, puisque certains échecs seraient imputables à une hypertonie sphinctérienne.

Comme les pressions au niveau de la pseudo-glotte correspondent à des qualités de voix différentes, elles ont été mesurées par plusieurs auteurs : DAMASTE, SEEMAN, VARTICKA,... dans l'intention d'y attribuer un pronostic. [105, 107]

La pression relevée au niveau de la néoglotte traduit la tonicité du sphincter et sa résistance [33].

- ü Des chiffres inférieurs à 30mm de mercure permettent l'acquisition d'une voix œsophagienne de bonne qualité,
- ü Des chiffres de 35 et 80mm de mercure annoncent une rééducation difficile avec une voix aigue.

Ces chiffres sont certes des repères pronostiques mais ils ne sont pas infaillibles. Souvent, au début de l'apprentissage, l'hypertonicité du sphincter de l'opéré rend l'insufflation difficile. Relaxation et détente peuvent modifier cette tonicité et permettre l'injection d'air.

1.2.2. Formation du son œsophagien :

Le son œsophagien naît de la fragmentation de l'air éructé à travers la néoglotte. Cette dernière se met en position phonatoire, s'individualise davantage en accolant ses parois plus fortement, le bourrelet musculaire postérieur du cricopharyngien devient plus saillant, puis l'hyperpression œsophagienne sous jacente décolle les parois pseudo-glottiques pour laisser le passage à une bouffée d'air donnant ainsi naissance à un son, qui sera modulé dans les cavités de résonance. [107, 108] Ensuite, tout comme dans la théorie myo-élastique, lorsque la pression sous- jacente devient inférieure à la tonicité de la pseudo-glotte celle revient à sa position de repos.

De l'éructation, le son devient le support linguistique. La formation de son œsophagien se fait en dehors du système respiratoire. S'il y a indépendance des

souffles quant à leurs trajets et à leurs orifices de sortie, il y a le plus souvent persistance d'une « synergie pneumo-phonique », indispensable au bon fonctionnement d'une voix œsophagienne fluide et modulée. [108]

2. techniques d'apprentissage :

La réserve d'air naturellement présente dans les cavités buccales et pharyngées est comprimée volontairement et envoyée dans l'œsophage. L'action combinée de la poussée expiratoire sous l'action du diaphragme et de la sangle abdominale et de l'ouverture réflexe du néovibrateur grâce aux fibres cérébrospinale du X, fait remonter l'air en entraînant la vibration de la bouche œsophagienne : c'est l'éruktion contrôlée. Même si l'action de l'ouverture de la bouche œsophagienne est réflexe, la quantité d'air comprimée, la maîtrise de la coordination entre l'éruktion et la respiration et de la posture supposent un contrôle volontaire du sujet.

2.1. Principe de la voix œsophagienne :

Dans la voix oro-œsophagienne, le temps actif est celui de l'entrée de l'air. Le temps proprement phonatoire qui correspond à la sortie de l'air est plutôt passif. Le sujet doit apprendre à laisser se produire l'éruktion. Ceci pose un problème dans la mesure où c'est l'inverse qui a lieu dans la voix laryngée où le sujet inspire sans effort et mobilise une certaine énergie au moment de la phonation.

C'est sûrement là une des raisons qui rendent la voix oro-œsophagienne parfois difficile à apprendre. Une autre raison est le fait que l'éruktion est ressentie comme malséante et que son émission fait l'objet d'inhibition d'origine sociale.

A ce principe de l'éruktion contrôlée, il convient d'ajouter deux objectifs importants. Le premier concerne l'acquisition de L'INDEPENDANCE DES SOUFFLES : le sujet devra apprendre à éviter de solliciter involontairement le souffle trachéal lors

de la phonation. Le second concerne la PRESERVATION DE L'ARTICULATION DES CONSONNES susceptible d'être dénaturée par l'effort.

2.2. Modalités d'apprentissage :

L'apprentissage de la voix oro-oesophagienne commence lors de l'hospitalisation du patient dès l'ablation de la sonde naso-gastrique, et ce pour éviter l'apparition de certaines « mauvaises habitudes » (telles que chuchotage et grenouillage) et d'arriver plus vite à un meilleur résultat. Elle se continue après la sortie du patient au moyens de consultations ambulatoires chez l'orthophoniste ou le phoniatre.

Il convient cependant de ne pas se précipiter par principe. En effet , quelques semaines sont parfois nécessaires pour refaire psychologiquement surface après une intervention souvent choquante. De plus, la période de radiothérapie qui suit le plus souvent l'intervention n'est pas favorable à la rééducation du fait des réactions inflammatoires.

Dans la pratique, on observe qu'on général un certain laps de temps s'écoule entre l'intervention et le début réel de la rééducation.

2.3. Techniques d'apprentissage :

Plusieurs méthodes peuvent être utilisées. Elles ont toutes leurs avantages et leurs inconvénients, mais le but reste toujours le même.

Les procédés se regroupent selon les méthodes phonétiques choisies en deux classements différents [109, 110]

- ü Les procédés d'éructation contrôlée,
- ü La méthode « Hollandaise » ou des consonnes injectantes ou de l'injection.

2.3.1 . Procédés de l'éruclation contrôlée :

- La méthode de déglutition (Gutzmann, 1909) :

C'est la technique la plus ancienne. Elle consiste à faire déglutir de l'air en s'aidant éventuellement d'eau gazeuse. Elle a longtemps été pratiquée en France et y est encore appelée « méthode classique ».

L'éruclation, lente à se faire et mal contrôlée, est souvent massive. Par ailleurs, les recharges de l'œsophage par déglutition ne sont pas reproductibles rapidement. [79]

En raison du déclenchement d'une série de reflexes propres à la déglutition, le procédé entraîne des coupures longues dans l'émission sonore. Malgré sa facilité d'exécution, elle est à éviter, car ses inconvénients sont nombreux : ballonnement digestif, voix saccadée et rocailleuse. Ce procédé peut être utilisé lorsque l'apprentissage des autres techniques a totalement échoué. [79, 109, 110]

- L'inhalation de SEEMAN (1922):

Appelée encore « succion » par DAMSTE et « happage » par POMMEZ. Pendant l'inspiration, le patient fait pénétrer l'air dans son œsophage en utilisant les pressions négatives intra-thoraciques. [109, 111] L'éruclation se produit à partir d'une contraction costo-diaphragmatique. L'inspiration forcée est à éviter, car elle nécessite des efforts respiratoires importants et s'accompagne d'un souffle trachéal bruyant. Bien pratiqué, il s'agit d'un procédé de phonation naturel car la synergie phono-respiratoire y est bien utilisée.

- Les blocages (Ecole de Marseille, 1970):

Cette méthode est née probablement du désir d'obtenir, d'abord et avant tout, des éruclations volontaires. Le début de la mise au point de cette méthode coïncide avec les débuts de la pratique de la rééducation par séjours de plusieurs semaines en maisons spécialisées en France (1962).

La technique consiste à faire acquérir au laryngectomisé un processus s'approchant de celui de la succion. Le principe utilisé est celui de la pression glosso-pharyngienne décrite par DAMSTE. On appelle le mécanisme « blocage », car les muscles se bloquent dans une position optimale pour créer une hyperpression dans la cavité supra-oesophagienne permettant ainsi la pénétration d'air dans l'oesophage. Ensuite, par une poussée inverse, grâce à l'élasticité de l'oesophage et avec l'aide d'une légère poussée abdominale, l'air remonte de façon sonore : c'est l'éructation contrôlée. [79, 109]

Les blocages se réalisent en des points variés :

- Le blocage postérieur (ou succion) :

C'est la position articulaire du « K », qui consiste à refouler l'air vers l'oesophage par un mouvement de recul et d'ascension de la langue contre le voile, ou encore, en prononçant « kre » ou « krou », la bouche fermée.

- Le blocage antérieur : il s'obtient :

- ü Par compression des lèvres, première phase de déglutition ou position articulaire du « P ».

- ü Par appui rétro-incisif supérieur de la pointe de la langue ou position articulaire du « T »

Cette technique présente beaucoup d'avantage. L'air reste dans la partie haute de l'oesophage, son entrée sera rapide et sans effort. La durée brève des blocages permet de faire des recharges d'air avant chaque syllabe sans trop entraver le débit de la parole. Les qualités acoustiques de la voix sont agréables. [104]

Par ailleurs, lors de la réhabilitation de ces blocages il n'y a jamais de contraction du pharynx, ces mouvements étant associés à une flexion de la tête qui, au contraire, favorise la détente de la région pharyngo-oesophagienne. La difficulté

est ici inhérente à la finesse des mouvements demandés car le patient maîtrise souvent mal les praxies bucco-faciales.

L'éructation, dès qu'elle est automatisée et contrôlée, elle est travaillée pour former les voyelles. Dès lors, un apprentissage phonétique progressif et adapté peut être suivi. Le déroulement de cet enseignement a été établi à partir des deux constatations suivantes. [62]

- ü Il existe des sons facilement réalisables, d'autres sont plus difficile à produire.
- ü Les déformations phonétiques se retrouvent d'un individu à l'autre au même endroit.

2.3.2. L'injection ou méthode hollandaise (1952) :

Cette méthode est née des constatations faites par un laryngectomisé (J. Winter) de la plus grande facilité à produire les mots commençant par certaines consonnes, ce qui a amené grâce aux recherches de DAMSTE, à la découverte du phénomène de l'injection oesophagienne et de l'action injectante du mouvement articulaire des consonnes occlusives sourdes et fricatives sourdes.

Cette méthode oriente l'apprentissage dès le début vers l'utilisation des consonnes injectantes. Ainsi les premières productions vocales ne seront pas des voyelles isolées mais des syllabes commençant par des consonnes injectantes (pa, pe, pi..., ta..., ka..., fa..., sa..., cha...).

C'est la méthode adoptée en premier par l'orthophoniste du service.

La technique est basée sur le rôle injectant des consonnes occlusives. L'injection de l'air dans l'œsophage se fait grâce à l'occlusion de la cavité buccale et des lèvres, par la position articulaire d'une consonnes (P,T,K). Ensuite, la prononciation de (A, PA, TA, KA), ouvre la bouche et permet à l'air de ressortir.

Toutes ces méthodes sont d'actualité. Chacune est manipulée avec plus ou moins d'adresse par l'équipe des rééducateurs qui les connaissent toutes pour pouvoir s'adapter de manière optimale au patient.

Le but final reste le même : obtenir la voix oesophagienne. Les meilleurs parleurs font souvent un heureux mélange d'inhalation, de blocage et d'injection. Quant à la méthode de déglutition, elle doit être proscrite.

Une fois la voix oesophagienne obtenue, il faudra la perfectionner pour la rendre aussi parfaite que possible.

Cette perfection peut s'obtenir en améliorant [109, 113]

- ü La qualité du timbre,
- ü L'intensité et la régularité sonore,
- ü La fluidité et la rapidité du débit,
- ü La prosodie.

Tout en contrôlant deux défauts :

- ü Le souffle trachéal,
- ü Et le bruit d'injection.

Certains de ces patients progressent avec le temps, d'autres auront besoin d'un entraînement plus poussé et quelques-uns arrivent même à chanter

2.4. Le rôle de la respiration :

La respiration abdomino-diaphragmatique est importante pour pouvoir acquérir la voix oesophagienne, car elle facilite la réalisation des mécanismes de blocage et d'éruclation. [109]

- ü Pendant l'inspiration, les poumons augmentant de volume, le diaphragme s'abaisse et crée une pression négative dans l'œsophage.

ü En apnée (la fin d'une inspiration) la pression négative dans l'œsophage facilite l'entrée de l'air bucco-pharyngien, qui est à pression positive.

ü Pendant l'expiration, les poumons se vident, le diaphragme se relâche et remonte pour reprendre sa position initiale. Ceci facilite l'expulsion d'air de l'œsophage et donc l'éruption.

Une nouvelle synergie phono- respiratoire s'installe pendant l'acquisition de la voix oesophagienne.

La respiration thoracique pure sans participation abdomino-diaphragmatique ne permet pas cette facilitation du mécanisme de l'éruption.

Par ailleurs, il est souvent profitable d'associer à l'éruption vocale des séances de kinésithérapie respiratoire où des exercices respiratoires orientés.

2.5. Exercices associés :

2.5.1. Exercices de praxie :

Après l'intervention et surtout si associée à une radiothérapie certains patients ont des difficultés à mouvoir les lèvres, la langue et les mâchoires ce qui complique les mouvements de blocage et d'injection. Il est tout à fait courant de leur proposer des exercices de praxies bucco-linguales visant à améliorer :

- ü La mobilité linguale,
- ü La mobilité des lèvres,
- ü La mobilité des joues.

2.5.2. Exercices de relaxation :

Les laryngectomisés sont pour la plupart des sujets tendus et anxieux. Une rééducation respiratoire relaxante peut améliorer leur qualité de vie et les aider dans l'apprentissage de la voix oesophagienne.

MATERIEL
ET
METHODES

Notre travail est une étude prospective allant d'Avril 2009 à Avril 2011, portant sur les patients traités par laryngectomie totale ou pharyngo-laryngectomie totale pour un cancer avancé du larynx ou de l'hypopharynx, qui ont reçu leurs traitements complémentaires, déclarés en rémission et qui suivent un protocole de réhabilitation vocale au sein de l'unité de rééducation orthophonique du service d'ORL et chirurgie cervico-faciale du CHU Hassan II de Fès.

I. Protocole de réhabilitation vocale :

Comme beaucoup, nous pensons qu'il est important de commencer par une séance d'information sur la voix œsophagienne. Des schémas viendront soutenir les explications données. Nous faisons écouter au patient un enregistrement d'un patient qui a maîtrisé la voix œsophagienne, et dans la mesure du possible organisons des rencontres entre les nouveaux patients et les anciens.

Nous organisons le travail de rééducation de telle sorte à construire de petits groupes formés de patients qui ont des niveaux proches.

Le rythme de rééducation du patient après sa sortie de l'hôpital est d'une séance par semaine.

1. Le bilan orthophonique : anamnèse et évaluation des modes de communication :

Lors de la première rencontre avec le laryngectomisé, l'orthophoniste retrace son histoire et celle de sa maladie, et dresse un état des lieux des moyens de communication qu'il utilise. Ce bilan permet d'une part d'adapter la stratégie rééducative à chacun en fonction des différents éléments recueillis et d'autre part de décider si l'apprentissage de la voix œsophagienne peut débiter.

1.1. Anamnèse :

L'anamnèse renseigne l'orthophoniste sur l'état physique et psychologique du patient. Les éventuels obstacles à l'apprentissage de la voix œsophagienne sont ainsi détectés. Le thérapeute doit impérativement avoir connaissance des informations suivantes avant de commencer la rééducation :

1.1.1. L'opération :

- Quand le patient a-t-il été opéré et par quel chirurgien ?

La rééducation peut débuter dès la cicatrisation des tissus, c'est-à-dire entre la troisième semaine et la sixième semaine après la chirurgie, en moyenne.

- Quel type d'opération a été réalisé ?
- Le patient a-t-il bénéficié d'une reconstruction ?

Parfois, l'exérèse d'une tumeur étendue de la sphère ORL peut nécessiter une reconstruction par un lambeau. En effet, la présence d'un lambeau peut perturber le processus d'acquisition de la voix.

- Existe-t-il des chirurgies associées ?

D'autres chirurgies peuvent être associées à la laryngectomie totale : la glossectomie ou pelvi-glossectomie, l'oesophagectomie..... . Chaque chirurgie est susceptible d'entraîner des difficultés supplémentaires lors de la prise en charge.

1.1.2. Le patient bénéficie t-il d'une radiothérapie et/ ou d'une chimiothérapie associée(s) ?

Ainsi, les effets indésirables peuvent se manifester et compliquer l'acquisition de la voix œsophagienne, la radiothérapie entraîne une induration des tissus, une hyposialie et retarde la cicatrisation des tissus.

1.1.3. Existe-t-il des troubles neurologiques associés ?

L'orthophoniste répertorie tous les troubles susceptibles d'entraver l'acquisition de la voix œsophagienne, notamment : une paralysie faciale (VII), une paralysie linguale (XII), une paralysie de l'épaule (XI), une hypoacousie ou des troubles mnésiques.

1.1.4. Le patient veille-t-il lui-même à l'hygiène de son trachéostome ?

Juste après l'opération le patient doit porter une canule afin de calibrer l'orifice de la trachée. Il la gardera jusqu'à cicatrisation complète du trachéostome. Les soins de la canule sont d'abord pratiqués par l'infirmier, puis le patient doit apprendre à nettoyer et à changer la canule lui-même. Il est également conseillé au patient de porter une protection trachéale ou un nez artificiel, ce qui permet de filtrer l'air à l'inspiration et de retenir les mucosités à l'expiration.

1.1.5. Comment le patient s'alimente-t-il ?

Il est possible que le patient ne puisse pas encore s'alimenter per os. Il a alors recours à une alimentation entérale (sonde naso-gastrique ou sonde de gastrostomie) ou parentérale (intraveineuse). Il est important pour l'orthophoniste de connaître la cause de cette aphagie (pharyngostome, sténose de l'œsophage...)

Le patient qui mange à nouveau doit indiquer quand la reprise alimentaire a eu lieu, en quelle texture il s'alimente (mixée, molle, hachée ou normale, avec ou sans liquide) et en quelle quantité. Des compléments alimentaires peuvent pallier une alimentation orale insuffisante.

1.1.6. Quelles sont les complications existantes ?

Certains phénomènes peuvent rendre difficile l'acquisition de la voix œsophagienne notamment la présence d'un reflux gastro-œsophagien, d'une mucite ou d'une édentation complète.

1.1.7. Existe-t-il des contre-indications à l'apprentissage de la voix œsophagienne ?

La principale contre-indication est la présence d'un pharyngostome ou fistule pharyngo- trachéale. Il faut donc attendre la cicatrisation complète du pharyngostome avant d'exercer une pression d'air dans l'œsophage.

1.1.8. Quel est l'état psychologique et intellectuel du patient ?

L'orthophoniste doit s'assurer que le patient a bien compris l'opération dont il a bénéficié et les conséquences fonctionnelles qu'elle implique. La motivation de patient et le soutien de l'entourage sont des éléments indispensables à la réussite d'une rééducation.

1.2. L'évaluation des modes de communication :

La personne qui vient d'être opérée d'une laryngectomie totale se retrouve brutalement privée de la parole, ce qui bouleverse sa vie sociale, familiale et professionnelle. Le laryngectomisé doit utiliser tous les moyens de communication possibles pour continuer à échanger avec les autres. Le bilan met en évidence le mode d'expression privilégié du patient.

1.2.1. Les praxies, la posture, la respiration :

L'examen des praxies bucco-faciales permet de savoir si la motricité de la langue, des lèvres et des joues est préservée, élément indispensable à une articulation correcte. L'orthophoniste évalue également la posture et le mode respiratoire du patient.

1.2.2. Le langage écrit :

Certains patients communiquent en écrivant sur une ardoise, ou sur un carnet, qu'ils gardent avec eux en permanence.

1.2.3. La voix chuchotée :

D'autres patients « chuchotent » : ils articulent les mots comme avant, sauf qu'il n'y a plus de souffle ni de son. Ce chuchotement peut être de très bonne qualité mais ne permet pas de se faire entendre en toutes circonstances.

2. Le déroulement des séances de rééducation :

2.1. Exercice d'indépendance du souffle :

Ils ont pour but de mettre en jeu l'air de la bouche d'une façon complètement indépendante et contrôlée de l'air pulmonaire à l'aide des phonèmes injectantes :

- F, S, CH
- P, T, K
- P, F, R

Ceci permet de contrôler le souffle trachéal lors de la phonation qui peut être plus ou moins fort et peut couvrir la voix empêchant l'interlocuteur de comprendre aisément ce qui est dit.

2.2. Les praxies bucco-faciales :

- Ouvrir, fermer la bouche.
- Tirer la langue en haut puis en bas.
- Gonfler les joues.
- Passer l'air entre les joues.
- Balayer le palais d'avant en arrière.
- Mettre la langue contre les dents inférieures.
- Mettre la langue contre les dents supérieures.
- Claquer la langue.
- Balayer les lèvres avec la langue.

2.3. Répétition des mots contenant les phonèmes injectantes :

- Krak, krok, krik.
- Chak, chok, chik.
- Sac, soc, sic.
- Fach, foch, fich.
- Pak, pok, pik.
- Tak, tok, tik.
- Tach, toch, tich
- ...

On commence l'apprentissage des différents moyens de blocage : soit en pressant les lèvres, soit en appliquant la pointe ou la base de la langue au palais. Il faut comprimer l'air intra-oral en arrière comme s'il s'agissait de gober quelque chose tout rond. Un bruit signe l'entrée de l'air dans l'œsophage, c'est l'inructation.

Il faut souvent utiliser des moyens facilitateurs : pincer les narines (ce qui évite la fuite par le nez, chose qui est fréquente) et incliner la tête comme pour saluer. En cas de difficultés importantes, et si l'avancée de la cicatrisation le permet, nous utilisons une poire d'insufflation : l'extrémité est introduite dans la bouche, les lèvres sont fermées dessus, et en appuyant sur le réservoir, l'air est chassé vers l'œsophage. Le patient peut ainsi se familiariser avec la sensation produite par l'introduction de l'air à ce niveau.

2.4. L'éructation :

Les premières éructations sont lorsque le mécanisme d'entrée de l'air semble compris : on travail bouche bien ouverte, sur la voyelle /a/, avec une petite contraction abdominale, comme pour un mini-vomissement. Par la suite, d'autres voyelles sont abordées, le /i/ et le /u/ étant en général les plus difficiles à obtenir. C'est le stade des voyelles isolées.

Il peut être nécessaire de rapprocher les structures pharyngées ou œsophagiennes en appuyant le bout des doigts en regard de la zone dévolue à la vibration.

Dès le début, le patient s'entraîne à bien contrôler sa respiration. Voici le déroulement des actions :

Inspiration \Longrightarrow apnée + blocage \Longrightarrow expiration + éruclation

Quand il y a un fort souffle trachéal, on fait apprendre au patient d'expirer après l'éruclation.

C'est à ce stade que les opérés peuvent rencontrer les plus grosses difficultés. Si le sphincter supérieur de l'œsophage se relaxe difficilement, on pourra tenter d'y apporter une solution, de la plus simple (les myorelaxants) aux plus élaborées (dilatation œsophagienne, injection de toxine botulique in situ, ...)

Lorsque le patient maîtrise l'éruclation on passe à l'émission des sons de plus en plus complexes.

- Débuter avec les phonèmes.
- Puis, passer aux mots.
- Après, passer aux phrases.

2.5. Le perfectionnement :

Pour améliorer les premiers acquis, on s'attachera à :

- Surveiller la finale des mots, souvent désonorisée,
- Eviter le parasitage par une fausse consonne à l'incise (due au relâchement des lèvres ou de la langue après la prise d'air),
- Travailler les sons difficiles (en particulier les nasales), la différenciation sourdes/ sonores, les groupes consonantiques,
- Travailler la fluidité (groupement des syllabes, souplesse et choix du moment de la prise d'air, etc.),

- Travailler la prosodie, à l'aide de textes, voire même de chansons.

2.6. Les paramètres sur lesquels travaille l'orthophoniste :

2.6.1. La régularité sonore :

Elle vise à obtenir la sonorisation de toutes les syllabes dès le début de l'apprentissage. Un rythme lent et syllabé permettra une prise d'air suffisante pour la sonorisation de chaque syllabe ou mot. La difficulté est de maintenir cette régularité du son au fur et à mesure que le débit s'accélère. L'orthophoniste aidera le patient à évaluer ses possibilités de longueur d'émission, notamment par des exercices de répétition ou de lecture à voix haute. Le patient doit acquérir l'automatisme de recharger plus régulièrement l'œsophage en air pour obtenir une sonorisation constante.

2.6.2. L'articulation et l'intelligibilité :

Certaines techniques de rééducation facilitent la production de certaines consonnes comme les occlusives bilabiales, alvéodentales et palatovélaires. En revanche, certains sons vocaliques ou consonantiques favorisent les mécanismes de forçage et de tensions musculaires :

ü Les voyelles [i], [y], [u] et les voyelles nasales

ü Les consonnes nasales [m], [n], [ŋ]

ü Les constrictives alvéolaires et post-alvéolaires [s], [ʃ] et leurs correspondantes voisées.

ü La constrictive uvulaire [R]

ü Les groupes consonantiques.

La différenciation de certains traits articulatoires est aussi difficile à obtenir comme la distinction des consonnes sourdes et sonores. Par ailleurs, selon la position du son dans le mot ou dans la phrase et les phénomènes de co-articulation, la régularité sonore peut être altérée, notamment sur la finale des mots où la réserve

d'air œsophagien s'épuise. Enfin, certaines techniques comme l'injection ou le blocage entraînent le parasitage de la consonne initiale. Le patient doit alors apprendre à dissocier suffisamment la prise d'air de l'émission vocale. Toutes ces difficultés seront travaillées dans les exercices de répétition.

2.6.3. L'intonation :

Elle consiste à donner à la parole une modulation expressive grâce à la variation de hauteur. Ces variations de hauteur sont possibles sous l'effet de la pression d'air sous-œsophagienne et de la tonicité du néovibrateur mais elles n'excèdent que rarement une tierce.

2.6.4. L'intensité :

Le niveau sonore en voix œsophagienne (entre 55 et 65 décibels) est inférieur à celui de la voix laryngée car le néovibrateur est alimenté par l'air œsophagien, soufflerie très limitée. L'intensité nécessite le contrôle de la tension du néovibrateur et l'augmentation du volume d'air à sa remontée avec le soutien des muscles abdominaux. En voix œsophagienne, l'intensité est fortement corrélée à sa fréquence. Le patient ne peut faire varier l'intensité sans faire varier sa fréquence. Intonation et intensité sont souvent travaillées conjointement.

2.6.5. L'esthétique et le timbre :

Le timbre de la voix est difficilement modifiable. Il peut évoluer avec la maîtrise progressive de la voix œsophagienne et la détente globale et locorégionale liée à l'aisance de son utilisation. Il est important de rappeler au patient la priorité de retrouver un outil de communication sur les critères esthétiques de la voix œsophagienne. Le travail de deuil de la voix laryngée conditionnera l'acceptation de cette nouvelle voix.

II. L'évaluation de la voix œsophagienne :

Comme dans toute pratique rééducative, évaluer les acquis en voix œsophagienne est nécessaire pour le praticien et important pour les patients. On ne peut évidemment pas raisonner pour cette appréciation comme on le ferait dans le cas des dysphonies. La voix œsophagienne est estimée satisfaisante lorsqu'elle permet une intelligibilité correcte dans les conditions moyennes. L'appréciation devrait se faire avant tout là-dessus, mais ce n'est pas une chose aisée à quantifier.

1. Protocole d'évaluation acoustique :

L'évaluation a porté sur des enregistrements itératifs tous les 6 mois à l'aide d'un corpus de voyelles et de consonnes et un autre corpus de mots et parole connectée en arabe et en français.

1.1. Corpus d'évaluation :

- Le malade a été tenu de prononcer des voyelles tenues /a/ & /i/ pendant 5 secondes (ou aussi longtemps que possible).
- Prononciation de consonnes :

En fonction du tableau phonétique international chaque patient a été tenu de prononcer des consonnes antérieures et postérieures en arabe et en français.

Table 3 : Tableau phonétique international des consonnes

	bilabiales	labiodentales	dentales	alvéolaires	post-alvéolaires	rétroflexes	palatales	vélaires	uvulaires	pharyngales	glottales
Occlusives	p b			t d		ʈ ɖ	c ɟ	k ɡ	q ɢ		ʔ
Nasales	m	ɱ		n		ɳ	ɲ	ŋ	ɴ		
Vibrantes				r				ʀ			
Battues		v		ɾ		ɽ					
Fricatives	ɸ β	f v	θ ð	s z	ʃ ʒ	ʂ ʐ	ç ʝ	x ɣ	χ ʁ	ħ ʕ	h ɦ
Fricatives latérales				ɬ ɮ							
Approximantes		ʋ		ɹ		ɻ	ɻ	ɰ			
Approximantes latérales				l		ɭ	ʎ	ʟ			

- Prononciation de mots :

Un bloc de mots en arabe et un autre en français ont été établis avec un seul souci celui de contenir des consonnes injectantes.

Table 4 : corpus de mots en arabe et en français.

Mots en arabe	Mots e français
كمان	Cabinet
كرة	Café
كرسي	Chocolat
لبن	Copie
مركب	Plaque
سمكة	Magique

- Prononciation de phrases simples :

Table 5 : corpus de phrases en arabe et en français.

Phrases en arabe	Phrases en français
هذا مركب كبير	C'est la bonne longueur
تقفز سعاد على الحبل	Je veux une glace

- Lecture d'un texte : réservé à la phase finale de perfectionnement de la voix œsophagienne.

1.2. Matériel d'enregistrement :

Nous avons utilisé un dictaphone numérique avec une fréquence d'échantillonnage de 44.1KHz permettant de préserver le maximum d'informations portées par les ondes acoustiques.

1.3. Conditions d'enregistrement :

L'enregistrement a été réalisé dans une pièce calme, nous avons retenu la meilleure performance de cinq prononciations consécutives de chaque item. Le dictaphone a été placé à 10cm de la bouche du patient.

1.4. L'outil d'analyse objective :

Nous avons développé en collaboration avec l'ENSA de Tanger, une application informatique de traitement numérique du signal acoustique moyennant le logiciel de traitement matriciel MATLAB. Cette application nous a permis de calculer les perturbations dans le domaine temporel (jitter, shimmer), fréquentiel et aussi spectral.

C. Appréciation de la qualité de vie liée à la voix :

La qualité de vie liée à la voix a été estimée par le questionnaire V- RQOL (Voice-Related Quality of Life).

Nous avons inclus onze patients.

RESULTATS

ET

ANALYSE

Notre étude a porté sur le suivi des aspects acoustiques de la voix œsophagienne chez onze laryngectomisés en cours de réhabilitation vocale à l'unité de réhabilitation orthophonique du service ORL et chirurgie cervico-faciale du CHU Hassan II de Fès.

C'est une étude prospective qui s'est étalée sur 02ans d'Avril 2009 au mois d'Avril 2011. Seuls les patients qui avaient adhéré au protocole de réhabilitation ont été inclus.

I. Données épidémiologiques :

1. Age :

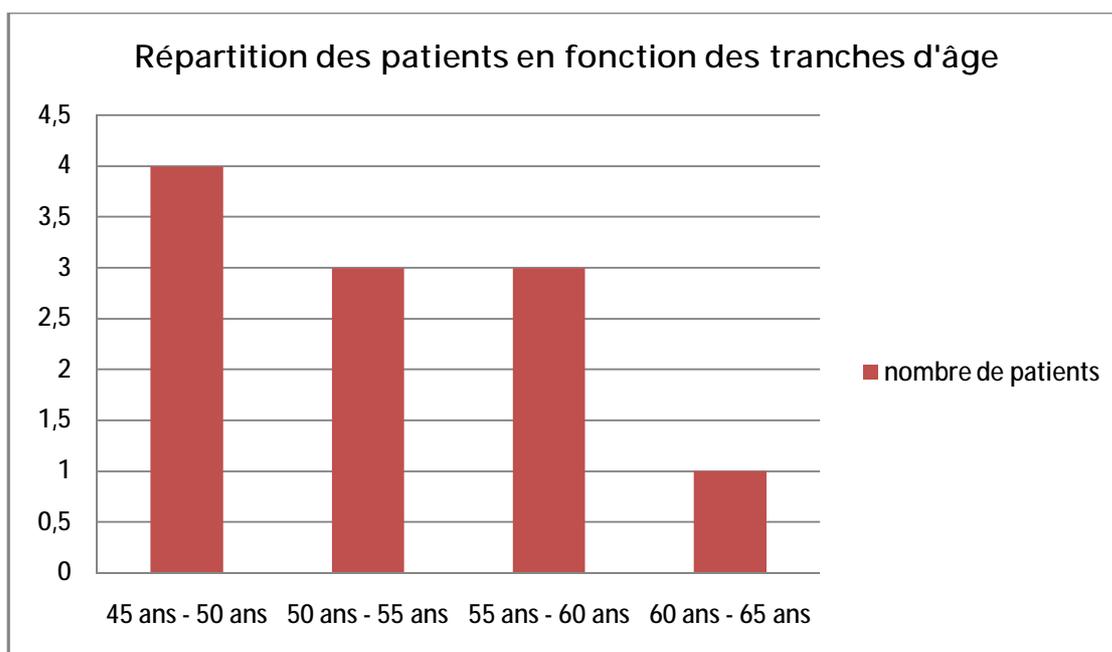


Figure 35 : Répartition des patients en fonction des tranches d'âge

- ü La médiane d'âge est de 53 ans avec des extrêmes allant de 45 à 61 ans.
- ü La moyenne d'âge est de 52,8 ans.
- ü Dans notre échantillon les patients âgés de plus de 60 ans sont minoritaires (9%).

2. Le sexe :

Tous les cas ayant participé à notre étude sont de sexe masculin. Aucun cas de laryngectomie totale chez une femme n'a été réalisé dans le service durant la période de l'étude, et bien que nous ayons réalisé une laryngectomie totale chez onze femmes pour carcinome épidermoïde du larynx entre 2004 et 2007, nous n'avons pu contacter aucune d'entre elles.

3. Le niveau culturel :

La majorité de nos patients n'ont pas reçu d'enseignement fondamental (6 patients soit 55% de notre échantillon).

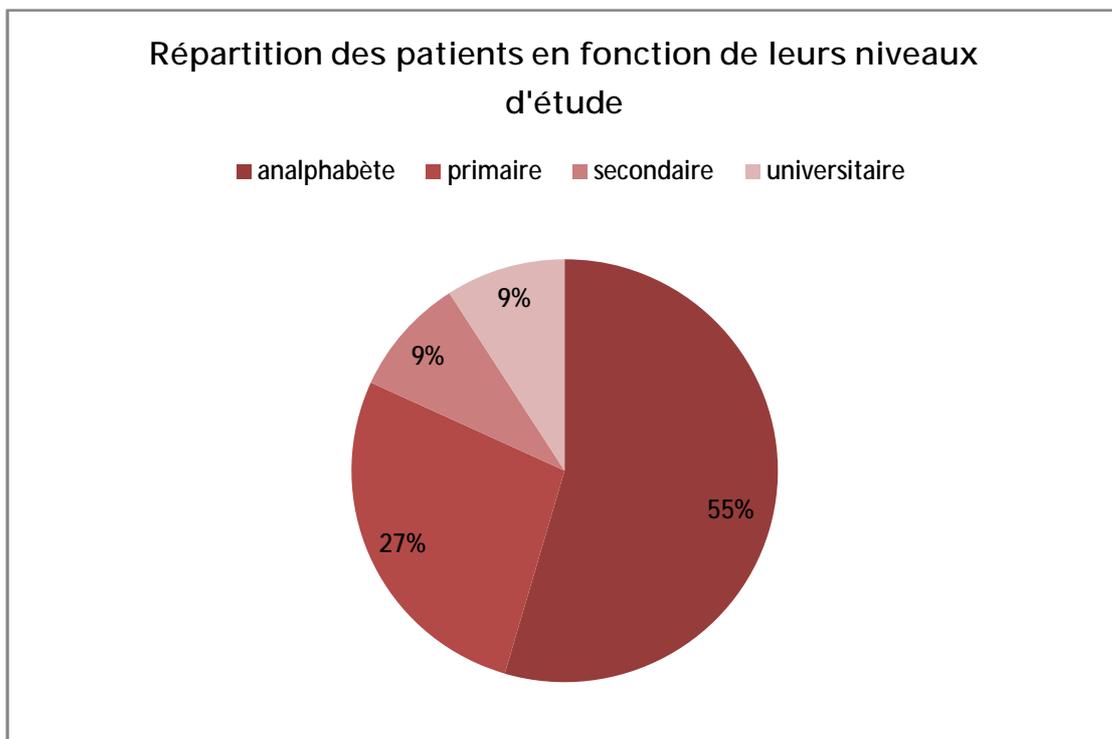


Figure 36 : Répartition des patients en fonction de leurs niveaux d'étude.

Ainsi le langage parlé reste le moyen princeps de communication.

4. La profession :

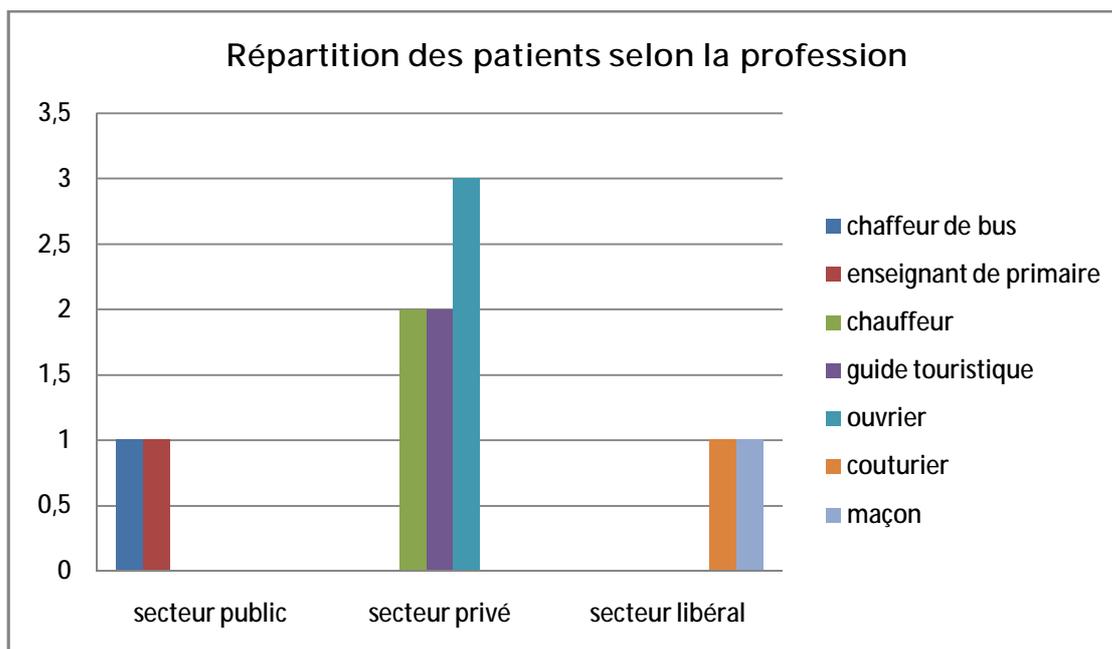


Figure 37 : Répartition des patients selon la profession

La majorité des patients de notre échantillon travaillait dans le secteur privé (64% des cas).

5. Situation familiale et niveau socio-économique :

Tous nos patients étaient des pères de famille, dont la majorité était de bas niveau socio-économique.

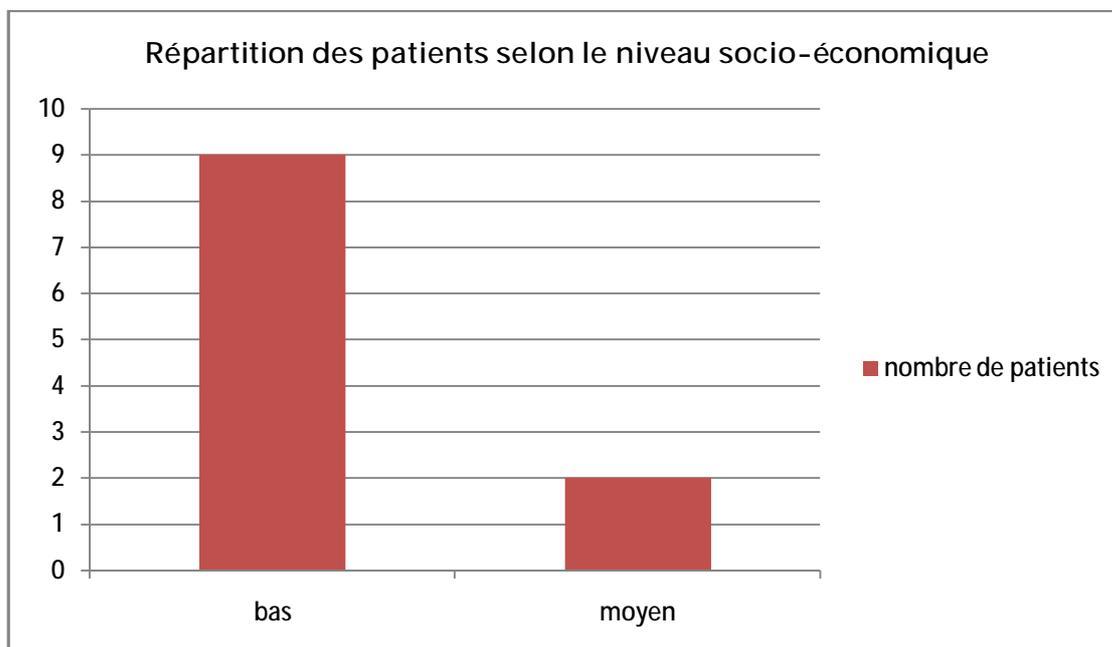


Figure 38 : Répartition des patients selon le niveau socio-économique

6. Facteurs de risque :

Table 6: les facteurs de risque de cancer du larynx retrouvés dans notre série.

	Alcool	Tabac	Irradiation cervicale	Hygiène bucco-dentaire défectueuse	Exposition à un oncogène chimique
Nombre de cas	4	11	0	3	0

L'état bucco-dentaire était défectueux chez trois de nos patients qui ont bénéficié de soins dentaires avec extractions des dents cariées avant la radiothérapie.

II. Les informations concernant la maladie :

L'indication de la laryngectomie était un carcinome épidermoïde du larynx.

1. Localisation et staging de la tumeur :

Table 7 : sites de localisation de la tumeur chez nos patients

Localisation de la tumeur	Laryngo-trachéale			hypopharynx		Œsophage
	Sus-glottique	Glottique	Sous-glottique	Sinus piriforme	Région rétro-cricoidienne	
Nombre de cas	7	11	4	0	0	0

Classification TNM de l'UICC (2002)

Table 8 : staging de nos patients selon la classification TNM

TNM	T				N				M	
	T1	T2	T3	T4	NO	N1	N2	N3	MO	M1
Nombre de cas	0	0	0	11	4	4	3(N2C)	0	11	0

Table 9 : staging de nos patients selon la classification de l' AJCC 2002

Stade	Nombre de patients
Stade I	0
Stade II	0
Stade III	0
• IIIa	0
• IIIb	0
Stade IV	11
• IVa	11
• IVb	0

Tous nos patients étaient classés Stade IVa. Cependant la classification de l'AJCC (American Joint Comitte on Cancer) est peu utilisée en pratique clinique courante, l'indication thérapeutique a été essentiellement posée sur la classification TNM.

2. Thérapies néoadjuvantes :

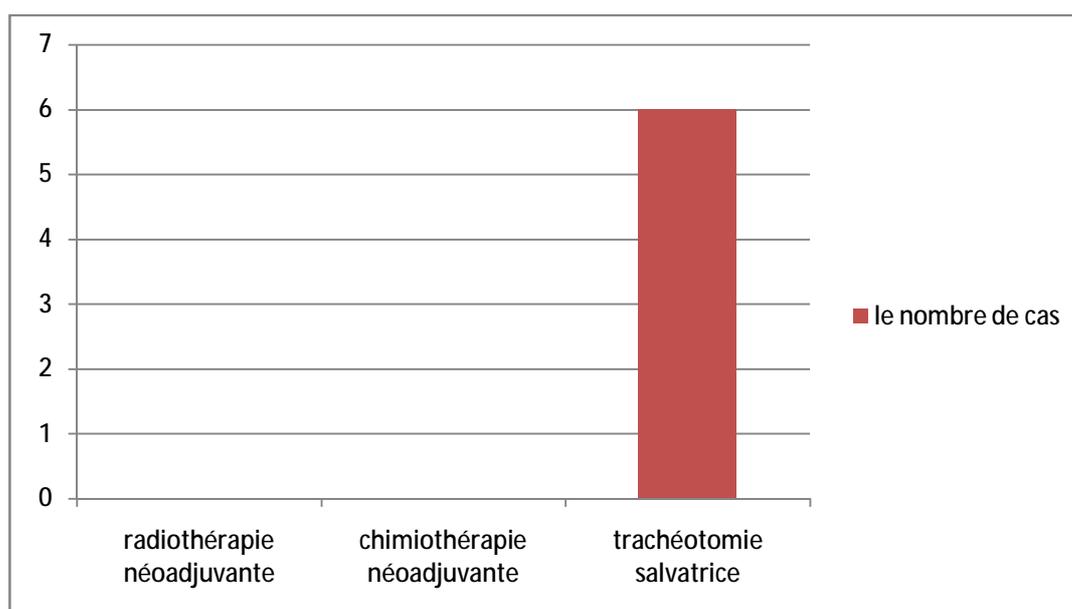


Figure 39 : les thérapies néoadjuvantes dont ont bénéficié les malades

3. 3. Intervention chirurgicale : figures (40-41-42-43)

3.1. La chirurgie tumorale :

Sept patients ont bénéficié d'une laryngectomie totale.

Trois ont bénéficié d'une laryngectomie totale élargie avec :

- Une subglossectomie chez deux patients,
- Une thyroïdectomie totale chez un patient,
- Une isthmolobectomie chez un patient.

Aucune pharyngectomie partielle ou totale n'a été jugée nécessaire. Par ailleurs la fermeture du pharynx a consisté en une fermeture en « T » avec capitonnage par les muscles sous hyoïdiens. Aucun renforcement systématique par un lambeau musculaire régional ou libre n'a été réalisé de principe.

3.2. La chirurgie ganglionnaire :

Dans notre série tous les patients ont bénéficié d'un curage ganglionnaire cervical des aires II a, II b, III, IV et V.

- Curage fonctionnel bilatéral chez 10 patients
- Curage fonctionnel associé à un curage radical emportant le muscle sterno-cléido-mastoïdien, la veine jugulaire interne et le nerf spinal chez un patient avec réparation de la perte de substance par un lambeau du muscle grand pectoral.

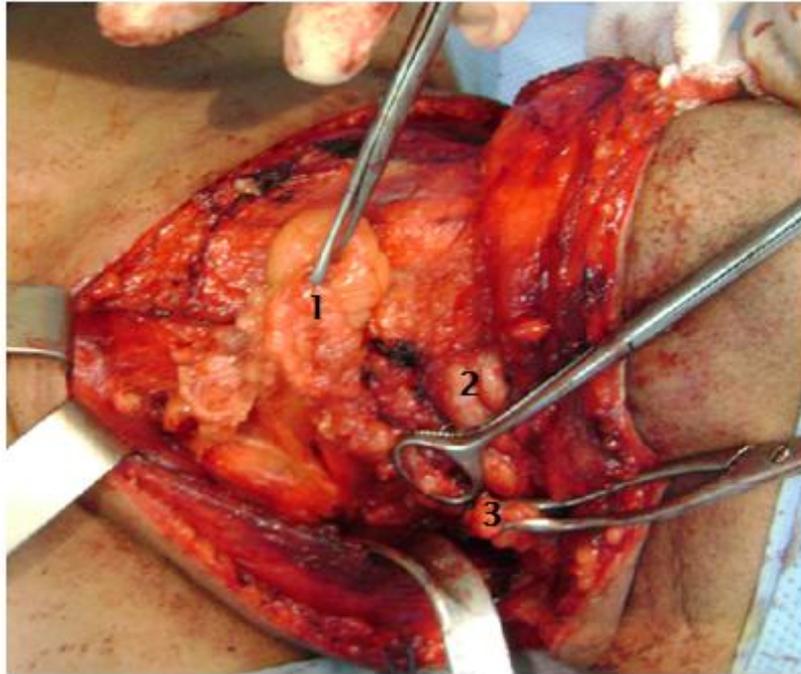


Figure 40 : curage ganglionnaire fonctionnel gauche. (Iconographie du service ORL et CCF de FES)

1 : triangle sus claviculaire- 2 : glande sous maxillaire gauche-
3 : triangle rétro-spinal gauche.

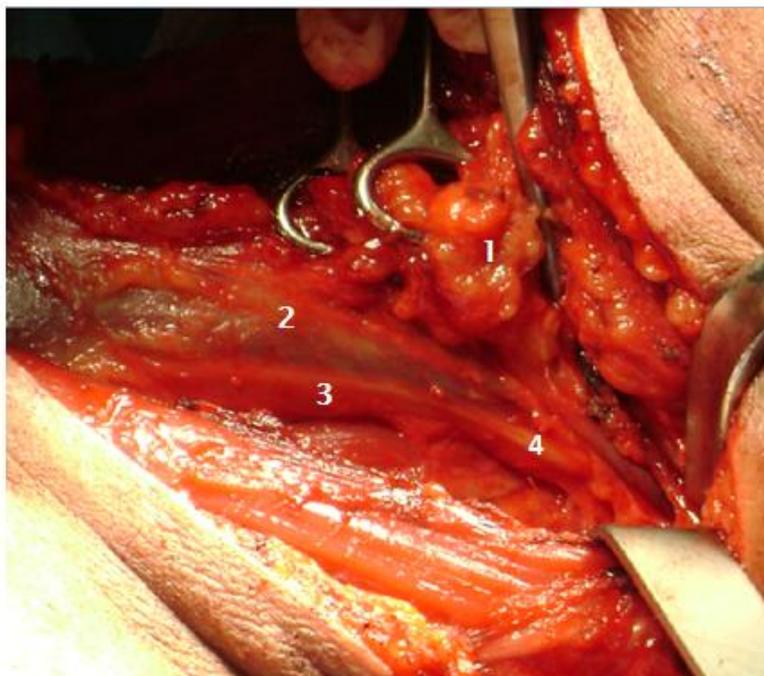


Figure 41 : curage fonctionnel gauche (Iconographie du service ORL et CCF de FES).

1 : triangle rétro-spinal- 2 : veine jugulaire interne- 3 : artère carotide interne- 4 :
nerf vague

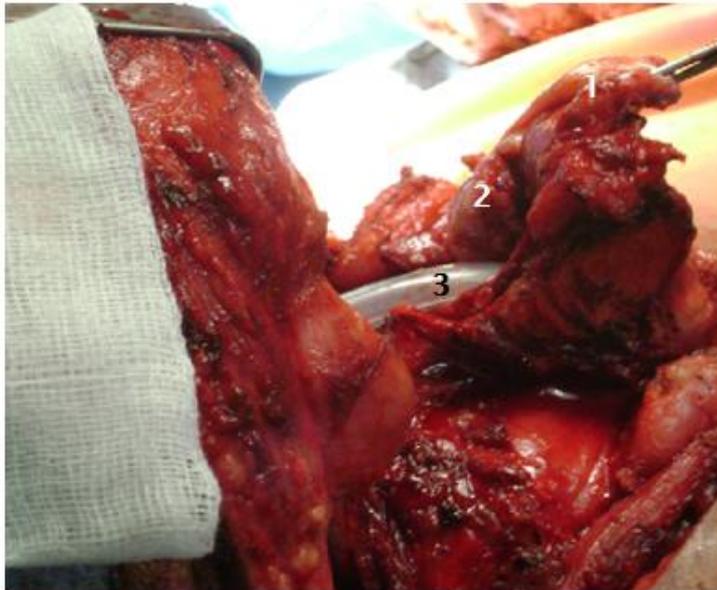


Figure 42 : réalisation de la laryngectomie totale (Iconographie du service ORL et CCF de FES).

1 : épiglotte- 2 : la tumeur- 3 : sonde d'intubation trachéale.



Figure 43 : reconstruction par un lambeau du grand pectoral (iconographie du service d'ORL et CCF de FES).

1 : lambeau grand pectoral- 2 : trachéostome.

4. Les résultats anatomo-pathologiques :

Le type anatomo-pathologique tumoral retrouvé chez nos patients était un carcinome épidermoïde bien différencié chez 8 patients (73%), et moyennement différencié chez 3 patients (27%).

Une effraction capsulaire des ganglions métastatiques a été retrouvée chez 3 patients ayant nécessité un surdosage de radiothérapie.

5. Evolution à court terme :

	Délais d'ablation de la sonde nasogastrique	Délais du premier essai vocal
Patient 1	13 ^e jours	7mois
Patient 2	15 ^e jours	2ans 6mois
Patient 3	12 ^e jours	5mois
Patient 4	30 ^e jours	2mois
Patient 5	30 ^e jours	2mois
Patient 6	14 ^e jours	1mois 1/2
Patient 7	30 ^e jours	6mois
Patient 8	15 ^e jours	4mois
Patient 9	12 ^e jours	2mois
Patient 10	12 ^e jours	5mois
Patient 11	15 ^e jours	4mois
La moyenne	18 jours	3mois 1/2

Le délai moyen de reprise d'alimentation par les voies naturelles est de 12 à 15 jours pour 6 de nos patients qui n'ont pas présenté de complication. Il est de 25 à 30 jours pour les patients ayant présenté des pharyngostomes.

Concernant le délai du premier essai vocal il est de 3mois ½ en moyenne, abstraction faite du patient qui a un délai anormalement prolongé de 2ans ½, ce patient fut opéré dans une autre formation.

6. La radiothérapie :

Tous nos patients ont reçus une radiothérapie complémentaire à visée curative. La dose reçue sur la tumeur varie entre 45 Gy et 65 Gy, la dose reçue sur les aires ganglionnaires varie entre 45 Gy et 60 Gy. Ces différentes doses sont fonction des résultats histologiques des pièces opératoires. La dose moyenne par séance est de 2 Gy, cinq séances par semaine.

7. Complications :

Table 10: les complications de la chirurgie et radiothérapie rapportées par nos patients

	Complications liées à la chirurgie		Complication liée à la radiothérapie	
	Pharyngostome	Paralysie du nerf spinal	Xérostomie	hypoacousie
Nombre de cas	3	1	11	4

Les pharyngostomes rapportés se sont déclarés au cours de la deuxième semaine du post opératoire entre 10^{ème} et 15^{ème} jours. Tous ces patients ont bien évolué sous traitement antibiotique, pansements compressifs et soins locaux biquotidiens.

Les complications post radiothérapie ont été dominées principalement par la xérostomie et l'hypoacousie qui était une surdité de perception pure symétrique sans signes cliniques d'otite séro-muqueuse associée. Par ailleurs aucun cas de dysphagie post radique n'a été rapporté dans notre série.

III. Les aspects de réhabilitation vocale :

1. Mode initial de communication :

Table 11 : mode de communication avant l'acquisition de la voix œsophagienne.

	Articulation muette	Communication gestuelle	Ecriture
Nombre de cas	6	11	5

2. la voix œsophagienne :

2.1. L'analyse objective :

2.1.1. L'analyse des perturbations en domaine temporel :

- L'analyse de l'évolution du shimmer moyen (en dB) pour la langue arabe et française et leurs corrélations respectives :

Table 12 : résultats du shimmer moyen pour chaque patient tout au long de la rééducation pour l'arabe et pour le français (avec le degré de significativité). Ar.= arabe ; Fr. = français

		3-6mois	6-9mois	9-18mois	18-24 mois	Corrélation entre 1 ^e et 4 ^e enregistrement (<i>p</i>)
Patient 1	Ar.	0,326	0,337	0,326	0,275	0,6
	Fr.	0,268	0,325	0,344	0,310	0,5
	<i>p</i>	0,07	0,1	0,06	0,08	
Patient 2	Ar.	0,273	0,269	0,266	0,324	0,5
	Fr.	0,250	0,272	0,253	0,238	0,4
	<i>p</i>	0,9	0,7	0,5	0,5	
Patient 3	Ar.	-	0,280	0,294	0,274	0,5
	Fr.	-	0,243	0,270	0,228	0,3
	<i>p</i>	-	0,5	1,2	0,9	
Patient 4	Ar.	0,273	0,298	0,301	0,329	0,4
	Fr.	0,294	0,285	0,317	0,312	0,3
	<i>p</i>	0,7	0,7	0,7	0,9	
Patient 5	Ar.	0,299	0,323	0,312	0,309	0,5
	Fr.	0,282	0,289	0,301	0,297	0,3
	<i>p</i>	0,7	0,6	0,9	0,9	
Patient 6	Ar.	0,385	0,375	0,319	0,346	0,5
	Fr.	0,331	0,315	0,301	0,314	0,3
	<i>p</i>	0,5	0,9	0,9	0,5	
Patient 7	Ar.	0,280	0,294	0,264	0,274	
	Fr.	0,243	0,270	0,261	0,228	0,7
	<i>p</i>	0,7	0,5	0,9	0,3	0,5
Patient 8	Ar.	0,276	0,301	0,329	0,298	0,3
	Fr.	0,321	0,317	0,312	0,345	0,9
	<i>p</i>	0,5	0,7	0,9	0,5	
Patient 9	Ar.	0,272	0,299	0,270	0,301	0,7
	Fr.	0,301	0,314	0,311	0,294	0,7
	<i>p</i>	0,3	0,5	0,4	0,9	
Patient 10	Ar.	0,280	0,294	0,329	0,298	0,7
	Fr.	0,243	0,270	0,312	0,345	0,5
	<i>p</i>	0,7	0,5	0,9	0,5	
Patient 11	Ar.	0,301	0,329	0,319	0,346	0,5
	Fr.	0,317	0,312	0,301	0,314	0,9
	<i>p</i>	0,7	0,9	0,9	0,5	

Les traitements statistiques de corrélation ont été réalisés par le test de « Student » avec une significativité fixée à 0,05.

Nous n'avons pas pu mettre en évidence de différence statistiquement significative dans les perturbations d'amplitude entre l'arabe et le français, ni de différence statistiquement significative du Shimmer entre le début et la fin de la rééducation. Cependant ces valeurs sont à interpréter avec précaution puisque le signal de la voix œsophagienne est une réalisation aléatoire, donc l'hypothèse de stationnarité garante de la fiabilité des résultats n'est pas remplie. De plus d'un point de vue perceptif les résultats « audio » des enregistrements montrent une amélioration franche.

Le Shimmer de la voix normale est au alentour de 0.9dB avec des extrêmes de 0.2 à 2.5 dB. [138] La moyenne de nos patients est de 0.314dB qui paraît très inférieure à la valeur normale, cependant c'est une valeur qui appartient à l'intervalle défini comme normal. En outre, l'étendue de cet intervalle et la dispersion de ses valeurs laisse à réfléchir sur la fiabilité et l'intérêt d'une telle comparaison.

- L'analyse de l'évolution du jitter moyen en Hz avec ses corrélations entre l'arabe et le français et tout au long de la rééducation:

Table 13 : évolution du jitter moyen pour chaque patient tout au long de la rééducation en arabe et en français (avec le degré de significativité) ; Ar.= arabe ; Fr. français.

		3-6mois	6-9mois	9-18mois	18-24 mois	Corrélation entre 1 ^e et 4 ^e enregistrement (p)
Patient 1	Ar.	-	0.6	0.63	0.818	0.035
	Fr.	-	0.32	0.387	0.545	0.037
	p		0.03	0.027	0.012	
Patient 2	Ar.	0.714	0.916	0.9	1.00	0.027
	Fr.	0.428	0.5	0.6	0.769	0.015
	p	0.025	0.014	0.035	0.035	
Patient 3	Ar.	0.7	0.815	0.876	0.9	0.04
	Fr.	0.5	0.623	0.708	0.76	0.045
	p	0.045	0.037	0.05	0.05	
Patient 4	Ar.	0.746	0.812	0.932	0.984	0.05
	Fr.	0.384	0.421	0.534	0.623	0.025
	p	0.035	0.025	0.035	0.045	
Patient 5	Ar.	0.957	0.989	1.12	1.27	0,05
	Fr.	0.545	0.632	0.674	0.698	0,05
	p	0.004	0.035	0.001	0,001	
Patient 6	Ar.	0.815	0.876	0.979	1.06	0.035
	Fr.	0.623	0.708	0.794	0.867	0.04
	P	0.035	0.05	0.045	0.045	
Patient 7	Ar.	0.744	0.892	0.972	1.34	0.006
	Fr.	0.384	0.431	0.539	0.723	0.005
	P	0.015	0.026	0.013	0.005	
Patient 8	Ar.	0.723	0.815	0.876	0.976	0,045
	Fr.	0.512	0.673	0.758	0.796	0.015
	p	0.03	0.035	0.05	0.045	
Patient 9	Ar.	0,937	1.08	1.132	1.257	0.05
	Fr.	0,55	0.625	0.674	0.698	0.05
	P	0.015	0.005	0.003	0.001	
Patient 10	Ar.	0.85	0.987	1.04	1.26	0.001
	Fr.	0,63	0.708	0.794	0.867	0.025
	p	0.035	0.015	0.002	0.005	
Patient 11	Ar.	0.765	0.962	0.952	1.30	0.005
	Fr.	0.4	0.511	0.632	0.79	0.015
	p	0.025	0.015	0.02	0.002	

Les traitements statistiques de corrélation ont été réalisés par le test de « Student » avec une significativité fixée à 0.05.

L'évolution du jitter moyen absolu rend compte de l'amélioration des propriétés vibratoires de la néoglote avec une différence significative entre le début et la fin de la rééducation ($p < 0.05$).

Aussi, il existe une différence significative des valeurs entre l'arabe et le français qui pourrait être en rapport avec les propriétés linguistiques de l'arabe. En effet, l'arabe est caractérisé par l'emphase qui correspond sur le plan articulatoire à un rétrécissement postérieur du pavillon pharyngo-buccal donnant lieu à un deuxième point articulatoire ce qui enrichi la structure formantique des productions vocales et exagère les perturbations fréquentielles. Cependant la valeur normale du jitter moyen pour la voix laryngée normale est supérieur à 83Hz ce qui rend compte de la pauvreté de la voix œsophagienne telle que mise en évidence par les moyens objectifs utilisés et rend caricaturale toute comparaison entre les deux.

1.2. L'analyse dans le domaine fréquentiel : la densité de puissance spectrale :

1.2.1. L'évolution de la moyenne des valeurs du fondamental et des formants

sous rééducation :

Table 14 : l'évolution de la moyenne de la valeur du fondamental et des formants tout au long de la rééducation pour tout l'échantillon (avec le degré de significativité).

		3-6mois	6-9mois	9-18mois	18-24 mois	Corrélation entre 1 ^e et 4 ^e enregistrement (ρ)
F0	Ar.	318	344	314	376	0.56
	Fr.	285	204	257	239	0.7
	ρ	0.035	0.025	0.035	0.045	
F1	Ar.	873	989	1026	852	0.6
	Fr.	1024	898	834	916	0.054
	ρ	0.035	0.025	0.015	0.045	
F2	Ar.	1995	2048	2103	2085	0.067
	Fr.	2081	1858	1830	1773	0.052
	ρ	0.042	0.025	0.015	0.015	
F3	Ar.	3046	3234	3251	3092	0.04
	Fr.	3159	3079	3090	2903	0.05
	ρ	0.05	0.045	0.045	0.03	
F4	Ar.	4092	4208	-	4128	0.035
	Fr.	4295	4125	4147	4055	0.025
	ρ	0.035	0.05	-	0.05	

L'évolution de la moyenne des valeurs de F0 et des formants montrent une évolution significative entre le 1^e enregistrement et le 4^{eme} enregistrement pour le 3^e et 4^e formant, témoin de l'amélioration des configurations des structures bucco-labiales tout au long de la rééducation. Cependant nous n'avons pas noté de différence significative pour la F0 et le 1^e et 2^e formant, ceci pourrait être expliqué par la rigidité des structures pharyngales et de la néoglote.

Par ailleurs une différence significative entre l'arabe et le français compte tenu des valeurs du fondamental et des formants pourrait être expliquée par les propriétés linguistiques de l'arabe notamment l'emphase.

1.2.2. Comparaison de la valeur moyenne du fondamental et des formants entre le 4^e enregistrement des patients et une population témoin, pour l'arabe :

Le groupe de témoins est constitué de 10 personnes saines ayant des critères épidémiologiques comparables à notre échantillon et qui ont un larynx de morphologie et de fonction normale.

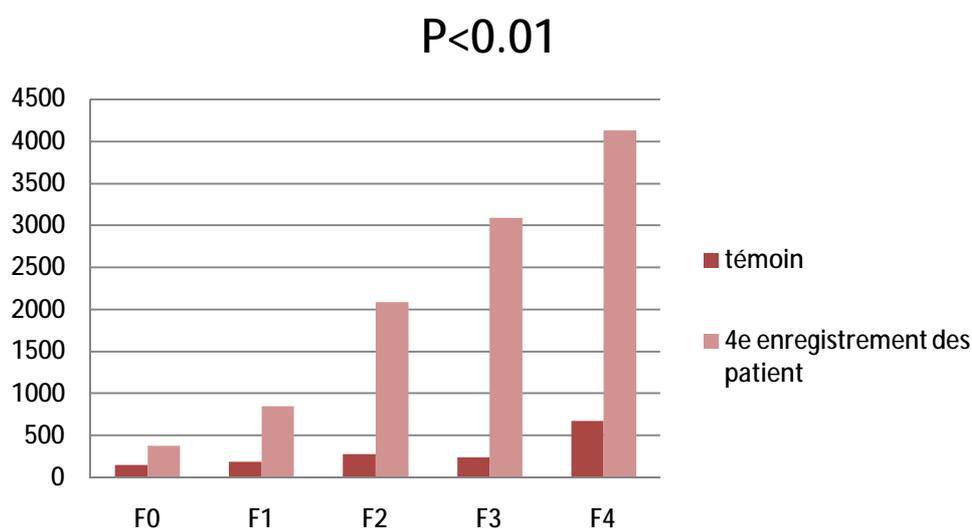


Figure 44 : comparaison de la valeur moyenne du fondamental et des formants entre le 4^e enregistrement des patients et les témoins pour l'arabe

1.2.2. Comparaison de la valeur moyenne du fondamental et des formants

entre le 4^e enregistrement et une population témoin, pour le français :

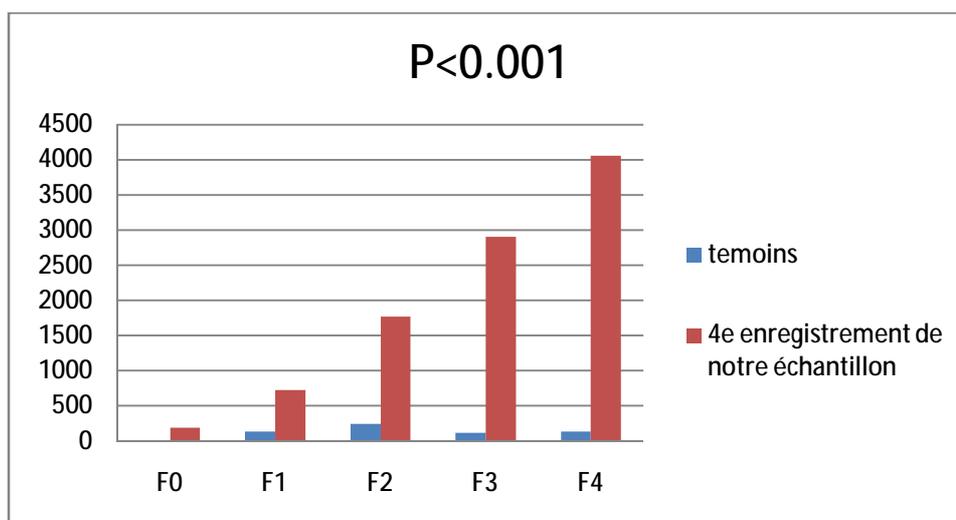


Figure 45 : comparaison de la valeur moyenne du fondamental et des formants entre le 4^e enregistrement des patients et la population témoin pour le français.

Ces graphiques mettent en évidence que la population des laryngectomisés présente des valeurs de fondamental et de formants plus aigues que les témoins.

1.3. L'analyse dans le domaine fréquentiel et temporel : (Figures 46a & 46b)

Cette analyse a été réalisée grâce au spectrogramme qui montre la disposition des composantes formantiques des différentes productions en fonction de leur intensité.

Sur les spectrogrammes de nos patients, il était possible de mettre en évidence un caractère saccadé de la production vocale, et d'isoler les productions vocales correspondantes aux consonnes occlusives qui apparaissent sous forme de plages blanches (absence de voisement). Cependant il était pratiquement impossible d'isoler les différents types de réalisations vocales vu un bruit de fond massif qui correspondrait au souffle trachéal quoique ce dernier n'était pas audible chez les patients en phase avancée de rééducation. Par ailleurs, nos enregistrements ont été

réalisés dans des pièces calmes et non complètement insonorisées ce qui pourrait expliquer le parasitage soulevé.

Les résultats obtenus grâce à une application informatique de traitement de signal développée en collaboration avec l'ENSA de Tanger sont disponibles sur le CD-Rom de l'application joint à ce rapport.

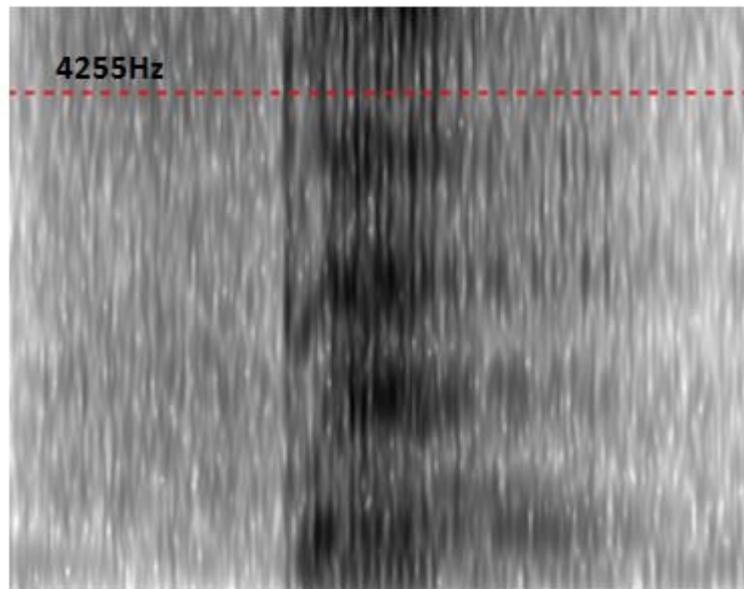


Figure 46a : Spectrogramme de la production 'te' pour un patient en fin de rééducation. Ligne rouge correspond à la fréquence de F4

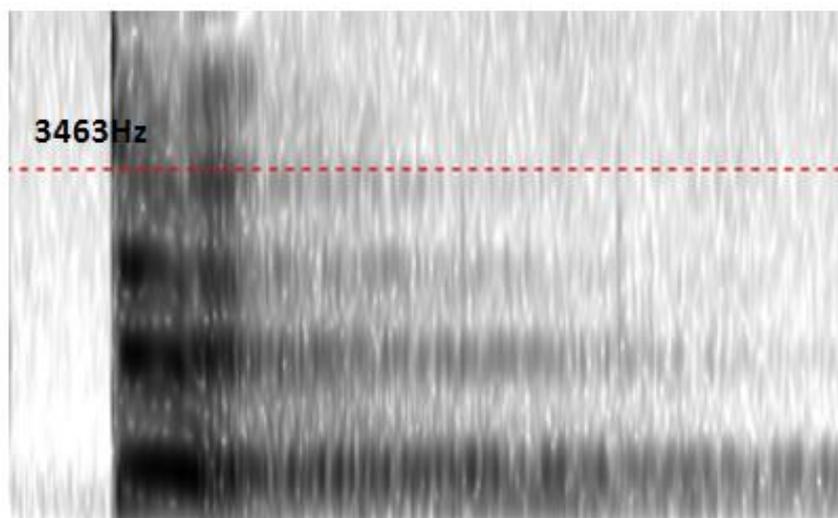


Figure 46b : même production pour un sujet normal. Remarquer l'étendue du voisement. F4=3463Hz.

3. Qualité de vie liée à la voix :

Nous avons choisi le questionnaire V-RQOL comme moyen d'auto-estimation de l'impact subjectif de la qualité de la voix œsophagienne sur la qualité de vie des patients.

Le V-RQOL (voice related quality of life) est un questionnaire court contenant uniquement 10 items qui couvrent les aspects émotionnels, physiques et fonctionnels de la vie du patient. C'est un moyen de mesure fiable pour plusieurs types de troubles de la voix, initialement utilisé pour le recensement de la qualité de vie des patients dysphoniques, il a été validé avec une reproductibilité significative pour l'appréciation de la voix œsophagienne et trachéo-œsophagienne.

Chaque patient répond en fonction de la pertinence ou la proximité de chaque élément à sa situation (allant de 1 = aucun de problème à 5 = la situation est « la pire qu'elle puisse être »). Le « V-score » ou le score global (overall score) s'étend de 10 (très mauvais) à 100 (excellent).

Ce questionnaire est normalement envoyé aux patients par courrier électronique ou auto-administré, cependant vu le pourcentage élevé d'analphabétisme dans notre échantillon et la non disponibilité d'un questionnaire V-RQOL en arabe dialectal marocain nous avons administré le questionnaire par un enquêteur et nous avons essayé de palier ce biais par l'administration du questionnaire par le même enquêteur pour tous les patients.

Dans notre série :

Table 15 : l'appréciation de l'autosatisfaction des patients vis-à-vis de leurs voix via

le V-RQOL

« V-score »	Nombre de patients	pourcentage
Satisfaisant à excellent (75- 100)	4	37%
Acceptable à satisfaisant (50-75)	4	37%
Médiocre à acceptable (25- 50)	2	17%
Insatisfaisant (0-25)	1	9%

- Quatre patients estimaient leur résultat fonctionnels satisfaisants à excellents soit 37% des cas.
- Cinq patients estimaient leurs résultats fonctionnels acceptables à satisfaisants soit 53% des cas.
- Trois patients estimaient leurs résultats insatisfaisants soit 26,5% des cas, ces patients avaient comme antécédent commun la notion d'un pharyngostome avec ablation de la sonde naso-gastrique au bout de 1mois et un surdosage de radiothérapie pour effraction capsulaire des ganglions métastatiques. Par ailleurs deux d'entre eux étaient complètement édentés sans dentiers.

4. Le devenir des patients :

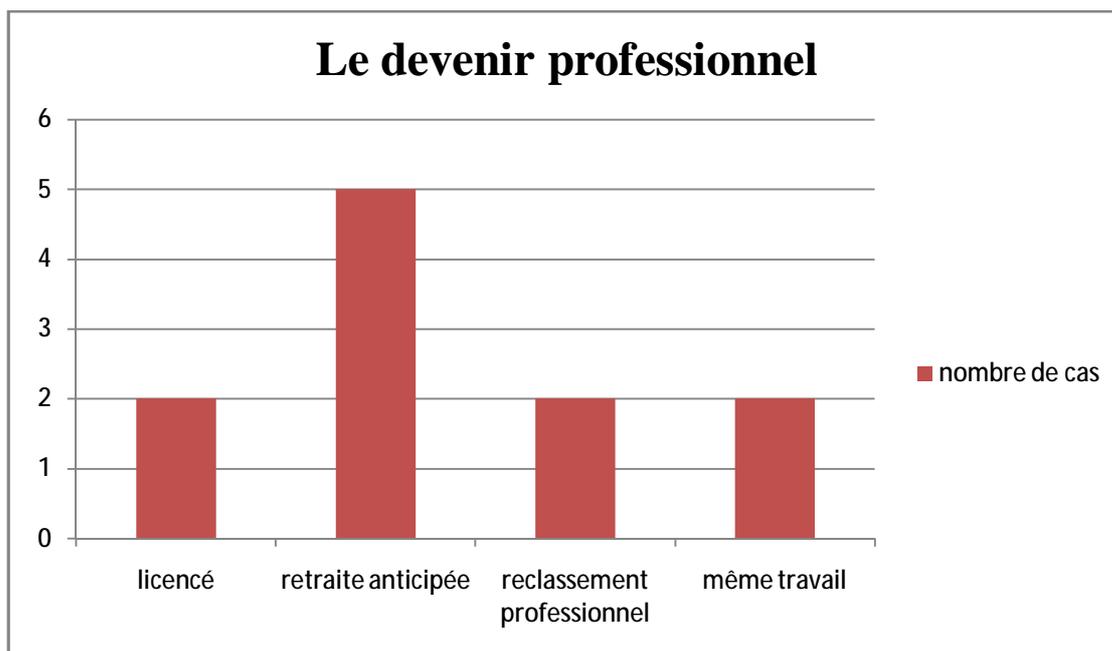


Figure 47: le devenir professionnel de nos patients

Les patients qui travaillaient dans le secteur public ont bénéficié d'un reclassement professionnel.

Deux patients qui travaillaient dans le secteur privé ont été licenciés, les autres ont bénéficié d'une retraite anticipée.

Les deux patients libéraux ont gardé le même travail.

Il va sans dire que la modification du statut professionnel des patients affecte considérablement leur qualité de vie tant sur le plan financier, social que psychologique.

Discussion :
Les aspects acoustiques de
la voix œsophagienne

I. La voix œsophagienne :

Le traitement des cancers du larynx est de plus en plus orienté vers la préservation de la fonction vocale, le maintien d'une qualité de vie, la meilleure possible, et en même temps l'augmentation du taux de survie des patients. Ceci est réalisé grâce aux progrès de la chirurgie partielle endoscopique ou à ciel ouvert et le développement de protocole de radiochimiothérapie de préservation d'organe. Néanmoins, la laryngectomie totale étendue ou non au pharynx et à la base de langue reste indispensable pour les cas localement avancés, les cas de récidives ou les cas où la rémission complète est irréalisable par les techniques conservatrices.

Le patient laryngectomisé présente pour le clinicien un ensemble de défis pré, péri et post opératoires. La perte de la voix naturelle reste l'handicap le plus marquant pour les patients et de ce fait requière une prise en charge codifiée et un soutien psychologique.

L'électrolarynx, la voix œsophagienne et trachéo-œsophagienne sont les trois modes de parole les plus communément adoptés par les praticiens en matière de réhabilitation vocale après laryngectomie totale. [139] Depuis son apparition au milieu des années soixante, l'usage de la voix œsophagienne comme procédé de réhabilitation vocal des laryngectomisés a connu un déclin dans les pays occidentaux au profit de la voix trachéo-œsophagienne moyennant des prothèses amovibles telles les PROVOX, celles-ci permettent d'achever une voix de meilleure qualité en peu de temps au détriment de quelques contraintes à long terme. Cependant la voix œsophagienne continue à susciter l'intérêt des travaux de recherche quant à sa qualité du fait qu'elle garde certains atouts dont l'impact est non négligeable sur la qualité de vie des patients.

En effet, la voix œsophagienne a pour avantage de ne pas nécessiter des équipements supplémentaires et que la phonation peut être réalisée les mains

libres ; aussi elle est de meilleure qualité comparée à l'électrolarynx et a de meilleures qualités perceptives telles qu'elles sont perçues par des interlocuteurs « naïfs », ceci étant jugé sur des caractères phonétiques comme la prosodie, le rythme, la précision articulatoire et le caractère naturel. [112, 113, 114]

1. Intérêt de l'analyse acoustique de la voix œsophagienne :

Le domaine de l'analyse acoustique de la voix et de la parole est actuellement au centre de la recherche clinique et des sciences de l'ingénieur, sans doute en rapport avec l'importance des informations cliniques qu'on espère en tirer quant à :

- l'appréciation objective des qualités acoustiques de la voix œsophagienne ;
- la modélisation de la source vibratoire (néoglote) et la prédiction de l'évolutivité de ses qualités acoustiques sous protocole de rééducation permettant ainsi de décider objectivement quand est ce qu'il faut passer à une autre méthode de réhabilitation si le patient échoue à évoluer convenablement.

Certaines équipes [115, 116, 117] développent récemment des processeurs qui permettent de traiter la voix chuchotée et d'améliorer artificiellement ces qualités acoustiques afin de permettre aux patients de mieux communiquer avec leurs entourages et d'utiliser plus librement le téléphone. En effet Sharifzadeh et al. [118] présentent dans leur travail, une approche d'ingénierie permettant de fournir aux patients laryngectomisés la capacité de retrouver leur aptitude à parler d'une voix plus naturelle, et par la même occasion, leur permettre d'utiliser le téléphone. Les techniques non-invasives et non-chirurgicales décrites utilisent des méthodes de prédiction linéaire faisant appel à un codec CELP (code excited linear prediction) modifié pour l'analyse du signal, l'insertion des formants, l'amélioration et le lissage du spectre pour reconstruire un signal acoustique le plus naturel possible.

Les études préliminaires sur ces artifices concluent à leur commodité et leur facilité d'usage, ne nécessitant ainsi aucune intervention chirurgicale ou entraînement laborieux. Cependant des études à large échelles sont nécessaires pour valider cliniquement l'usage de ces artifices qui demeurent au jour d'aujourd'hui du domaine de la recherche.

2. Quelle méthode d'analyse utiliser ?

Aucune méthode de traitement du signal acoustique ne fait l'unanimité en matière de traitement des voix pathologiques, des voix sans larynx et des productions sonores non vocales tel le ronflement, la toux ou autre. En effet plusieurs critiques ont été formulées vis-à-vis de telle ou telle méthode. [119]

Actuellement il existe deux grandes approches de traitement de signal appliquées à la recherche biomédicale qui sont la modélisation et l'approche analytique.

1.1. La modélisation vocale :

Les modèles sont par définition une version simplifiée du mécanisme physique réel. Ces modèles sont dérivés de principes physiques (mécaniques ou électriques) et des propriétés acoustiques de la voix et de la parole, qui sont à leur tour basées sur l'anatomie et la physiologie de l'appareil vocal. Si les conditions limites sont bien choisies, les paramètres du modèle peuvent être obtenus directement à partir de prédiction linéaire de l'onde acoustique de la parole.

Cependant la modélisation ne traite pas directement un signal acoustique mais la représentation de sa source sous forme de descripteurs. En effet, la prédiction linéaire est appliquée sur l'onde obtenue d'un enregistrement d'électroglottographie [120], videostroboscopie pour la voix laryngée [121] ou même à partir des données de l'IRM fonctionnelle [122]

Ainsi ce type d'analyse pose un problème de faisabilité, quant au coût de l'exploration dans le cadre de la pratique clinique de tous les jours et reste de ce faite utilisable en support de travaux de recherche. Quoique, certaines équipes [123] utilisent des modèles de prediction linéaire auto- régressive pour l'analyse directe du signal acoustique dans l'objectif de décrire la dynamique du signal dans le domaine temporel et ce au détriment d'algorithmes complexes, ces essais n'ont pas encore été appliqués à l'analyse de la voix pathologique ni de la voix œsophagienne.

Néanmoins, le point fort de cette méthode c'est qu'elle est fiable pour l'analyse des systèmes chaotiques et des systèmes à forte dyspériodicité. En effet, l'erreur liée à la modélisation dans l'analyse des systèmes apériodiques est minime comparée aux méthodes analytiques dont l'analyse est plus fiable pour les signaux périodiques. [124]

1.2. Les méthodes analytiques :

L'objet principal de l'analyse de la voix est d'extraire les aspects ou les paramètres qui représentent les caractéristiques principales de l'onde acoustique. Les deux paramètres acoustiques les plus élémentaires et les plus étudiés de la parole sont la fréquence fondamentale et les formants.

Les paramètres acoustiques principalement étudiés pour caractériser les voix pathologiques sont l'indice de perturbation de la fréquence fondamentale (jitter) et l'indice de perturbation du pic d'amplitude (shimmer) et bien que ces perturbations existent dans une certaine mesure dans la voix normale, mais au- delà de certains seuils, ils peuvent être des indicateurs de la voix anormale.

L'analyse de la voix est typiquement réalisée en domaine fréquentiel, temporel et en domaine spectral. [125, 126, 127] L'analyse en domaine fréquentiel est historiquement la plus utilisée, car elle permet des calculs rapides moyennant des algorithmes basés sur la transformée de Fourier rapide. Néanmoins, sa capacité de

résolution est liée à la longueur de la fenêtre de données en cours d'analyse. Ceci est particulièrement critique pour les signaux de voix qui ne peuvent être considérés stationnaires que sur des trames de données courtes de quelques dizaines de millisecondes ou moins.

La critique majeure formulée vis-à-vis de l'analyse des perturbations en matière de caractérisation de la voix œsophagienne c'est que le risque d'erreur et donc de surestimations des perturbations est important quand il s'agit d'analyser des signaux fortement dyspériodiques, comme la voix œsophagienne. Ceci est vrai en domaine expérimental, c'est-à-dire lors d'une analyse analogique en domaine temporel continu, or en pratique clinique cette analyse se fait par des logiciels informatiques qui requièrent une numérisation du signal, celui-ci subit dès l'enregistrement un filtrage de grade avec limitation de la bande passante, un échantillonnage avec une fréquence F_e (dite d'échantillonnage) et une quantification. Permettant ainsi de garder le maximum d'information avec le minimum de coût et de temps de traitement. Le signal est ainsi transformé d'un signal continu en un signal discret « périodisé ».

Dans notre étude nous avons procédé à l'analyse des perturbations du signal vocal dans le domaine temporel par le biais du « jitter » et « shimmer » qui sont les indicateurs les plus communément utilisés en pratique clinique. Cette analyse a été complétée par l'analyse de la densité de puissance spectrale qui apprécie la richesse formantique de l'échantillon. Pour terminer par un spectrogramme qui met en évidence la représentation de l'intensité respective des formants dans la représentation globale du signal.

3. L'analyse acoustique de la voix œsophagienne :

La laryngectomie totale affecte considérablement les mécanismes de phonation normale en supprimant le vibreur naturel qui est la glotte et la source d'énergie qui est la soufflerie pulmonaire, il en résulte une voix chuchotée, rauque souvent difficilement perceptible. Néanmoins, les patients conservent une capacité d'articuler et de murmurer similaire aux orateurs normaux.

Des études antérieures se sont intéressées aux différents aspects de la voix œsophagienne, à savoir la qualité perceptive, l'acceptabilité des interlocuteurs, [128-130], la fréquence fondamentale (F0), [131-133] l'intensité, [134, 135] l'évolution temporelle du signal, [18] et les aspects aérodynamiques. [135]

Il est généralement admis que la voix œsophagienne est caractérisée par une réduction significative du pitch, de l'intensité, des variations de hauteur, du débit de parole avec une majoration des perturbations de fréquence, d'intensité et un rapport signal à bruit bas aboutissant perceptuellement à une voix rauque.

Malgré un certain nombre d'études portant sur le comportement vibratoire de la néoglotte, seuls quelques chercheurs ont investi la résonance du conduit vocal lors de la production de la voix œsophagienne. Sisty et Weinberg [135] ont étudié la fréquence des formants de voyelles produites par des hommes et des femmes anglophones utilisant la voix œsophagienne, et ont démontré que la fréquence des formants était plus élevée chez les femmes par rapport aux hommes. En plus la fréquence des formants était plus élevée dans le groupe utilisant la voix œsophagienne par rapport aux locuteurs normaux. [136] Par ailleurs des résultats similaires appuyant les résultats antérieurs ont été rapportés pour des locuteurs espagnols. [136]

Les fréquences élevées des formants de voyelles dans la voix œsophagienne peuvent être liées à la réduction de la longueur du tractus vocal, comme en

témoignent les résultats radiologiques rapportés par Kytta [137] et Diedrich & Youngstrom. [138]

Dans notre série les résultats du jitter et shimmer témoignent d'un degré important d'irrégularité et d'instabilité de la voix œsophagienne et lui confèrent ainsi une caractéristique pauvre. Cependant la voix œsophagienne telle que décrite par les mesures de perturbation n'a pas la même qualité telle qu'on peut la percevoir sur les enregistrements. On pense qu'avec le segment pharyngo-œsophagien utilisé comme néoglote, le comportement vibratoire est devenu très différent de la phonation laryngée. Le segment pharyngo-œsophagien semble vibrer avec plus d'apériodicité, ce qui peut être attribué à un mauvais contrôle volontaire sur le segment pharyngo-œsophagien. [130] Ainsi, il semble opportun d'adopter d'autres approches dans l'évaluation de la voix œsophagienne, telles la modélisation par prédiction linéaire ou non linéaire ou approche cepstrale, lesquelles sont adaptées aux systèmes chaotiques et nécessitent des études de validation pour la pratique clinique.

4. L'étude dynamique de la phonation après laryngectomie totale :

L'étude dynamique de la phonation après laryngectomie totale fait appel à la radiocinématographie, la vidéo-endoscopie avec manométrie simultanée [139]. Par ailleurs certaines équipes utilisent une étude spectrographique. [140] Ces études ont pour but de localiser la néoglote et de déterminer le retentissement du bouton phonatoire ou des fistules trachéo-œsophagiennes sur la dynamique phonatoire. Une étude réalisée par Staffieri et al. [141] a montré qu'il existe deux sites de rétrécissement du conduit vocal faisant office de néoglote, la première en regard de C3, C4 et la deuxième en regard de C5, C7. L'étude a montré par ailleurs qu'il n'y a

pas de différence entre les patients porteurs de fistule trachéo-œsophagienne et ceux utilisant la voix œsophagienne.

Selon Brewer et al. [142] c'est le rétrécissement supérieur qui fait office de néoglote. En effet, la videostroboscopie a montré que seulement à ce niveau là que les ondulations de la muqueuse sont appropriées et convenables pour la phonation. La présence d'un bouton phonatoire ne semble pas affecter la dynamique phonatoire. De plus Nishizawa et al. [143] ont démontré qu'il existe des ajustements articulatoires actifs qui s'opèrent au niveau de la néoglote pour la production de consonnes voisées et non voisées.

Il est à signaler que les résultats de manométrie ne montrent pas uniquement les dommages iatrogènes causés par la chirurgie mais aussi les modifications fonctionnelles acquises après la chirurgie. Ainsi, le tractus pharyngo-œsophagien ne sert pas uniquement au passage des aliments vers l'estomac mais aussi à la production vocale. L'appréciation manométrique du fonctionnement de la néoglote vise à établir un pronostic d'acquisition de la voix œsophagienne. En effet on considère comme facteurs de mauvais pronostic pour l'acquisition de la voix œsophagienne : l'âge avancé, l'état général altéré, l'insuffisance respiratoire aigue, la paralysie linguale, la maladie de Parkinson, l'accident vasculaire cérébral, le refus de la voix œsophagienne ou le manque de motivation. [144, 145] Tous ces facteurs sont évalués par l'orthophoniste mais sont souvent insuffisants pour établir un pronostic. En effet, Mahieu et al. [146] ont mis le point sur l'intérêt d'une étude fonctionnelle du segment pharyngo-œsophagien pour l'évaluation du pronostic d'acquisition de la voix œsophagienne.

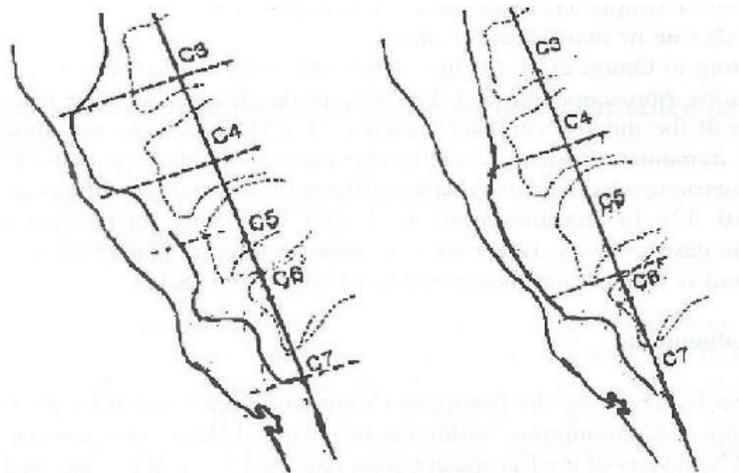


Figure 48 : sites de projection de la néoglotte [137]

5. L'évaluation subjective de la voix œsophagienne :

Dans la littérature nous avons retrouvé comme moyens d'évaluation subjective de la voix œsophagienne :

- ü L'évaluation de la voix proprement dite,
- ü L'évaluation de l'intelligibilité.

1.1. L'évaluation de la voix proprement dite :

Se base sur l'appréciation de trois rubriques :

1.1.1. La tenue du son :

- ü Temps maximum de phonation (correct dès qu'il dépasse une demi-seconde, les meilleurs scores sont de 2 à 3 secondes)
- ü Sonorisation des trois voyelles fondamentales (le /i/ et le /u/ sont d'émission délicate),
- ü Présence éventuelle de désonorisations, notamment en fin de rhème ;

1.1.2. Qualité du son :

- ü Le timbre
- ü L'intensité
- ü La présence éventuelle de bruits surajoutés.

1.1.3. La fluidité :

ü Appréciée par le nombre maximum de syllabes par prise d'air (correct à partir de 3, peut aller jusqu'à plus de 10) apprécié par chronométrage de la lecture à haute voix d'un texte de référence.

1.2. L'évaluation de l'intelligibilité :

Peut être évaluée subjectivement en normale, moyenne ou insuffisante. Cependant, il existe un autre moyen d'évaluer l'intelligibilité de façon plus précise, et ce grâce à un bilan articulatoire couplé à la mesure du temps maximum de phonation et à l'étude de la lecture d'un texte court comme développé par nombreux auteurs. [147- 149]

Nous avons retrouvé plusieurs échelles d'évaluation subjective de la voix œsophagienne, qui se basent sur l'appréciation plus ou moins détaillée de ces paramètres. En effet, dès l'échelle de Wepman qui était établie pour l'appréciation de l'acquisition de la voix œsophagienne par déglutition, d'autres échelles plus adaptées aux méthodes modernes d'apprentissage de la voix œsophagienne ont été élaborées notamment l'échelle de Wepman-Le Huche, L'échelle de l'Ecole de Marseille, le « speech penetration capacity », l'échelle du Groupe d'Etude Francophone, l'échelle de Groningue et l'échelle de niveau de Le Huche- Allali.

Ces échelles ont pour point commun d'une part un certain degré de redondance puisqu'elles reprennent des paramètres qui peuvent être appréciés par les méthodes objectives et d'autre part elles impliquent la subjectivité de l'examineur dans l'appréciation, or nous jugeons plus judicieux que l'appréciation subjective soit complémentaire à l'appréciation objective et qu'elle puisse nous renseigner sur la voix œsophagienne telle qu'elle est vue par le patient.

II. La voix œsophagienne versus voix trachéo-œsophagienne :

L'ambition de tout laryngologiste est de procurer à son patient laryngectomisé une voix, la plus acceptable possible, en l'absence de cordes vocales. Avec le développement des techniques chirurgicales et surtout des prothèses phonatoires de réhabilitation vocale, la voix œsophagienne a été, et pendant longtemps, reléguée au second plan vu la difficulté de son acquisition. Ce n'est que dernièrement que les praticiens se sont mis à critiquer leur conduite et à se poser la question : est ce que les résultats phonatoires obtenus justifient l'investissement entrepris en matière de réhabilitation vocale après laryngectomie totale ? Autrement dit est ce que la voix trachéo-œsophagienne est vraiment supérieure à la voix œsophagienne ?

Aujourd'hui l'évaluation électro-acoustique de la voix a rendue possible une comparaison objective entre la voix œsophagienne et trachéo-œsophagienne. En effet, cette technique permet non seulement l'appréciation de paramètres fondamentaux de la voix mais aussi la mesure de leurs perturbations en régime dynamique.

La majorité des études comparant la voix œsophagienne et trachéo-œsophagienne concluent à la supériorité de la deuxième. [150-154] En effet, l'analyse des données acoustiques montrent que la voix œsophagienne est caractérisée par une fréquence fondamentale (F0) très inférieure aux locuteurs normaux et même aux patients porteurs d'une prothèse phonatoire. [155] Bien que le vibreur soit le même pour les patients utilisant la voix œsophagienne et ceux utilisant la voix trachéo-œsophagienne. Ceci peut être expliqué par la différence du débit d'air utilisé pour mobiliser le vibreur pharyngo-œsophagien. En effet, pour la voix œsophagienne ce volume est estimé à 75ml, et de ce fait incapable de produire une vibration dont la fréquence est similaire aux locuteurs normaux. Par ailleurs, les

patients qui utilisent la voix trachéo-œsophagienne gardent la même soufflerie pulmonaire que les sujets normaux avec un volume de 500ml, et de ce fait sont capable de générer un flux d'air expiré similaires en intensité et en durée, à celui que sujets normaux produisent.

Aussi, le degré de stabilité du segment pharyngo-œsophagien est différent dans le groupe de patients utilisant la voix œsophagienne ce qui explique les valeurs du « jitter » et « shimmer » retrouvées dans ce groupe. En effet, les valeurs du « jitter » et du « shimmer » retrouvées avec la voix œsophagienne suggèrent que les patients qui utilisent cette voix sont incapables de réguler la fréquence de vibration de la source sonore et l'intensité de l'onde acoustique, ou, au mieux, ils utilisent un mécanisme de règlement de FO différent des autres groupes. [156- 160] Ce qui a été retrouvé aussi dans notre série.

Bien que la cause de l'apparition d'un signal apériodique dans la composition spectrale des voix pathologiques n'est pas parfaitement clair, on peut supposer que l'apériodicité du model de vibration dans le segment pharyngo-œsophagien, d'une part est responsable de variations apériodiques du signal comme en témoigne le « jitter » et le « shimmer », et d'autre part, peut engendrer des turbulences dans le flux d'air expiré, donnant ainsi naissance au signal de bruit apériodique. [161]

Ces phénomènes semblent être plus accentués dans la voix œsophagienne par rapport à la voix trachéo-œsophagienne, toujours en raison des différents moyens par lesquels le flux d'air expiratoire est émis. En effet, le patient utilisant la voix œsophagienne est incapable de moduler le volume d'air qui traverse la néoglote en fonction des besoins de la phonation du faite que l'œsophage n'est pas conçu physiologiquement pour servir de réservoir d'air. Cependant dans la voix trachéo-œsophagienne le volume courant pulmonaire peut maintenir une émission sonore plus soutenue, [157, 160, 161] permettant ainsi, de fournir un modèle plus

uniforme de vibration, une fréquence fondamentale plus stable et des harmoniques plus clairement définies qui sont les garants d'une meilleure qualité vocale. [157] En fait, s'il est vrai que l'on juge d'une voix pour être acceptable sur la base de l'intelligibilité, la fluidité et la vitesse d'élocution [161- 164], on ne peut négliger les caractéristiques acoustiques de la voix elle-même. [157] Néanmoins, Il est également intéressant d'étudier la préférence à long terme des patients quand ils ont eu la possibilité de choisir entre la voix prothétique et la voix œsophagienne. Burgués et al. [165] rapportent dans leur série que la majorité de leurs patients (18/26) préfèrent la voix œsophagienne à long terme. Ceci suggère que la qualité de la voix n'est pas le facteur le plus important dans le choix du moyen de réhabilitation, et que la décision est prise en fonction d'autres facteurs, parmi lesquels la possibilité de parler les mains libres et le fardeau de maintenance de la prothèse. Sans doute, la personnalité du patient, l'environnement culturel et les exigences professionnelles sont aussi des facteurs très important pour le choix. Ainsi, les auteurs recommandent [166] d'instaurer la voix œsophagienne comme moyen de référence pour la réhabilitation vocale des laryngectomisés, réservent la fistule trachéo-œsophagienne secondaire pour les cas d'échec et indiquent la fistule trachéo-œsophagienne primaire pour les cas où une voix de qualité supérieure est nécessaire à achever immédiatement.

Quoique les prothèses vocales restent le Gold standard pour la réhabilitation vocale des laryngectomisés en Occident, la voix œsophagienne reste encore largement sollicitée en Asie. En effet, Jacobson et al. ont noté une difficulté d'acquisition de la voix trachéo-œsophagienne chez les locuteurs non-anglophones et non francophones. [167] ce résultat peu être lié aux propriétés linguistiques de la langue qui ont fait que la restauration du langage fait appel à d'autres alternatives en Chine et en Thailand.

III. L'approche globale du laryngectomisé :

1. Les aspects psychologiques des patients laryngectomisés :

La littérature traitant des cancers du larynx a longtemps focalisé sur la rémission, la survie et la réhabilitation vocale ; l'idée que la qualité de vie peut être plus importante que la quantité n'a été exprimée que dernièrement. En effet, Harwood et, Rawlinson [167] estiment que la vie sans voix est peu souhaitable, d'un point de vue de « qualité de vie », que les malades choisissent une radiothérapie exclusive même pour les stades avancés de cancer pour lesquels la chirurgie assurerait un meilleur résultat en matière de rémission et de survie. De plus l'étude célèbre de McNeil et al. [168] dite étude de « firemen » réalisée parmi une population de pompiers en bonne santé a conclu qu'un bon pourcentage aurait renoncé à un traitement chirurgical avec une probabilité de survie meilleure pour préserver la qualité vocale. Une publication récente [169] traitant la qualité de vie des patients atteints de cancers de la sphère ORL a soulevé comme principaux déterminants de qualité de vie : la prise en charge de la douleur, la dysphagie et l'handicape vocal. Néanmoins, selon une enquête menée dans un service d'ORL en Angleterre [170], la laryngectomie totale a été jugée utile par la plupart des patients interrogés en dépit des handicaps qu'ils ont vécus par la suite.

Cependant, en matière d'étude de qualité de vie des patients traités pour cancer, plusieurs biais peuvent interférer avec une appréciation correcte des données. En effet, les études de qualité de vie se font sur les survivants en faisant abstraction de ceux qui ont décédé par une récurrence ou un cancer secondaire. Aussi, le moment d'évaluation devrait être standardisé et fixe, avant, pendant et après la chirurgie ou tout autre traitement. Par ailleurs, les outils d'évaluation de l'impact de la maladie sur la qualité de vie ne sont pas standardisés. Les méthodes

traditionnelles permettent uniquement de recenser la survie et le taux d'effets secondaires liés au traitement.

Ainsi, en considérant les aspects psychologiques de toute intervention chirurgicale, la prise en charge du cancer doit être planifiée en fonction des patients, leurs activités antérieures, leurs profils physique et psychique et leurs attentes.

2. L'approche psychologique du patient candidat à une laryngectomie totale :

Il existe trois aspects fondamentaux à garder à l'esprit quant au processus psychologique de réhabilitation des laryngectomisés :

- La nécessité d'une telle approche, se base sur la réalité cognitive du patient face à sa maladie et l'importance de l'épauler dans sa lutte contre le « cancer » pour pouvoir entreprendre un long et pénible processus de prise en charge.
- L'intérêt d'instaurer une approche multidisciplinaire pour assurer une réhabilitation plus efficace.
- L'importance d'élaborer une stratégie psychologique appliquée aux soins hospitaliers quotidiens des laryngectomisés.

2.1. La réhabilitation psychologique des laryngectomisés, pourquoi est ce nécessaire ?

La première réflexion c'est le type de maladie. En effet, le mot « cancer » est lié à l'incertitude, la douleur et le décès. Ensuite vient la perte de la voix, qui n'est pas uniquement un moyen de communication mais aussi et surtout, un identifiant du patient, la marque de sa personne.

Aussi :

- Les problèmes de communication avec la famille et l'entourage.
- Les difficultés professionnelles et économiques.
- Le complexe social dû à la trachéostomie et à la modification de la voix.

Par ailleurs, la survie prolongée assurée par les thérapeutiques en vigueur, nécessite une stratégie de réhabilitation des patients qui ont besoin d'apprendre à vivre avec leur handicap. De plus, avec les femmes laryngectomisées, se posent le problème de la stabilité du foyer. En effet les femmes constituent des interlocuteurs réguliers entre les enfants et leur père et enseignants, leur absence perturbe la dynamique de la famille et est à l'origine d'un sentiment de culpabilité maternelle. Aussi, le préjudice esthétique est profondément ressenti aboutissant à une baisse de l'estime de soi. Il est à souligner que l'incidence faible du cancer du larynx chez les femmes est à l'origine d'un sentiment d'être observées et rejetées ce qui leur donne le sentiment de solitude, et d'incertitude.

2.2. Les états du laryngectomisé :

Depuis l'annonce du diagnostique jusqu'à la rémission complète, le patient passe par quatre situations : [171]

- L'espoir : quoique la sanction chirurgicale inspire généralement la peur aux patients, les patients candidats à une laryngectomie y voient l'espoir de guérison.
- L'anesthésie : L'étape de l'extirpation si importante pour la survie et la rémission des malades se déroule pendant que le patient est sous anesthésie, cette étape doit se préparer dès la phase préopératoire, pour faciliter un rétablissement psychologique précoce.
- Le réveil : Dès le réveil, le patient réalise qu'il ne peut plus parler, manger ou boire. Il respire difficilement via un tube duquel sont extériorisées des

sécrétions, ce qui accroît l'inconfort et la déception des patients. A ce stade, les expressions de consolation que les praticiens ont l'habitude de prononcer tel que « ne vous inquiétez pas, vous allez être mieux », « vous allez parler à nouveau », n'ont absolument aucun effet, la réalité est autre.

- La dépression : Les patients sont réticents, ils ne coopèrent plus, ils peuvent même pleurer, leurs espoirs ont été ruinés et ils perdent confiance en leurs médecins. Ceci en l'absence d'information appropriée et un consentement éclairé préalable.

2.3. La stratégie de l'action psychologique en milieu hospitalier : [172]

La base de l'approche psychologique en milieu hospitalier repose sur une prise en charge multidisciplinaire incluant ORL, psychologues, orthophonistes, phoniâtres, personnel paramédical et aides soignants visant à améliorer la qualité de vie via :

- La préparation du patient et de sa famille, dès la phase préopératoire, au processus de prise en charge,
- L'évaluation des informations dont ils disposent ou souhaitent recevoir,
- L'assistance du patient dans le processus d'acceptation de sa maladie et de ces aléas,
- La prise en charge de la dépression et l'anxiété liées à la maladie,
- L'encouragement des patients à affronter leurs peurs,
- La restructuration de leurs objectifs par la focalisation sur les réalisations quotidiennes,
- Le travail sur le self-estime,
- Les techniques de psychothérapie comportementale et cognitive de l'affrontement de situation.

3. La qualité de vie liée à la voix des patients laryngectomisés :

Les cancers ORL affectent considérablement les fonctions les plus élémentaires de l'Homme, tel la respiration, l'alimentation, la communication verbale et le contact social.

La mesure de la fonction et de la qualité de vie est devenue de plus en plus importante en tant qu'indicateur de l'efficacité globale des approches thérapeutiques, permettant ainsi de justifier toute escalade ou changement des mesures thérapeutiques.

Par conséquent, plusieurs méthodes d'évaluation ont été suggérées allant des mesures subjectives de l'importance du déficit vocal, notamment l'évaluation perceptive, à la mesure objective des paramètres de la voix.

Bien que ces méthodes apportent de précieuses informations, elles ne fournissent aucune explication des raisons pour lesquelles les patients témoignent de différents degrés d'handicap et d'invalidité liée au trouble de la voix.

Une initiative pilote de la recherche contemporaine est le développement de moyens statistiques de sondage centrés sur l'évaluation du patient de sa propre condition. Ainsi, plusieurs questionnaires ont été développés pour apprécier la qualité de vie liée à voix, ils explorent l'aptitude fonctionnelle, l'insertion sociale et l'impact émotionnel de l'handicap vocal. [172- 175]

Plusieurs études ont démontré que la qualité de la parole d'une personne laryngectomisée n'est pas toujours corrélée à son degré de satisfaction. [176-178] En effet, le laryngectomisé expérimente plusieurs handicaps et limites aussi bien psychologiques que sociaux qui s'étendent au-delà du déficit physique et conditionnent sa qualité de vie. [177] A ce titre, il est important de pouvoir quantifier le degré de l'handicap lié au problème de la voix dans le contexte des restrictions sociales et de l'impact psychologique.

Ainsi, les questionnaires qui apprécient la qualité de vie en général tels que le SF-36 [179] et l'EORTC [180] ne sont pas suffisamment sensibles pour détecter le retentissement exacte de l'handicap vocal sur la qualité de vie des patients.

En 2005 Op de Coup et al. [181] ont évalué l'applicabilité du module EORTC C30 (pour les cancers en général) et EORTC H & N 35 (pour les cancers ORL) aux personnes laryngectomisées et ont constaté la nécessité de développer des questionnaires de qualité de vie spécifiques pour évaluer la condition de cette population.

De ce fait, plusieurs échelles de qualité de vie spécifiques aux troubles de la voix ont été développées, tel le VHI (Voice Handicap Index) [182], VPO (Voice Performance Questionnaire) [183] et le V-RQOL (Voice Related Quality of Life) [184].

Les échelles validées sous forme de questionnaires spécifiques longs comme le VHI prennent beaucoup de temps pour être complétées et peuvent sans doute être à l'origine d'un certain degré de redondance. En revanche, des échelles plus concises comme le questionnaire V-RQOL (voice related quality of life) sont plus intéressants en pratique clinique vu leur brièveté. [185] En effet, des études antérieures ont démontré que les questionnaires courts sont pratiques et préférés aux questionnaires à plusieurs items. [186] Ainsi, le V-RQOL semble être actuellement le questionnaire de référence puisqu'il est considéré comme un test psychométrique solide, fiable et facile à administrer. [187-189]

Très peu d'études ont examiné l'utilité de ces échelles (VHI & V-RQOL) chez les laryngectomisés. En effet, ces deux questionnaires ont été établis initialement pour l'évaluation de la qualité de vie des patients dysphoniques. Ainsi, il a été démontré que ces deux questionnaires donnent des informations similaires sur les aspects fonctionnels, émotionnels et physiques de l'handicap vocal chez les patients laryngectomisés avec une forte corrélation entre les deux. [184]

Tableau 16 : comparaison des « V-score » entre notre série et les séries de
KAZI et MANDAR.

« V-score »	Kazi et al. (2006) N=34 patients	Mandar et al. (2009) N=123 patients	Notre série (2011) N= 11 patients
Bon à excellent (75-100)	32 (59.3%)	61 (50%)	4 (37%)
Acceptable à satisfaisant (50-75)	14 (25.9%)	34 (28%)	4 (37%)
Médiocre à acceptable (25- 50)	8 (14.5%)	20 (16%)	2 (17%)
Insatisfaisant (0-25)	-	7 (6%)	1 (9%)

Ainsi, dans notre série les résultats étaient au moins acceptables pour 74% des cas (soit 8 patients) ce qui rejoint les résultats exposées dans d'autres séries. [186, 187] Cependant, les différences socioculturelles peuvent influencer sur ces résultats, tout comme le site de la tumeur, le stade et les différentes thérapies. Par ailleurs, il a été démontré que l'âge jeune des patients était associé à un degré plus important d'insatisfaction vis-à-vis de la performance vocale. Ceci peut être en rapport avec l'impact du problème vocal sur le travail et la vie sociale du patient, qui se fait sentir plus lourd chez le sujet jeune par rapport au sujet âgé. De plus les femmes sont généralement moins satisfaites que les hommes, ceci a été expliqué par la hauteur de la voix qui est jugée « masculine ». [188] Concernant les facteurs liés à la prise en charge thérapeutique, il a été démontré que la radio- chimiothérapie préopératoire était associée à un pourcentage élevé d'handicap vocal. Par ailleurs, il est important à signaler que les scores du V-RQOL n'étaient pas influencés par les techniques

chirurgicales tels que le curage ganglionnaire, la pharyngectomie et le type de fermeture du pharynx ou le recourt éventuel à des lambeaux de reconstruction. Quoique certains auteurs incriminent l'hypotonie du lambeau de reconstruction dans l'échec de l'acquisition de la voix œsophagienne. [188]

4. Les obstacles à la rééducation et conseils :

4.1. Les difficultés techniques :

4.1.1. Coordination de la voix et de la respiration :

- **L'IRREGULARITE SONORE** : des sons chuchotés peuvent être présents au milieu des mots ou des phrases produits par voix œsophagienne. La communication n'est alors pas bonne puisque l'interlocuteur doit rétablir les morceaux manquants. Cela arrive lorsque le patient a un débit trop rapide et essaie de dire le plus de syllabes possible avec la réserve d'air œsophagien qui a été constituée. Le plus souvent, la fin de la séquence n'est pas sonore. Cela arrive aussi quand le soutien des muscles abdominaux, lors de l'émission vocale, n'est pas encore maîtrisé. Ce soutien permet de contrôler le flux d'air œsophagien vers la bouche et de faire en sorte qu'il soit continu et régulier.
- **LE NIVEAU SONORE** : l'intensité peut être variable au cours l'émission vocale. Cela peut être dû à une mauvaise qualité des prises d'air (plus le volume d'air œsophagien est important plus l'intensité l'est aussi). D'autres causes sont possibles : un contrôle insuffisant de la tension du néovibrateur, et/ ou un mauvais contrôle du flux d'air œsophagien vers la bouche lors de l'émission vocale.
- **APNEE NON MAITRISEE PENDANT LE BLOCAGE** : les poumons et les muscles abdominaux poussent alors latéralement et de bas en haut. Le patient essaie

lui d'envoyer l'air buccal de haut en bas. Celui-ci ne peut entrer dans l'œsophage puisque les deux poussées sont opposées et s'annulent. [189]

- LE SOUFFLE TRACHEAL : il peut être plus ou moins fort ; il couvre la voix et empêche l'interlocuteur de comprendre aisément ce qui est dit. Par ailleurs, cela fatigue beaucoup le patient. Il survient lorsque la personne qui parle pousse sur l'expiration, pour faire sortir le son ou pour parler fort. Dans ce schéma de forçage, il arrive aussi que le laryngectomisé fasse de grands efforts à l'inspiration, qui sont souvent suivis par de fortes poussées à l'expiration. Des tensions musculaires peuvent contribuer à l'existence de ce souffle trachéal.

4.1.2. Tensions musculaires :

Elles Concernent la langue, le plancher buccal, le cou, les épaules, le thorax, la sangle abdominale, le diaphragme, etc. Elles peuvent contribuer à créer :

- UN MECANISME DE FORÇAGE : il y a souvent une irrégularité sonore, un mauvais contrôle du niveau sonore, et souvent un bruit de souffle trachéal ;
- UNE VOIX ŒSOPHAGIENNE « SERREE » ;
- UNE VOIX PHARYNGEE : elle constitue un barrage à l'installation de la voix œsophagienne et ne permet pas une communication satisfaisante. Elle se produit souvent dans un contexte de stress, lorsqu'il y a un recul lingual trop important ou que les muscles pharyngés et linguaux sont trop contractés. On la rencontre aussi lorsque les tensions scapulaires sont trop grandes, etc.

4.1.3. Un débit scandé :

Le patient continue à parler en syllabant. Il fait systématiquement entrer de l'air dans l'œsophage avant chaque syllabe ou le recharge sur toutes les consonnes dites « injectantes » selon la méthode hollandaise. [165]

4.1.4. Apraxie ou hypo/ hypertonie des muscles de sphère oro-faciale :

Par exemple, si les lèvres manquent de tonus ou sont en partie paralysées, il peut y avoir des difficultés pour comprimer l'air de la bouche et l'envoyer vers l'œsophage.

4.1.5. Déglutition :

Elle peut apparaître lors des essais de blocage. Il y a un recul de langue suivi du péristaltisme de la déglutition. On peut observer des mâchonnements (série de petits appuis rapides des lèvres l'une contre l'autre) avant chaque mouvement. La personne peut aussi appuyer toniquement sur les lèvres et / ou l'appui labial est trop long, au moment où elle tente de comprimer l'air buccal. Les éructations sont alors anarchiques et non contrôlées.

4.1.6. Fuite d'air nasale :

Elle survient pendant la poussée d'air et empêche la compression buccale et l'envoi de l'air dans l'œsophage.

4.1.7. Hypertonie de la bouche œsophagienne ou bouche de l'œsophage trop large :

Dans le premier cas, la voix œsophagienne obtenue est serrée ; dans le deuxième cas, il peut y avoir absence de sons.

4.1.8. Réflexe de retenue :

Certains patients sont très gênés à l'idée de devoir « éructer » (poids des convenances sociales...). Ils parviennent à comprimer l'air buccal et à l'envoyer dans l'œsophage. Ils ne peuvent cependant pas roter.

4.1.9. Mauvaise prise d'air :

Il peut se produire des mâchonnements (avec double, voire triple prise d'air...) mais aussi des bruits de blocage dus à l'appui excessif des lèvres. Ces phénomènes peuvent parasiter la voix œsophagienne et donc gêner la communication.

4.2. Conseils et solutions : [190]

Ils doivent tout au long de la progression, permettre au patient d'apprendre à s'auto-corriger. On utilise notamment le support de la représentation mentale. Le laryngectomisé doit s'imaginer en train d'effectuer le blocage et/ ou l'émission vocale avant de réellement les réaliser. L'emploi d'explications « imagées », simples, et efficace. L'imitation a aussi un rôle prépondérant. Il est préférable que le patient y ait recours plutôt d' « intellectualiser » trop le processus. Enfin, l'entraînement devant un miroir favorise l'auto-correction par feed-back visuel.

4.2.1. Travail des praxies bucco-faciales :

4.2.2. Détente de la région cervicale et scapulaire par des mouvements de rotation de la tête :

Elle peut être travaillée avec tous types de patients et doit être renforcée chez ceux qui présentent une voix pharyngée.

4.2.3. Travail de la coordination de la voix et de la respiration :

Il est nécessaire de travailler la tenue d'apnée (inspiration- apnée- expiration) ainsi que la respiration abdominale auprès de nombreuses personnes. Si des problèmes persistent, on peut demander à ce que de la kinésithérapie respiratoire soit pratiquée.

On est aussi souvent amené à s'intéresser à la posture.

4.2.4. Au moment de la prise d'air œsophagien :

Le mouvement de « salut » de la tête vers le bas (partir le menton un peu relevé et rentrer légèrement le menton vers la poitrine) facilite l'envoi de l'air vers l'œsophage. On demande au patient d'essayer de faire un mouvement le plus souple possible. Il peut imaginer que sa tête est comme « montée sur un ressort ».

La répétition intensive de ce mouvement est primordiale pour qu'une coordination adéquate des étapes se fasse. Elle permet aussi de doser la vitesse du mouvement

de « salut », la pression exercée par les lèvres ou le tonus exercé par les différents muscles impliqués.

Si le mouvement de « salut » ne permet pas la poussée de l'air buccal, on propose au patient de gonfler ses joues (le cou doit être détendu). Il doit ensuite les comprimer avec ses doigts, d'avant en arrière. Les joues doivent résister à la pression des doigts. L'air est ainsi chassé en arrière, vers l'œsophage. Les équipes hospitalières seules peuvent utiliser l'insufflation d'air à la poire, qui est à l'origine du procédé précédemment décrit. Cette pratique nécessite en effet des contrôles vidéo- radioscopiques préalables ainsi que l'avis du chirurgien.

On peut être amené à resserrer le néovibrateur par un léger appui des doigts sur le cou. Le but est d'obtenir la sonorisation ou de l'améliorer en cas de bouche œsophagienne trop large.

En cas de déglutition, on peut en général demander au patient d'effectuer un mouvement de « salut » plus rapide, avec un appui moins tonique et moins prolongé des lèvres l'une contre l'autre. Le mouvement doit être plus souple. La langue ne doit pas reculer et la « gorge » doit être détendue pour laisser passer l'air buccal. La pression sur les joues gonflées peut aussi aider le patient.

En cas de tendance à la voix pharyngée, essayer de travailler le plus en souplesse possible, et ne pas chercher à prononcer un son « à tout prix » s'il n'y a pas eu d'entrée d'air dans l'œsophage ou s'il ne remonte pas. Par ailleurs, à ce stade on peut discuter l'intérêt d'une myotomie du muscle cricopharyngien plus ou moins étendue au muscle constricteur inférieur du pharynx, voire la mise en place d'une prothèse phonatoire amovible de façon transitoire

4.2.5. Au moment de l'éruclation et de l'émission vocale :

- **LE BRUIT DE SOUFFLE TRACHEAL :** le laryngectomisé peut contrôler sa présence en mettant sa main ouverte à 2-3 cm devant l'orifice trachéal (nécessaire si le patient a une hypoacousie). On conseille aussi de parler « le moins fort possible ». L'apprenti parleur a souvent le réflexe de pousser sur l'expiration, soit pour faire sortir le son, soit pour parler plus fort. On peut travailler la respiration abdominale. Rester en apnée lors de l'émission vocale peut être aussi efficace.
- **PRIVILEGIER LA REPRESENTATION MENTALE DU MOUVEMENT PLUTOT QUE DE SE CONCENTRER SUR LES SONS A PRODUIRE.** La personne laryngectomisée doit essayer de s'imaginer en train de parler « le moins fort possible », pour éviter tout « forçage ». Ce phénomène peut en effet induire un bruit de souffle, une voix œsophagienne serrée dans certains cas, des difficultés à contrôler la régularité et le niveau sonores. En associant ceci avec la recherche de la détente des régions orale et cervicale, on peut obtenir un timbre meilleur.
- **LE DEBIT SCANDE :** tout entraînement visant à améliorer la fluidité est bon. On peut entre autres travailler le rythme avec lequel les séquences de voix œsophagienne se succèdent. Une prise d'élan doit se faire pour bien lier deux syllabes ou plus dans une même séquence. Il faut que le patient ne pousse pas la voix à tout prix vers la sortie. Il convient de bien s'arrêter entre les séquences (compter jusqu'à deux avant de reprendre le mouvement induisant la prise d'air, puis dire la séquence suivante, etc.). Il faut tenter de ne pas accélérer au fur et à mesure que l'on avance dans la phrase.

4.2.6. Traitements médicamenteux et chirurgie :

Ils sont discutables, mais certaines équipes prescrivent des anti-spasmodiques et / ou des myorelaxants. D'autres ont recours aux dilatations des rétrécissements scléreux post-radique de la bouche de l'œsophage voire l'injection de toxine botulique sous anesthésie générale. [222]

5. L'approche du laryngectomisé : promesses, principes et procédures :

Il n'existe pas à ce jour de profil de réhabilitation idéal pour les laryngectomisés, ni d'examen paracliniques sûrs permettant de prédire l'évolution favorable ou non de l'acquisition de la voix œsophagienne. En effet, malgré le développement des moyens de réhabilitation vocale après laryngectomie totale, il reste un pourcentage non négligeable de patients laryngectomisés qui ne bénéficient ni d'une réhabilitation adéquate, ni exploitent leur capacité d'expression de façon complète.

En 1983, professeur Pamela Grunwell [190] décrit une procédure thérapeutique pour les enfants souffrants de problèmes phonologiques, cette approche composée de trois niveaux d'action constituerait un modèle applicable au processus de réhabilitation des laryngectomisés.

Le premier niveau d'action, comme définit par Grunwell, est celui des «promesses». Cette étape est primordiale puisqu'elle constitue le cadre théorique fondamental qui sous-tend toute approche thérapeutique.

A partir de travaux concernant la réhabilitation vocale des laryngectomisés élaborés dans les dix dernières années [191-194], il semble que l'idée fondamentale à laquelle de nombreux cliniciens adhèrent encore, c'est que tous les laryngectomisés peuvent acquérir une voix œsophagienne, ce postulat s'est avéré

être inexacte. En effet, même dans les centres de référence en matière de réhabilitation vocale, un certain nombre de laryngectomisés n'arriveront pas à achever une voix œsophagienne de bonne qualité. [193]

Perry et al. [193], à travers une étude étendue sur douze ans ayant inclus 300 laryngectomisés, ont soulevé certaines pratiques erronées que les cliniciens font lors de la réhabilitation vocale des laryngectomisés :

- D'abord, croire que la prescription d'un larynx artificiel ne permettra pas au patient d'acquérir la voix œsophagienne.
- Croire que n'importe quel laryngectomisé qui s'entraîne suffisamment dur peut acquérir la voix œsophagienne. Ainsi, les cliniciens continuent à encourager les laryngectomisés à fournir plus d'effort dans une lutte effrénée pour acquérir la voix œsophagienne qui devient un vrai supplice entraînant le patient dans la frustration et la dépression.
- Ensuite, il existe une tendance à supposer que le facteur psychologique est le facteur primordial qui entrave l'acquisition de la voix œsophagienne. Par conséquent les cliniciens hésitent à explorer les éventuels facteurs anatomiques pouvant être à l'origine de l'échec. En effet, les problèmes psychologiques constatés peuvent masquer un obstacle anatomique à l'acquisition de la voix œsophagienne.
- Généralement, la décision de continuer ou d'arrêter la réhabilitation n'est pas basée sur une évaluation objective de la progression et des facteurs qui peuvent entraver le progrès, mais plutôt se produit lorsque le laryngectomisé estime qu'un plateau a été atteint dans ces compétences de communication, même lorsque la qualité de la voix n'atteint pas un niveau acceptable pour le patient et le praticien.

A la lumière des travaux de recherche en matière de réhabilitation vocale après laryngectomie totale, il est nécessaire de noter un certain nombre de points :
[194- 198]

- Le tonus du segment pharyngo-œsophagien varie chez le laryngectomisé de l'hypotonie au spasme en passant par un niveau de tonicité acceptable permettant d'acquérir une bonne voix œsophagienne.
- La capacité à acquérir une voix œsophagienne de bonne qualité dépend du tonus du segment pharyngo-œsophagien, ce qui pourrait être en rapport avec le type de fermeture du néopharynx au moment de la laryngectomie.
- Approximativement 30% des laryngectomisés n'arriveront pas à acquérir une voix œsophagienne et peuvent nécessiter une des interventions chirurgicales ultérieure sur le pharynx pour améliorer leur pronostic fonctionnel.
- Les problèmes psychologiques peuvent être n'ont pas la cause de l'échec d'acquisition de la voix œsophagienne mais la conséquence d'obstacles anatomiques.

Ainsi, à partir de ces constats, on peut élaborer des principes thérapeutiques :

- Toute intervention doit être basée sur une évaluation approfondie des compétences actuelles du patient et de ses potentiels, et ce par un examen dynamique du néopharynx moyennant idéalement une radiocinématographie.
- Les buts de l'intervention sont définis à partir d'une évaluation initiale et comme le processus de cicatrisation change la compliance des structures reconstruites, une réévaluation au cours du processus de réhabilitation est nécessaire.

CONCLUSION
ET
PERSPECTIVES

En littérature médicale la réhabilitation vocale après laryngectomie totale a fait couler beaucoup d'encre. Certes la multitude des techniques de réhabilitation témoigne d'un débordement d'imagination assez exceptionnel, mais cela témoigne aussi de l'absence d'un moyen optimal permettant de satisfaire tous les patients. En effet, de nos jours trois méthodes restent les plus communément utilisés en fonction des cultures et des tendances de chaque communauté, l'électrolarynx, la voix trachéo-œsophagienne moyennant les prothèses amovibles et la voix œsophagienne. Cette dernière quoique d'apprentissage laborieux, demeure un moyen traditionnel mais assez séduisant. L'évaluation de la voix œsophagienne tout au long de la rééducation a fait l'objet de beaucoup de publication et quoique l'évaluation perceptive reste le moyen le plus fiable, la tendance actuelle est à l'évaluation acoustique pour essayer d'approcher l'évaluation perceptive laquelle est non commode pour la pratique clinique quotidienne. Nous avons conclu dans notre rapport que les méthodes d'analyse des perturbations (jitter et shimmer) surestiment la dyspériodicité vocale en matière de voix œsophagienne et qu'on réserverait ces méthodes pour les patients dysphoniques pour lesquels le signal vocal pourrait être considéré comme stationnaire sur les fenêtres d'analyse. Quant à l'appréciation de la voix œsophagienne nous estimons qu'elle serait mieux élaborée par les approches acoustiques qui traitent les systèmes chaotiques et fortement dyspériodiques lesquels sont à nos jours du domaine de la recherche fondamentale.

Par ailleurs, nous pensons que le traitement acoustique du signal vocal pourrait trouver une place de choix dans l'approche thérapeutique de cet handicap vocal. En effet, le développement de la micro-électronique permettrait d'élaborer des microprocesseurs qui vont modifier la voix du patient laryngectomisé et améliorer sa qualité perceptive via un traitement instantané de la voix du patient

pendant qu'il parle et ce en modifiant la présentation spectrale du signal, en éliminant les signaux parasites et renforçant d'autres utiles. Permettant ainsi d'avoir une voix humaine personnalisée.

RESUMES

Résumé :

La laryngectomie totale est une mutilation de la voix qui reste cependant nécessaire pour traiter certains cas de cancer. Ainsi, vu le retentissement psychosocial et professionnel d'une telle privation, l'intérêt d'une réhabilitation vocale adéquate s'en ressent forcément. Nombreuses méthodes de réhabilitation vocale se sont développées depuis l'apparition de la laryngectomie totale au début du XIXe siècle. Cependant, uniquement trois sont à nos jours les plus utilisées, l'électrolarynx, la voix trachéo-œsophagienne moyennant des prothèses amovibles et la voix œsophagienne, laquelle constitue le moyen de réhabilitation adopté dans le service d'ORL et de chirurgie cervico-faciale du CHU Hassan II de Fès.

L'évaluation de la qualité de la voix tout au long du processus de réhabilitation est primordiale tant pour le patient que pour le praticien. En effet, l'évaluation perceptive est le moyen de choix qui demeure cependant irréalisable en pratique courante. Ainsi, la tendance actuelle est à l'exploration objective des paramètres acoustiques de la voix.

Nous avons mené une étude prospective moyennant une application informatique développée sur Matlab pour suivre la profil évolutif de la voix œsophagienne chez les patients en cours de rééducation à l'unité d'orthophonie du service d'ORL et Chirurgie cervico-faciale de Fès et ce par le biais d'une analyse des perturbations dans le domaine temporel et fréquentiel et via une analyse spectrale. En parallèle nous avons recensé la qualité de vie des patients via le questionnaire V-RQOL (voice related quality of life).

Nous avons conclu sur l'analyse des données acoustiques que la méthode d'analyse des perturbations en domaine temporel prônée par la plupart des auteurs en matière d'analyse de la voix œsophagienne quoiqu'elle montre une amélioration significative des qualités fréquentielles du signal, surestime cependant la dyspériodicité du système et ne semble pas représenter la qualité du signal tel qu'il est perçu par l'examineur.

La dernière partie de ce travail est axée sur la qualité de vie liée à l'handicap vocal des patients laryngectomisés dans le cadre d'une approche psychologique globale des patients.

Abstract

Total laryngectomy is a mutilation of the voice that remains necessary to treat some cancers. Thus, given the psychosocial and professional impact of such deprivation, the interest of proper vocal rehabilitation is crucial. Many voice rehabilitation methods have been developed since the onset of total laryngectomy in the early nineteenth century. However, only three are the most widely used today; the electrolarynx, tracheoesophageal voice through removable prostheses and esophageal voice, which is the rehabilitation means used in the ENT Head and Neck Surgery Department of Hassan II University Hospital of Fez.

The evaluation of voice quality throughout the rehabilitation process is essential for both the patient and the practitioner. Indeed, the perceptual evaluation is the means of choice remains unfeasible in daily medical practice. Thus, the current trend is to the objective exploration of acoustic parameters of the voice. We carried out a prospective study through an application developed on Matlab to monitor the evolution profile of esophageal voice among patients under rehabilitation process at the speech therapy unit of ENT Head and Neck Surgery Department of Hassan II University Hospital of Fez. We had performed an analysis of disturbances in time, frequency and using a spectral analysis. At the same time we recorded the quality of life for patients via the questionnaire V-RQOL (voice related quality of life).

We concluded on the analysis of acoustic data that the method of analysis of disturbances in the time and frequency domain advocated by most authors in the analysis of esophageal voice, shows a significant improvement in the quality of the

signal frequency, but however overestimates the system dysperiodicity and not seems to show signal quality as perceived by the examiner.

The last part of this work is focused on quality of life related to the vocal disability of laryngectomised patients within an overall psychological approach.

ملخص

رغم أن استئصال الحنجرة الإجمالي يؤدي إلى إعاقة صوتية دائمة إلا أنه لا يزال ضرورياً لعلاج بعض أنواع السرطان. نظراً للتأثير النفسي، الاجتماعي والمهني لهذا العجز، فإن إعادة التأهيل الصوتي تعد مرحلة محورية في العلاج.

منذ ظهور الاستئصال الجراحي الإجمالي للحنجرة في أوائل القرن التاسع عشر، تعددت وسائل التأهيل

الصوتي التي ما فتئت تتطور. مع ذلك لم يشع استخدام سوى ثلاث وسائل رئيسية منها وهي : الحنجرة

الاصطناعية، الصوت الرغامي المريئي و الصوت المريئي. هذا الأخير يعد الوسيلة الرئيسية المعتمدة في

مصلحة الأنف و الأذن والحنجرة بالمستشفى الجامعي الحسن الثاني بفاس.

إن تقييم جودة الصوت يعد ضرورياً في جميع مراحل عملية التأهيل سواء بالنسبة للمريض أو الطبيب المشرف

على العلاج. و إذا كان التقييم الإدراكي الحسي هو الوسيلة المثالية للحكم على جودة الصوت، فإنه يبقى وسيلة

غير عملية. لذلك دعت الضرورة لاستنباط وسائل أخرى تعتمد على التحليل الفيزيائي للمعايير الصوتية وذلك

من خلال تطوير تطبيق معلوماتي يعنى باستخلاص المعايير الفيزيائية قصد متابعة تطور خصائص الصوت

المريئي أثناء مراحل تأهيل النطق، وذلك من خلال تحليل اضطرابات الإشارة الصوتية في الزمن والتردد

وباستخدام التحليل الطيفي. توازياً مع ذلك قمنا بجدد مدى جودة حياة المرضى من خلال استبيان (جودة الحياة

ذات الصلة بالصوت). استنتجنا من تحليل البيانات الصوتية أن تطبيق طريقة تحليل الاضطرابات في المجال

الزمني، التي ينادي بها معظم المؤلفين، في تحليل الصوت المريء، يظهر تحسناً كبيراً في تردد الإشارات،

لكنها تغالي في تقييم عدم انتظام الإشارة، الشيء الذي لا يظهر الصوت المريء كما يبدو للفاحص. أما الجزء

الأخير من هذا العمل فيركز على نوعية الحياة المتعلقة بالعجز الصوتي لدى المرضى في ظل مقارنة نفسية

شاملة للتعامل مع هذا النوع من المرضى.

BIBLIOGRAPHIE

- [1] : Le Huche : La voix, Tome 1. 3^e Edition Masson, 2001.
- [2] : Netter F.H. : Atlas d'anatomie humaine. 4^e Edition Masson, 2009.
- [3] : Laboratoire d'anatomie. CHU de Rouen.
- [4] : Thomas J.M.C., Bouquiaux L., Cloarec- Heiss F., Initiation à la phonétique, Paris, PUF, 1976.
- [5] : Liénard J.S. : Les processus de la communication parlée. Editions Masson, Paris 1977.
- [6]: Rabiner L., Juang B.H.: Fundamentals of speech recognition. Prentice Hall.
- [7]: Boite R., Boulard H., Dutoit T., Hancq J., Leich H.: Traitement de la parole. Editions Presses Polytechniques et Universitaires Romandes. 2000
- [8]: Menier C.: Phonétique acoustique. Neurophysiologie de la parole, 13: 1- 10.
- [9]: Brian C., Moore J.: An introduction to the psychology of hearing. Academic Press, London, 1989.
- [10]: Gallas T. and Rodet X.: Generalized functional approximation for source-filter system modelling. In Proceedings of European Conference on Speech Technology. Genova, Italy, September, 1991.
- [11]: Tessart S.: Cours de traitement des signaux audio. mastère Multimédia et Hypermédia de Telecom Paris et l'École Nationale des beaux arts de Paris. IRCAM. Centre Georges Pompidou.
- [12]: Duez D.: On spontaneous French speech: Aspects of reduction and contextual assimilation of voiced stops. J Phonetics 1995, 23: 407- 427.
- [13]: Lindblom B. Spectrographic study of vowel reduction. J Acoust Soc Am 1963, 35: 1775- 1781.
- [14]: Gendrot C. Adda- Decker M. Analyses formantiques automatiques en français: périphéralité des voyelles orales en fonction de la position prosodique. Actes des 26^{èmes} Journées d'études sur la Parole, Dinard, juin 2006: 407- 410.

- [15]: Gazdar G., Mellish C.: Natural Language Processing in Prolog: an Introduction to Computational Linguistics. Addison-Wesley, Reading, MA. 1989
- [16]: Cantineau J.: Cours de phonétique arabe. Edition originale réimprimée. Klincksieck 1960.
- [17]: Kouloughli D.E.: Grammaire de l'arabe d'aujourd'hui. Coll. Langues pour tous, Pocket 1994.
- [18] : Manfredi C. : Voice models and analysis for biomedical applications. Editorial Biomedical Signal Processing and Contrôle 1 (2006) 99- 101.
- [19] : Kacha A. : Analyse de la parole continue en vue de la caractérisation des troubles de la voix - Traitement du signal, indices acoustiques et évaluation perceptive. Thèse soutenue à la faculté des Sciences Appliquées. Université Libre de Bruxelles. 2008-2009.
- [20]: Ghio A. : Modélisation du conduit vocal. Neurophysiologie de la parole I. (11), 145- 156.
- [21]: Murphy P. J : Perturbation-free measurement of the harmonics-to-noise ratio in voice signals using pitch synchronous harmonic analysis. J. Acoust. Soc. Amer., vol. 105, no 5, pp. 2866-2881, 1999.
- [22]: Hirano M : The laryngeal examination in speech evaluation in medicine. Darby J. K. (Ed.), Grune & Stratton, pp. 47-75, 1981.
- [23]: de Krom G. : Some spectral correlates of pathological breathy and rough voice quality for different types of vowel fragments. J. Speech, Hear. Res., vol. 38, pp. 794-811, 1995.
- [24]: Klingholz F. : Acoustic recognition of voice disorders: A comparative study of running speech versus sustained vowels. J. Acoust. Soc. Amer., vol. 87, no 5, pp. 2218-2224, 1990.

- [25]: Ladefoged P. : Elements of Acoustic Phonetics. University of Chicago Press, 2^e éd. 1996.
- [26]: Boite R., Boulard H., Dutoit T., Hancq J., Leich H. : Traitement de la parole. Presses Polytechniques et Universitaires Romandes. 2000
- [27]: Tubach J.P. La parole et son traitement automatique. Masson (1989) Paris.
- [28]: Fresnel- ELBaz E. : Exploration de la phonation. Explorations fonctionnelles en ORL. Masson 1994.
- [29]: Hanson H.H., Stevens K.N. : A quasi articulatory approach to controlling acoustic source parameters in a Klatt-type formant synthesizer using HLSyn. J Acoust Soc Am 2002, 112 : 1158-1182.
- [30]: Klingholz F., Martin F. : Quantitative spectral evaluation of shimmer and Jitter. J. Speech, Hear. Res., vol. 28, pp. 169-174, 1985.
- [31]: Muta H., Baer T. , Fukuda H. : A pitch-synchronous analysis of hoarseness in running speech. J. Acoust. Soc. Amer., vol. 84, no 4, pp. 1292-1301, 1988.
- [32]: Qi Y., Hillman R.E., Milstein C. : The estimation of signal-to-noise ratio in continuous speech of disordered voices. J. Acoust. Soc. Amer., vol. 105, no 4, pp. 2532-2535, 1999.
- [33]: Schoentgen J. : Quantitative evaluation of the discrimination performance of acoustic features in detecting laryngeal pathology. Speech Communication, vol. 1, no 3-4, pp. 269-282, 1982.
- [34]: Kahn M., Garst P. : The effects of five voice characteristics on LPC quality. Proc. IEEE Int. Conf. Acoust. Speech, Signal Process., ICASSP'83, Boston, USA, pp. 531-534, 1983.
- [35]: Boë L.J., Maeda S., Perrier P. : La modélisation articulatoire : un demi-siècle d'évolution entre fonctionnel, physique et biomécanique. Actes des XXèmes Journées d'Etudes sur la Parole. Trégastel, France. 1994, pp 41-54.

- [36]: Boersma P. An articulatory synthesizer for the simulation of consonants. Proceedings of Eurospeech, Berlin, Germany. 1993, pp. 1907-1910.
- [37]: Schoentgen J. : Spectral models of additive and modulation noise in speech and phonatory excitation signals. J. Acoust. Soc. Amer., vol. 113, no 1, pp. 553-562, 2003.
- [38]: Dejoncker E.P.H., Fresnel- ELBAZ E. : Contrôle of F0 and glottal impedance with increasing SPL in normal and pathological voices. Congrès mondial d'ORL, Istambul, GREL, Juin 1993.
- [39]: Cattaruzza M.S, Maisonneuve P. and Boyle P. Epidemiology of Laryngeal Cancer. Oral Oncol, EurJ Cancer Vol. 32B, No.5, pp. 293-305, 1996.
- [40]: Mäkitie A, Pukander J, Raitiola H, Hyrynkangas K, Koivunen P, Virtaniemi J, Grénman R. Changing trends in the occurrence and subsite distribution of laryngeal cancer in Finland. Eur Arch Otorhinolaryngol. 1999; 256(6):277-9.
- [41]: Raitiola H.S, Pukander J.S. Etiological factors of laryngeal cancer. Acta Otolaryngol Suppl. 1997;529:215-7.
- [42]: Raitiola H.S, Pukander J.S. Changing trends in the incidence of laryngeal cancer. Acta Oncol. 1997; 36(1):33-6.
- [43] : Tazi M.A, Benjaafar N, ER-Raki A. Registre des cancers de Rabat. Incidence du Cancers à Rabat. Résultats de 2005.
- [44] : Guerbaoui M. Le cancer au Maroc. Epidémiologie descriptive ; 2000.
- [45] : Curado M.P, Edwards B, Shin H.R, Storm H, Ferlay J, Heanue M, Boyle P. Cancer Incidence in Five Continents, Vol. IX. IARC Scientific publications No. 160, IARC, Lyon 2007.
- [46] : Registre des cancers Nord-Tunisie. Résultats de 1995-1998.
- [47] : Registre des Cancers de la Région du grand Casablanca. Résultats de l'année 2004.

- [48] : Moudni A. Le cancer du larynx expérience de l'institut national d'oncologie de rabat à travers une étude faite au service de radiothérapie. Thèse N°380/1987 -université Med V, faculté de médecine et de pharmacie de Rabat.
- [49] : Cherkaoui A, Oudidi A, El Alami N. Profil épidémiologique du cancer du larynx au service ORL, CHU de Fès, Maroc. Revue d'Épidémiologie et de Santé Publique 57S (2009) S3-S59.
- [50] : Marandas P. Epidémiologie des cancers des voies aérodigestives supérieures. Traité d'ORL. Editions Flammarion, 2000.
- [51]: Mamelle G, Domenge C, Bretagne E. Réinsertion et surveillance médicale du laryngectomisé. EMC, ORL.1998: 20-710-A-30.
- [52] : Le Huche F. La voix sans larynx. Editions Maloine, 1987.
- [53]: Lefebvre J.L, Mallet Y. Pharyngectomies et pharyngolaryngectomies. EMC-Oto-rhino-laryngologie 2(2005) 510-525.
- [54]: Blalock D. Speech rehabilitation after treatment of laryngeal carcinoma. Otolaryngol Clin North Am 1997; 30: 231- 241.
- [55]: Mc Quillon R.P, Hurt G.J. The psychosocial impact of the diagnosis and treatment of laryngeal cancer. Otolaryngol Clin North Am 1997 ; 30 : 231-241.
- [56]: Brunin F, Rodriguez J, Cougniot – Lescure S, Point D, Jaulerry C, Brugere J. Prise en charge des cancers du larynx. Rev Prat 1995 ; 45 : 848-854.
- [57]: Luboinski B, Gehanno P, Traissac L. La protection des voies respiratoires au niveau du trachéostome chez les laryngectomisés totaux. Rev Soc Fr ORL. 1995; 33: 45-50.
- [58]: Ackerstaff A.H, Hilgers F.J, Balm A.J, bingtan I. Long term compliance of laryngectomized patients with a specialized pulmonary rehabilitation device; provox Stomafilter. Laryngoscope. 1998; 108: 257-260.

- [59]: Leder S.B, Sasaki C.T. Incidence, timing, and importance of tracheoesophageal prosthesis resizing for successful tracheoesophageal speech production. *Laryngoscope*. 1997; 107: 827-832.
- [60]: List M.A, Ritter-Sterr C.A, Baker T.M. et al. Longitudinal assessment of quality of life in laryngeal cancer patients. *Head Neck*. 1996; 18: 1-10.
- [61]: Weissler M.C. Management of complications resulting from laryngeal cancer treatment. *Otolaryngol Clin North Am*. 1997; 30: 269-278
- [62]: Wax M.K, Touma B.J, Ramadan H.H. Tracheostomal stenosis after laryngectomy: Incidence and predisposing factor. *Otolaryngol Head Neck Surg*. 1995; 113: 242-247.
- [63] : Laccourreye O., Werner A., Maldent J.-B. : Une histoire de la laryngectomie à travers les siècles. *Journal de Chirurgie Viscérale* (2010), (10) :7-13.
- [63]: Damste P.H. Methods of restoring the voice after laryngectomy. *Laryngoscope* 1975; 85: 655.
- [64] : Heuillet -Martin G. : Voix œsophagienne. *Les cahiers d'ORL* 1981 ; XVI : 215-52.
- [65] : Le Huche A., Allali F. : Pathologie vocale d'origine organique. *La voix*, tome 3. Collection Phoniatrie. Edition Masson (2001)
- [66] : Guerrier Y., Galy G. : Les procédés de réhabilitation vocale après laryngectomie totale. *Traité de technique chirurgicale ORL et cervico- faciale*. Paris : Masson ; 1977. p. 333-7.
- [67] : Brugere J., Lemann M., Laurent A., Rodriguez J., Point D. : Réinsertion et surveillance médicale du laryngectomisé. *EMC, ORL*, 20710A30, 2, 1987, 111.
- [68] : Algaba J. : Voice rehabilitation for laryngectomized patients. *Laryngol Otol Rhinol (Bord)* 1987 ; 108 : 139-42.

- [69] : Gussembauer C. Über die erste durch Th. Billroth am Menschen ausgeführte Kehlkopf- Extirpation, und die anwendung eines Künstlichen Kehlkopes. Arch Klin Chir 1874 ; 17 : 343-356.
- [70] : Choussy O, Elmakhloufi K, Dehesdin D. Techniques chirurgicales de réhabilitation vocale après laryngectomie totale. EMC Techniques chirurgicales- tête et cou. 46- 370 (2005).
- [71] : Traissac L. Les solutions de réhabilitation chirurgicale et prothétique. In : Réhabilitation de la voix et de la déglutition après chirurgie partielle ou totale du larynx. Rapport de la société française d'oto-rhino-laryngologie et de pathologie cervicofaciale. Paris : Arnette ; 1992. p. 253- 95.
- [72] : Amatsu M. A one stage surgical technique for post- laryngectomy voice rehabilitation. Laryngoscope 1980 ; 90 : 1378- 86.
- [73] : Laccoureye O, Crevier-Buchman L, Hacquart N, Naudo P, Muscatello L, Brasnu D. Laryngcetomies et pharyngolaryngectomie avec fistules trachéolaryngées de Pearson. Technique, indications et résultats préliminaires. Ann Otolaryngol chir cervicofac 1996 ; 113 :261-8.
- [74] : Singer M.I. : Tracheoesophageal speech : vocal rehabilitation after total laryngectomy. Laryngoscope 1983 ; 93(11Pt 1) : 1454-65.
- [75] : Pou A.M. Tracheoesophageal voice restoration with total laryngectomy. Otolaryngol Clin North Am 2004 Jun ; 37(3) : 531-45.
- [76] : Guerrier Y, Galy G. Les procédés de réhabilitation vocale après laryngectomie totale. In : Traité de technique chirurgicale ORL et cervico-faciale. Paris : Masson ; 1977.p. 333-7.
- [77] : Marandas P., Jouffroy T., Leridant A.M., Bretagne E., Julieron M. : Suivi et résultats des prothèses phonatoires à propos de 62 patients implantés. Rev Soc Fr ORL 1996 ; 35 : 49- 53.

- [78] : Algaba J. : Voice rehabilitation for laryngectomized patients. Rev Laryngol Otol Rhinol (Bord) 1987 ; 108 : 139-42.
- [79] : Singer M.I., Blom E.D. : An endoscopic technique for restoration of voice after laryngectomy. Ann Otol Rhinol Laryngol 1980 ; 89(6Pt1) : 529-33.
- [80] : Traissac L. : Les implants phonatoires : principes de fonctionnement. Cah ORL 2000 ; 35:14-5.
- [81] : Ten Hallers E.J. at al. : Difficulties in the fixation of prostheses for voice rehabilitation after laryngectomy. Acta Otolaryngol. 2005 Aug ; 125(8) : 804-13.
- [82] : Chone C.T., Gripp F.M., Spina A.L., Creswpo A.N., : Primary versus secondary tracheoesophageal puncture for speech rehabilitation in total laryngectomy : long- term results with indwelling voice prosthesis. Otolaryngol Head Neck Surg 2005 Jul ; 133 (1) : 89-93.
- [83]: Andrews J.C., Michel R.A., Monahan G.P., HansonD.G., Ward P.H. : Major complication following tracheoesophageal puncture of the Provox voice prosthesis. Laryngoscope 1987 ; 97 :562-7.
- [84] : Marco-Algarra J., Morant A., Mallea I. and de la Fuente L. : Myotomy vs. Nonmyotomy. Results in phonatory voice prosthesis surgery after total laryngectomy : a long-term follow-up. Surgery and prosthetic voice restoration after total and subtotal laryngectomy. Elsevier 1996.
- [85] : Singer M.I., Blom E.D. : Selective myotomy for voice rehabilitation after total laryngectomy. Arch Otolaryngol 1981 ; 107 : 670- 673.
- [86] : Henley J., Souliere C.R. : Pharyngeal constrictor myotomy and speech rehabilitation of the laryngectomy patient. In : Myers EN (ed) New Dimensions in otolaryngology Head and Neck Surgery. Amsterdam : Elsevier, 1985 : 189-198.

- [87] : Singer M.I., Blom E.D., Hamaker R.C. : Pharyngeal plexus neurectomy for laryngeal speech rehabilitation. *Laryngoscope* 1986 ; 96 : 50- 53.
- [88] : Montgomery W.W. : Postlaryngectomy vocal rehabilitation. *Arch Otolaryngol* 1972 ; 97:76-83.
- [89] : Algaba J., Zulueta A., Finez J., Gorostiza F. : Nuestro criterio sobre la miotomia de loa constrictores. In : Algaba J. (ed) *Recuperacion de la voz en laringectomizados. Fistuloplastias y protesis fonatorias*. Madrid : Garci, 1988 : 170- 173.
- [90] : Pindzola R.H., Cain B.H. : Acceptability ratings of tracheoesophageal speech. *Laryngoscope* 1988 ; 98 : 394-7.
- [91] : De Raucourt D., Rame J.P., Daliphard F., Bequignon A., Le Pennec D. Goulet D.E. et al. : Les implants phonatoires : résultats phoniatiques. Expérience du centre François Baclesse. *Cah ORL* 2000 ; 35 : 33-7.
- [92] : Carding P., Welch A., Owen S., Stafford F. : Surgical voice restoration. *Lancet* 2001 ; 357 : 1463-4.
- [93] : Akbas Y., Dursum G. : Voice restoration with low pressure Blom-Singer voice prosthesis after total laryngectomy. *Yonsei Med J* 2003 ; 44 :615-8.
- [94] : Geraghty J.A., Wenig B.L., Smith B.E., Portugal L.G. : Long-term follow-up of tracheoesophageal puncture results. *Ann Otol Rhinol Laryngol* 1996 ;105:501-3.
- [95] : Coudray C., Rerolle S., Lienhardt P.Y., Trannoy P., Tamarelle J.M., Brule R. : Les implants phonatoires, suivi post-opératoire : incidents, accidents, abandon et changement d'implant phonatoire. *Cah ORL* 2000 ; 35 : 24-32.
- [96] : Bauters T.G., Moerman M., Vermeersch H., Nelis H.J. : Colonisation of voice prostheses by albicans and non-albicans Candida species. *Laryngoscope* 2002 ; 112 : 708-12.

- [97] : Blom E.D, Remacle M. Tracheoesophageal voice restoration. Problems and solutions. In : Tracheoesophageal voice restoration following total laryngectomy. London : Singular publishing publishing group ; 1998.p. 73-82.
- [98] : Remacle M, Declaye X. Gax-collagen injection to correct an enlarged tracheoesophageal fistula for a vocal prosthesis. Laryngoscope 1998 ; 98 : 1350-2.
- [99] : Laccoureye O, Papon JF, Brasnu D, Hans S. Autogenous fat injection for the incontinent tracheoesophageal puncture site. Laryngoscope 2002 ; 112 : 1512-4.
- [100] : Labruna A, Klatsky I, Huo J, Weiss M.H. Tracheoesophageal puncture in irradiated patients. Ann Otol Rhinol Laryngol 1995 ; 104 (4Pt 1) : 279-81.
- [101] : Trudeau M.D, Schuller D.E, Hall D.A. The effects of radiation on tracheoesophageal puncture. A retrospective study. Arch Otolaryngol Head Neck Surg 1989 ; 115 : 1116-7.
- [102] : Mehle M.E, Lavertu P., Meeker S.S, Tucker H.M, Wood B.G. Complications of secondary tracheoesophageal puncture : the Cleveland Clinic Foundation experience. Otolaryngol Head Neck Surg 1992 ; 106 : 189-92.
- [103] : Devars F. Les implants phonatoires : techniques de mise en place. Cah *ORL* 2000 ; 35 :20-3.
- [104] : Singh W. Singh tracheostoma speech valve. Surgery and prosthetic voice restoration after total and subtotal laryngectomy. 1996. Elsevier Science.p. 393-396.
- [105] : Heuillet-Martin G. Voix oesophagienne. Les cahiers d'ORL 1981 ; XVI : 213-52.

- [106] : Bertino G, Bellomo A, Miani C, Ferrero F, Staffieri A. Spectrographic differences between tracheal- oesophageal and oesophageal voice. *Folia Phoniatr Logop* 1996 ; 48 : 225-261.
- [107] : De Raucourt D, Rame J.P, Daliphard F, Bequignon A, Le Pennec D, Gouillet DE. Les implants phonatoires : résultats phoniatriques. Expérience du centre François Baclesse. *Cah ORL* 2000 ; 35 :33-7.
- [108] : Benenite A, Salami B, Fourteuil M. Pronostic d'acquisition de la voix oesophagienne : techniques chirurgicale et exploration échographique. *J.E.M.U.*, 1998, 19, n°1, 38- 43.
- [109] : Kazi R., kanagalingam J. et al. Electroglottographic and Perceptual Evaluation of tracheoesophageal Speech. *Journal of voice*, Vol. 23, No.2, 2009.
- [110] : Eksteen E.C, Rieger J, Nesbitt M, Seikaly H. comparaison of voice characteristics following three different methods of treatment for laryngeal cancer. *J Otolaryngol*. 2003;32 :250-253.
- [111] : Hillman R.E, Walsh M.J, Heaton J.T. Laryngectomy speech rehabilitation : a review of outcomes.In : Doyle P.C, Keith R.L, eds. *Contemporary Considerations in the Treatment and Rehabilitation of Head and Neck Cancer- Voice, speech, and Swallowing*. Austin, TX : Pro-Ed Inc. ; 2005.
- [112] : Bennett S, Weinberg B. Acceptability ratings of normal, esophageal, and artificial laryngeal speech. *J Speech Hear Res*. 1973 ; 16:608-615.
- [113] : Graham M.S, Taking it to the limits-achieving proficient esophageal speech. In: Doyle P.C, Keith R.L, eds. *Contemporary Considerations in the Treatment and Rehabilitation of Head and Neck Cancer- Voice, Speech, and Swallowing*. Austin, TX : Pro-Ed Inc. ; 2005.
- [114] : Vary P, Martin R. *Digital Speech Transmission*, John Wiley & Sons Ltd, West Sussex, 2006.

- [115] : Pietruch R, Michalska M, Konopka W, Grzanka A. « Methods for formant extraction in speech of patients after total laryngectomy ». *Biomed. Signal Proc. And Control*, Vol.1,2006, pp.107-112.
- [116] : Azzarello M, Breteque B.A, Garrel R, Giovanni A. « Determination of oesophageal speech intelligibility using an articulation assessment ». *Rev. Laryngol Otol Rhinol (Bord)*, vol.126, 2005, pp.327- 334.
- [117] : Manfredi C. « Voice models and analysis for biomedical applications ». *Biomedical Signal Processing and control* 1 (2006) 99-101.
- [118] : Sharifzadeh H. R, McLoughlin I.V, Ahamdi F. Voice speech from whispers for post laryngectomised patients. *IAENG International Journal of computer Science*, 36 : 4, IJCS_36_4_13. Nov. 2009.
- [119] : Kazi Rehan A, Prasad Vyas M.N, Kanagalingam J., Nutting C.M, Clarke P, Rhys- Evans P, Harrington K.J. « Assessment of the Formant Frequencies in Normal and Laryngectomized Individuals Using Linear Predictive Coding ». *Journal of voice*, vol.21, No. 6, 2007.
- [120] : Ishizaa K, Flanagan J.L. « Synthesis of voiced sounds from a two-mass model of the vocal cords, *Bell Syst. Tech. J.* 51 (1972) 1233-1268.
- [121] : MacCallum J.K, Cai L, Zhou L, Zhang Y, Jiang J.J. Acoustic analysis of aperiodic voice : Perturbation and nonlinear dynamic proprieties in esophageal phonation. *Journal of Voice*. Vol. 23, No. 3, pp. 283- 290.
- [122] : Pinto N.B, Titze I.R, Unification of perturbation measures in speech signals, *J. Acoust. Soc. Am.* 87 (3) (1990) 1278- 1289.
- [123] : Markel J.D, Gray A.H. *Linear Prediction of speech*, Springer-Verlag, Berlin, D.E, 1976.
- [124] : Deller J.R, Proakis J.G, Hansen J.H.L. *Discrete- Time Processing of speech Signals*, MacMillan Pub. Co., New York, USA, 1993.

- [125] : Doyle P.C, Danhauer J.L, Reed C.G. Listeners' perceptions of consonants produced by oesophageal and tracheoesophageal talkers. J Speech Hear Disord. 1988 ; 53 :400-407.
- [126] : Filter M.D, Hyman M. Relationship of acoustic parameters and perceptual ratings of oesophageal speech. Percept Mot Skills. 1975 ; 40 :60-68.
- [127] : Hachimi M.H. Alami M.N. réhabilitation vocale après laryngectomie totale. Mémoire de fin de spécialité en ORL et Chirurgie dervico-faciale. 2007
- [128] : Shipp T. Frequency, duration, and perceptual measures in relation to judgments of alaryngeal speech acceptability. J Speech Hear Res. 1967 ; 10 : 417-427.
- [129] : Bellandese M.H, Lerman J.W, Gilbert H.R. An acoustic analysis of excellent female oesophageal, tracheoesophageal, and laryngeal speakers. J Speech Lang Hear Res. 2001 ; 44 :1315- 1320.
- [130] : Liu H, Wan M, Wang S, Wang X, Lu C. Acoustic characteristics of Mandarin oesophageal speech. J Acoust Soc Am. 2005 ; 118 : 1016-1025.
- [131] : Robbins J, Fisher H.B, Blom E.C, Mark I.S. A comparative acoustic study of normal, oesophageal, and tracheoesophageal speech production. J Speech Hear Disord. 1984 ; 49 : 202- 210.
- [132] : Weinberg B, Horii Y, Smith B.E. Long time spectral and intensity characteristics of oesophageal speech. J Acoust Soc Am. 1980 ; 67 : 1781-1784.
- [133] : Motta S, Galli I, Di Rienzo L. Aerodynamic findings in oesophageal voice. Arch Otolaryngol Head Neck Surg. 2001 ; 127 : 700-704.
- [134] : Sisty N.L, Weinberg B. Formant frequency characteristics of oesophageal speech. J Speech Hear Res. 1972 ; 15 :439-448.

- [135] : Peterson G, Barney H. Control methods used in a study of the vowels. J Acoust Soc Am. 1952 ; 24 : 175-184.
- [136] : Cervera T, Miralles J.L, Gonzalez-Alvarez J. Acoustical analysis of spanish vowels produced by laryngectomized subjects. J Speech Lang Hear Res. 2001 ; 44 : 988-996.
- [137] : Kytta J. Finnish oesophageal speech after laryngectomy : sound spectrographic and cineradiographic studies. Acta Otolaryngol. 1964 ; 195 (suppl 195) : 1-95.
- [138] : Diedrich W.M, Youngstrom K.A. Alaryngeal Speech. Springfield, IL : Charles C. Thomas ; 1966.
- [139] : Gates G.A. Upper esophageal sphincter : pre- and postlaryngectomy_ a normative study. Laryngoscope 1980 ; 90 : 454- 464.
- [140] : Isman K.A, O'Brien C.J. Video-fluoroscopy of the pharyngoesophageal segment during tracheoesophageal and oesophageal speech. Head Neck 1992 ; Sept/Oct :325- 358.
- [141] : Staffieri A, De Filippis C, Bertino G, Pedace E. Dynamic study of phonation after total laryngectomy. Surgery and prosthetic voice restoration after Total and subtotal laryngectomy. Elsevier Science 1996 : 215-218.
- [142] : Brewer D.W, Gould L.V, Casper J. Fiber-optic video study of the postlaryngectomized voice. Laryngoscope 1974 ; 666-670.
- [143] : Nishizawa N, Kobashi M, Mesuda Y, Sakai N, Inuyama Y, Tanaka K, Takahashi M. Active adjustments in the neoglottis of laryngectomees. Surgery and Prosthetic voice restoration after total and subtotal laryngectomy. Elsevier Science 1996.

- [144] : Debruyne F, Delaere P, Wouters J, Uwents P. Acoustic analysis of tracheoesophageal versus oesophageal speech. *J Laryngol Otol* 1994 ; 108 : 325-328.
- [145] : Hoasjoe D.K, Martin G.F, Doyle P.C, Wong F.S. A comparative acoustic analysis of voice production by near-total laryngectomy and normal laryngeal speakers. *J Otolaryngol* 1992 ; 21 : 39-43.
- [146] : Mahieu H. et al. Pharyngoesophageal myotomy for vocal rehabilitation of laryngectomees. *Rev Laryngoscope* 1987 ; 97 : 451- 457.
- [147] : Orcel S. Etude de l'intelligibilité de la voix oesophagienne. Mémoire d'orthophonie (2007), Marseille, sous la direction de B. Amy de la Bretèque.
- [148] : Azzerello M, Amy de la Bretèque B, Garrel R, Giovanni A. Intérêt d'un bilan articulatoire pour l'estimation de l'intelligibilité de la voix oesophagienne. *Rev. Laryngol. Otol. Rhinol.* 2005, 126(5), 327- 334.
- [149] : Webster P.M, Duguay M.J. Surgeons' reported attitudes and practices regarding alaryngeal speech. *Ann Otol Laryngol* 1990 ; 99 : 197- 200.
- [150] : Lopez M.J, Kraybill W, McElroy T.H, Guerra O. Voice rehabilitation practices among head and neck surgeons. *Ann Otol Rhinol Laryngol* 1987 ; 96 : 261- 163.
- [151] : Blom E.D, Singer M.I, Hamaker R.C. Total laryngectomy with voice preservation. In : Fried MP (ed) *The larynx : A Multidisciplinary Approach*. Boston, MA : Little Brown & Co Inc., 1988 : 517- 530.
- [152] : Luboinski B, Eschwege F, Stafford N. Voice rehabilitation after laryngectomy : controversies. In : Kagan A.R, Miles J. (ed) *Head and Neck Oncology*. New York : Pergamon Press Inc., 1989 : 162-165.
- [153] : Trudeau M.D, Hirsch S.M, Schuller D.E. Vocal restorative surgery : why wait ? *Laryngoscope* 1986 ; 96 : 975- 977.

- [154] : Bertino G, Bellomo A, Miani C, Ferrero F, Staffieri A. Spectrographic analysis of tracheoesophageal vs. Esophageal speech. Surgery and Prosthetic Voice Restoration after Total and Subtotal Laryngectomy. Elsevier Science 1996.
- [155] : Debruyne F, Delaere P, Wouters J, Uwents P. Acoustic analysis of tracheal-esophageal vs. esophageal speech. J Laryngol Otol 1994 ; 108 :325- 328.
- [156] : Mahieu H.F. Voice and Speech rehabilitation following Laryngectomy. Proefschrift Rijksuniversiteit Groeningen, 1988.
- [157] : Pindzola R.H, Cain B.H, Blom E.C, Singer M.I. A comparative acoustic study of normal, oesophageal, and tracheal-esophageal speech production. J Speech Hear Disord 1984 ; 49 : 202- 210.
- [158] : Robbins J, Fisher H.B, Blom E.C, Singer M.I. A comparative acoustic study of normal, oesophageal, and tracheal-esophageal speech production. J speech Hear Disord 1984 ; 49 : 202- 210.
- [159] : Robbins J. Acoustic differentiation of laryngeal, oesophageal, and tracheal-esophageal speech. J Speech Hear Res 1984 ; 27 : 577- 585.
- [160] : Biondi S, Zappalà M, Amato G. La spettrografia della voce. ActaPhon Lat 1990 ; 12 : 199- 236.
- [161] : Bridges A. Acceptability ratings and intelligibility scores of alaryngeal speakers by three listener groups. Brit J Disord Comm 1991 ; 26 : 325-335.
- [162] : Formigoni P, Genovese E, Bellussi C. Caratteristiche percettive della voce. In : La riabilitazione fonetica del laringectomizzato. Relazione ufficiale del XIX congresso Nazionale della Società Italiana di Foniatria. Acta Phon Lat 1985 ; VII, 3 : 269-287.
- [163] : Pindzola R.H, Cain B.H, Auburn A.L. acceptability ratings of tracheal-oesophageal speech. Laryngoscope 1988 ; 98 : 394- 397.

- [164] : Tardy-Mitzell S, Andrews M.L, Bowman S.A. Acceptability and intelligibility of tracheal-esophageal speech. Arch Otolaryngol 1985 ; 111 : 213-215.
- [165] : Burguès J, Quer M, Leon X. Esophageal voice rehabilitation vs. phonatory prosthesis restoration. Surgery and Prosthetic voice Restoration after Total and Subtotal Laryngectomy. Elsevier Science 1996.
- [166] : Jacobson M, Franssen E, Billirt B.D. Predicting post laryngectomy voice outcome in an era of primary tracheoesophageal fistulization. J Otolaryngol. 1997 ; 26 : 171- 179.
- [167] : Harwood A.R, Rawlinson E. The quality of life of patients following treatment of laryngeal cancer. Int J Radiat Oncol Biol Phys 1983 ; 9 : 335- 338.
- [168] : McNeil B.J, Weicheslbaum R, Pauker S.G. Speech and survival : tradeoffs between quality and quantity of life in laryngeal cancer. N Engl J Med 1981 ; 305 : 982- 987.
- [169] : Morton R.P. Evolution of quality of life assessment in head and neck cancer. J Laryngol Otol 1995 ; 109 : 1029- 1035.
- [170] : Jay S, Rubby J, Cullen R.J. Laryngectomy : the patients view. J Laryngol Otol 1991 ; 105 : 934- 938.
- [171] : Hernandorena M.V. Psychological strategy for laryngectomized women. Surgery and prosthetic voice restoration after total and subtotal laryngectomies. 1996 Elsevier Science.
- [172] : Kazi R, Singh A, De Cordova J, et al. A new self- administered questionnaire to determine patient experience with voice prosthesis (Blom-Singer valves). J PostgradMed. 2005 ; 51 : 253- 258.
- [173] : Jacobson BH, Johnson A, Grywalski C, Sibergleit A, Jacobson G, Beninger MS, Newman CW. The Voice Handicap Index (VHI) : development and validation. Am J Speech Lang Pathol. 1997 ; 6 :66-70.

- [174] : Hogikyan N. Sethuraman G. Validation of an instrument to measure voice-related quality of life. Paper presented at the 27th Annual Voice Foundation Symposium : Care of the professional voice ; June 5, 1998 ; Philadelphia. P.A.
- [175] : Deleyiannis, F. W., Weymuller, E. A., Jr., Coltrera, M. D., & Futran, N. (1999). Quality of life after laryngectomy: Are functional disabilities important? *Head & Neck*, 21(4), 319-324.
- [176] : List, M. A., Ritter-Sterr, C. A., Baker, T. M., Colangelo, L. A., Matz, G., Pauloski, B. R., et al. (1996). Longitudinal assessment of quality of life in laryngeal cancer patients. *Head & Neck*, 18(1), 1-10.
- [177] : Nalbadian, M., Nikolaou, A., Nikolaidis, V., Petridis, D., Themelis, C., & Daniilidis, I. (2001). Factors influencing quality of life in laryngectomized patients. *European Archives of Oto-Rhino-Laryngology*, 258(7), 336-340.
- [178] : Farrand, P., & Duncan, F. (2007). Generic health-related quality of life amongst patients employing different voice restoration methods following total laryngectomy. *Psychology, Health & Medicine*, 12(3), 255-265.
- [179] : Weinstein, G. S., El-Sawy, M. M., Ruiz, C., Dooley, P., Chalian, A., El-Sayed, M. M., et al. (2001). Laryngeal preservation with supracricoid partial laryngectomy results in improved quality of life when compared with total laryngectomy. *The Laryngoscope*, 111(2), 191-199.
- [180] : Sewnaik, A., Van Den Brink, Jaap L., Wieringa, M. H., Meeuwis, C. A., & Kerrebijn, J. D. F. (2005). Surgery for recurrent laryngeal carcinoma after radiotherapy: Partial laryngectomy or total laryngectomy for a better quality of life? *Otolaryngology - Head and Neck Surgery*, 132(1), 95-98.

- [181] : Op de Coul, B. M. R., Ackerstaff, A. H., van As, C. J., van den Hoogen, F. J. A., Meeuwis, C. A., Manni, J. J., & Hilgers, F.J.M. (2005). Quality of life assessment in laryngectomized individuals: Do we need additions to standard questionnaires in specific clinical research projects? *Clinical Otolaryngology*, 30(2), 169-175.
- [182] : Jacobson, B. H., Johnson, A., Grywalski, C., Silbergleit, A., Jacobson, G., & Benninger, M. S. (1997). The voice handicap index (VHI): Development and validation. *American Journal of Speech-Language Pathology*, 6(3), 66-70.
- [183] : Deary, I. J., Webb, A., MacKenzie, K., Wilson, J. A., & Carding, P. N. (2004). Short, self-report voice symptom scales: Psychometric characteristics of the voice handicap index-10 and the vocal performance questionnaire. *Otolaryngology - Head and Neck Surgery*, 131(3), 232-235.
- [184] : Hogikyan, N. D., Wodchis, W. P., Spak, C., & Kileny, P. R. (2001). Longitudinal effects of botulinum toxin injections on voice-related quality of life (V-RQOL) for patients with adductory spasmodic dysphonia. *Journal of Voice*, 15(4), 576-586.
- [185] : Fung, K., Lyden, T. H., Lee, J., Urba, S. G., Worden, F., & Eisbruch, A. (2005). Voice and swallowing outcomes of an organ-preservation trial for advanced laryngeal cancer. *International Journal of Radiation Oncology, Biology, Physics*, 63(5), 1395-1399.
- [186] : Mandar S, Deshpande M.S, Anagha C, Kakade, Devendra A, Chaukar M.S, Vinod T, Gore M, Prathamesh S, et al. Validation and assessment of voice-related quality of life in indian patients undergoing total laryngectomy and primary tracheoesophageal puncture. *Head & Neck* - doi 10.1002. Wiley periodicals. January 2009.

- [187] : Kazi R, De Cordova J, Singh A, et al. Voice-related quality of life in laryngectomees: assessment using the VHI and V-RQOL symptom scales. *J Voice* 2006; 21:728-734.
- [188] : Heuillet-Martin G, Conard L. *Du silence à la voix*. Marseille : Solal 1997.
- [189] : Giovanni A, Robert D. *Prise en charge orthophonique en cancérologie ORL*. Coll. Voix Parole Langage. Solal 2010.
- [190] : Grunwell P. *Phonological therapy : premises, principles and procedures*. Proceedings of XIX Congress of International Association of Logopaedics and Phoniatrics, 14-18 August. University of Edinburgh, 1983.
- [191] : Natvig K. Laryngectomees in Norway. Study no 3 : Pre- and postoperative factors of significance to oesophageal speech acquisition. *J Otolaryngol* 1983 ; 12 : 249-254.
- [192] : Edels Y. *Laryngectomy : diagnosis to rehabilitation*. London, Canberra : Croom Helm, 1983.
- [193] : Perry A, Edels Y. Recent advances in assessment of failed oesophageal speakers. *Br J Disord Comm* 1985 ; 20 : 229-239.
- [194] : Blom ED, Singer MI, Hamaker RC. An improved esophageal insufflation test. *Arch Otolaryngol* 1985 ; 111 : 211-212.
- [195] : Perry A. *Laryngectomy therapy : premises, principles and procedures*. Surgery and prosthetic voice restoration after total and subtotal laryngectomy. Elsevier Science, 1996.
- [196] : Baugh RF, Lewin JS, Baker SR. Preoperative assessment of tracheo-oesophageal speech. *Laryngoscope* 1987 ; 98.
- [197] : Singer MI, Blom ED. Vocal rehabilitation after laryngectomy. *Otolaryngol Clin North Am* 1985 ; 18 :3, 605-611.

[198] : Hillman R.E, Walsh M.J, Wolf G, Fisher S, Hong W. Functional outcomes following treatment for advanced laryngeal cancer. Part I : Voice preservation in advanced laryngeal cancer. Part II : Laryngectomy rehabilitation : the state-of-the-art in the VA system. Ann. Otol. Rhinol Laryngol. 1998 ; 107(Suppl 172, Pt 2) : 1-27.