

**UNIVERSITE PAUL SABATIER  
FACULTE DE MEDECINE TOULOUSE-RANGUEIL  
DEPARTEMENT DES TECHNIQUES DE READAPTATION  
ENSEIGNEMENT D'ORTHOPHONIE**

**DE L'UTILITE DES LOGICIELS  
POUR LA VOIX EN  
REEDUCATION DE  
DYSPHONIES  
DYSFUNCTIONNELLES**

MEMOIRE EN VUE DE L'OBTENTION DU CERTIFICAT DE  
CAPACITE D'ORTHOPHONISTE

CAROLINE COUDIERE

juillet 2003

# REMERCIEMENTS

Je tenais à remercier toutes les personnes qui ont participé à ce mémoire et alimenté ma réflexion sur ce sujet, mais aussi tout au long de ces quatre années d'études sur l'orthophonie et le rôle de l'orthophoniste que je deviens. Aussi, mille mercis à :

- Anne Sicard, maître de ce mémoire, merci pour tes conseils, ton soutien pendant ces deux années de recherche et de rédaction, pour ta formation sur Vocalab et le partage de ton expérience,
- Dr V.Woisard, M.Puech, M.M.Dutel, A.Osta et C.Legros, pour vos aides « techniques » et vos conseils de « spécialistes »,
- tous les orthophonistes, qui ont répondu si gentiment et si rapidement à mes questionnaires, et qui ont pris le temps de me faire part de leurs expériences,
- Dr J.P.Charlet pour vos conseils méthodologiques et vos calculs statistiques,
- M.A.Blanchard, C.Renon, C.Guérin, E.Katchinsky et N.Massol, pour m'avoir accompagnée dans ma réflexion vis-à-vis de la Voix et de la rééducation vocale, et permis de me former dans ce domaine au cours des stages,
- tous les professeurs de l'école d'orthophonie de Toulouse et tous mes maîtres de stages sur ces quatre années,
- Christophe pour son soutien inconditionnel, ainsi que son assistance logistique et informatique de tous les instants.

# TABLE DES MATIERES

<b>INTRODUCTION.....</b>	<b>5</b>
<b>1. LA PHYSIOLOGIE DE LA VOIX.....</b>	<b>7</b>
1.1. INTRODUCTION.....	7
1.2. LES ÉLÉMENTS DE L'APPAREIL VOCAL.....	7
1.3. L'IMPORTANCE DE LA STATIQUE .....	19
<b>2. LES PATHOLOGIES VOCALES CHEZ L'ADULTE .....</b>	<b>22</b>
2.1. INTRODUCTION.....	22
2.2. GÉNÉRALITÉS SUR LES DYSPHONIES DYSFONCTIONNELLES.....	22
2.3. RAPPEL DE LA TERMINOLOGIE RELATIVE AU TIMBRE PATHOLOGIQUE .....	23
2.4. LES DYSPHONIES DYSFONCTIONNELLES SIMPLES .....	25
2.5. LES DYSPHONIES DYSFONCTIONNELLES COMPLIQUÉES OU DYSORGANIQUES .....	27
2.6. LES DYSPHONIES D'ORIGINE PSYCHOGENÈ.....	32
<b>3. PRÉSENTATION DE DIFFÉRENTES MÉTHODES/ APPROCHES DE RÉÉDUCATION DES DYSPHONIES DYSFONCTIONNELLES.....</b>	<b>34</b>
3.1. INTRODUCTION.....	34
3.2. PRÉSENTATION DE DIFFÉRENTES APPROCHES THÉRAPEUTIQUES DE LA VOIX DYSPHONIQUE.....	34
3.3. SYNTHÈSE DES DIFFÉRENTES APPROCHES PRÉSENTÉES.....	47
3.4. ET LE LOGICIEL DANS TOUT ÇA ?.....	50
3.5. CONCLUSION .....	51
<b>4. L'IMAGE DE L'ORDINATEUR DANS LA PRATIQUE ORTHOPHONIQUE .....</b>	<b>54</b>
4.1. INTRODUCTION.....	54
4.2. HISTORIQUE EN QUELQUES POINTS .....	55
4.3. LES LOGICIELS EN ORTHOPHONIE .....	57
4.4. LES APPORTS DE L'INFORMATIQUE .....	59
4.5. LES LIMITES DE L'INFORMATIQUE.....	62
4.6. CONCLUSION .....	64
<b>5. ACOUSTIQUE ET VISUALISATION SPECTRALE.....</b>	<b>66</b>
5.1. INTRODUCTION.....	66
5.2. NOTIONS D'ACOUSTIQUE .....	66
5.3. L'ANALYSE SPECTRALE .....	77
5.4. CONCLUSION .....	82
<b>6. LOGICIELS ET STATIONS INFORMATIQUES DE VISUALISATION DE LA VOIX ...</b>	<b>84</b>

6.1.	INTRODUCTION.....	84
6.2.	PRÉSENTATION DES LOGICIELS COMPRENANTS DES MODULES SPÉCIFIQUES POUR LA RÉÉDUCATION VOCALE.....	84
6.3.	CONCLUSION .....	100
<b><u>7. APPORT DU BIO FEEDBACK VISUEL DANS LA RÉÉDUCATION DE LA VOIX .....</u></b>		<b>102</b>
7.1.	INTRODUCTION.....	102
7.2.	LE FEEDBACK VISUEL ÉTUDIÉ DANS LE DOMAINE DE LA SANTÉ .....	102
7.3.	LE FEEDBACK VISUEL ÉTUDIÉ EN PÉDAGOGIE .....	105
7.4.	CONCLUSION .....	111
<b><u>8. ETAT DES LIEUX EN MIDI-PYRÉNÉES : UTILISATION DES LOGICIELS POUR LA VOIX .....</u></b>		<b>114</b>
8.1.	INTRODUCTION.....	114
8.2.	MATÉRIELS ET MÉTHODES .....	115
8.3.	RÉSULTATS .....	116
8.4.	DISCUSSION.....	122
8.5.	CONCLUSION .....	124
<b><u>9. ENQUÊTE AUPRÈS DES ORTHOPHONISTES : « UTILISATION DU LOGICIEL ET RESENTI DES ORTHOPHONISTES ».....</u></b>		<b>125</b>
9.1.	INTRODUCTION.....	125
9.2.	MATÉRIELS ET MÉTHODES .....	126
9.3.	RÉSULTATS .....	127
9.4.	DISCUSSION.....	148
9.5.	CONCLUSION .....	157
<b><u>CONCLUSION.....</u></b>		<b>159</b>
<b><u>BIBLIOGRAPHIE .....</u></b>		<b>161</b>

# INTRODUCTION

L'ordinateur s'impose de plus en plus dans la pratique orthophonique. Son utilisation se diversifie et régulièrement apparaissent de nouveaux logiciels spécialisés, destinés à la gestion du cabinet, à l'évaluation et à la rééducation orthophonique. Le domaine de la voix n'échappe pas à ce marché. Pourtant, les orthophonistes semblent plus réticents vis-à-vis de cette approche alors qu'ils utilisent parfois quotidiennement l'ordinateur pour la rééducation du langage écrit par exemple. Cette réserve semble être provoquée par l'apparente opposition entre les piliers de la rééducation vocale - relation humaine, dialogue, proprioception - et la froideur de la machine.

Pourtant, on ne peut nier qu'une rééducation vocale, qui nécessite un investissement fort de la part du patient et du thérapeute, présente quelques écueils, qui ont pour principale origine la subjectivité. L'évaluation des paramètres acoustiques, la référence à la norme pour l'orthophoniste et la compréhension de certains termes ou consignes pour le patient sont autant de facteurs qui peuvent poser problème tout au long de la rééducation.

L'utilisation de logiciels pourrait-elle pallier ces difficultés en apportant une visualisation de la voix et une objectivation de ses paramètres ? Une telle visualisation pourrait-elle faciliter les représentations mentales du patient, une prise de conscience de ses défauts mais aussi de ses progrès ? Pourrait-elle rendre, aux yeux du patient, nos attentes de thérapeute plus justifiées, et justifiables par l'apport d'un modèle ? Une approche plus « scientifique » est-elle incompatible avec la mise en place d'une relation humaine entre le thérapeute et son patient, ou avec la prise de conscience d'un espace proprioceptif ?

Sans remettre en question l'efficacité et le bien-fondé des méthodes de rééducation actuelles, il s'agit ici d'étudier si l'outil informatique peut remédier ou non à certains manques possibles d'une approche basée essentiellement sur la subjectivité du patient et l'écoute plus ou moins avertie de l'orthophoniste en apportant un complément objectif. Pour ce faire, la démarche suivie s'est faite en quatre étapes.

Tout d'abord, nous définirons **le cadre et les particularités des pathologies dysfonctionnelles**. Nous verrons donc la physiologie « normale » de la voix, puis les différentes pathologies concernées par ce mémoire, dans l'optique de donner quelques repères lors de l'utilisation d'un logiciel pour la voix.

Ensuite, nous verrons **pourquoi l'utilisation d'un logiciel n'est pas encore répandue dans la pratique de la rééducation vocale**. Nous passerons en revue dans un premier temps différentes méthodes de rééducation vocale couramment utilisées en orthophonie. Puis, dans un second temps, nous verrons comment l'ordinateur est perçu en orthophonie en général, en développant les apports et les limites reconnus de l'outil informatique.

Puis, nous nous intéresserons aux **logiciels pour la voix en eux-mêmes**. Après avoir traité les notions d'acoustique et de visualisation spectrale nécessaires à une utilisation optimale, nous recenserons les différents logiciels destinés à la rééducation vocale. Enfin nous étudierons les avantages du feedback visuel dans la rééducation, apport essentiel de l'utilisation d'un logiciel.

Enfin, après ces éléments théoriques, nous verrons au travers de deux enquêtes menées dans le cadre de ce mémoire **quelle est, en pratique, l'image et l'utilisation de ces logiciels**. La première enquête fait un état des lieux de l'utilisation des logiciels de voix en Midi Pyrénées ; la seconde expose la pratique de ces outils par les orthophonistes, et leur opinion à ce sujet.

# **1. LA PHYSIOLOGIE DE LA VOIX**

## **1.1. Introduction**

Nous nous attacherons ici à l'aspect physiologique de la voix, c'est-à-dire à la voix en tant que geste. Comme le rappelle F. Estienne, c'est dans cette optique que l'on peut envisager les pathologies vocales comme « un dysfonctionnement engendré et/ ou entretenu par un déséquilibre du geste » [ESTIENNE-98, p8]. Ce déséquilibre peut être causé par un facteur organique, un malmenage vocal, et/ ou une méconnaissance du geste physiologique approprié. C'est pourquoi il nous a semblé important de détailler ici les éléments de l'appareil vocal et le fonctionnement de la voix.

L'émission vocale s'appuie essentiellement sur une soufflerie alimentée par la respiration, un vibreur qui correspond au larynx, et des résonateurs appelés cavités supra-laryngées. Les éléments neuro-musculaires de la phonation – diaphragme et poumons, larynx, pavillon bucco-pharyngo-nasal – ont cependant de multiples fonctions et la production vocale n'en est pas la principale. En effet, ces organes ont une fonction primaire vitale : les poumons et le diaphragme assurent l'hématose (oxygénation du sang et des cellules), le larynx protège les voies respiratoires inférieures, et le pavillon bucco-pharyngo-nasal intervient dans la respiration et la déglutition. La production vocale est donc dépendante de l'intégrité de ces fonctions vitales. On y ajoutera l'importance non négligeable de la statique sur le bon fonctionnement de ces trois principaux éléments qui agissent, comme le souligne G.Cornut, comme une « entité fonctionnelle » et non comme un ensemble d'organes particuliers [CORNUT-90, p3].

## **1.2. Les éléments de l'appareil vocal**

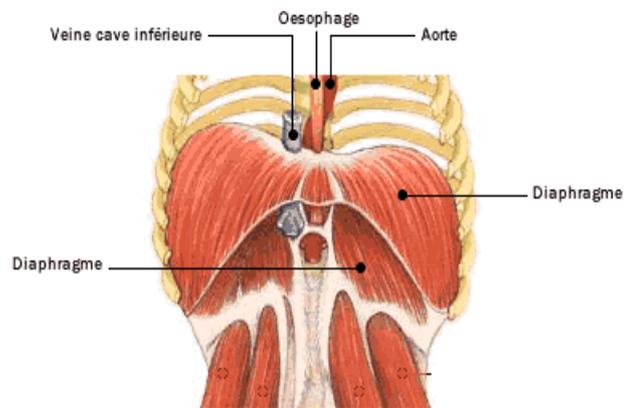
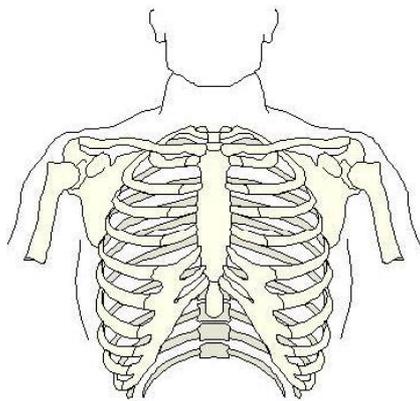
### **1.2.1. L'appareil respiratoire**

Dans le cadre des dysphonies dysfonctionnelles, on retrouve quasi systématiquement une perturbation dans la gestion du souffle et de la respiration.

### 1.2.1.1 Bref rappel anatomique

L'appareil respiratoire est constitué de différents éléments : la cage thoracique qui contient les poumons, et les muscles inspireurs et expirateurs.

Les poumons sont des sacs alvéolés élastiques qui servent de réservoir d'air. Ils sont dépendants des mouvements du thorax, grâce à la plèvre, membrane qui les lie à la paroi thoracique.



**Figure 1: Squelette de la cage thoracique** **Figure 2 : La région diaphragmatique**

La cage thoracique, ou thorax, est une structure ostéo-musculaire mobile. Son cadre osseux est constitué de 12 vertèbres dorsales et de 12 côtes, avec en avant le sternum. La musculature de cette cage comprend les muscles inspireurs accessoires que sont les scalènes et le sterno-cléido-mastoïdien, ainsi que les muscles intercostaux qui vont permettre d'écartier ou de resserrer les côtes. A un étage inférieur se situent le principal muscle inspireur, le diaphragme, et les muscles expirateurs que sont les muscles abdominaux (constitués du transverse, du petit oblique, du grand oblique et du grand droit).

### 1.2.1.2 Biomécanique respiratoire

Classiquement, on décrit dans la respiration deux temps alternés, suivant un rythme périodique régulier : l'inspiration et l'expiration. L'inspiration est un phénomène réflexe actif, dans lequel interviennent les muscles éleveurs et élargisseurs du thorax,

ainsi que le diaphragme. Elle permet le remplissage en air frais des poumons par augmentation du volume thoracique. L'expiration est un phénomène passif d'expulsion de l'air vicié par le relâchement musculaire et l'influence des forces élastiques du thorax et des poumons. Sa durée est un peu plus longue que celle de l'inspiration.

F. Le Huche [LEHUCHE-84] insiste sur l'action mécanique des côtes et du thorax. La mécanique costale concerne les mouvements d'élévation et d'abaissement de l'extrémité antérieure des côtes ; ceux de la partie externe des arcs costaux ; et les mouvements de rétro-pulsion et de rétraction. La mécanique thoracique comprend les mouvements d'élévation et d'abaissement au niveau de l'orifice supérieur du thorax , et les mouvements d'élargissement et de resserrement du bas du thorax. Ces derniers peuvent être effectués de manière isolée ou conjointe selon le mode respiratoire employé.

Du fait de ces possibilités anatomiques, la respiration ne se met pas en place de la même manière selon les besoins respiratoires, les habitudes et attitudes personnelles... On observe en effet quatre dynamiques respiratoires principales. Nous nous baserons ici sur la description faite par M.A.Faure, suite à l'observation de patients, dysphoniques ou non, reçus en consultation phoniatrique. [FAURE et coll-88, p97]

- L'inspiration scapulaire : elle se traduit par une ascension et un enroulement des épaules. Ce mode respiratoire contrarie la gestion du souffle dans l'expression vocale, car il limite l'expansion pulmonaire.
- La respiration thoracique supérieure : l'élan inspiratoire se situe au niveau supérieur du thorax, pour disposer rapidement d'une expansion pulmonaire vitale. Il comprime la partie supérieure des poumons. Ce mode respiratoire favorise les coups de glotte et le forçage vocal si la personne veut projeter sa voix.
- L'inspiration abdominale : elle résulte d'une mise en tension du diaphragme. Exagérée, elle bloque l'ouverture supérieure du thorax et celle des côtes inférieures. La personne compense alors au niveau cervical ou scapulaire. En phonation, l'utilisation en force de la musculature abdominale limite la durée phonatoire.
- L'inspiration complète ou costo-abdominale : ce mode respiratoire est le plus global avec une mobilisation harmonieuse de la cage thoracique et du

diaphragme. La vibration cordale est plus libre. La capacité pulmonaire est utilisée efficacement et permet de doubler le temps phonatoire par rapport aux autres modes. Cela se traduit sur un spectre notamment par un renforcement sur les zones fréquentielles aux alentours des 3 000 et 6000 Hz.

### 1.2.1.3 En phonation

Dans la voix parlée, et plus encore dans la voix chantée, la respiration doit être ample, donc costo-abdominale et buccale. En effet, la respiration buccale est plus rapide et moins bruyante que la respiration nasale. Ensuite, la respiration costo-abdominale assure une ventilation complète et empêche les tensions et mouvements du cou et des épaules. Le rythme respiratoire est modifié : la prise inspiratoire se fait en vue de la durée expiratoire nécessaire à la parole. Cette durée varie selon la longueur des phrases et le sens du texte. Le volume d'air utilisé dans la phonation augmente donc par rapport à une respiration au repos.

Lors de l'inspiration interviennent simultanément l'ouverture costale, les mouvements du diaphragme et les mouvements de l'abdomen, contrôlés par les muscles grands droits. Le diaphragme descend dans la cavité abdominale en se contractant. Il porte l'extrémité des côtes en haut et en dehors, agrandissant la base thoracique. En s'abaissant, il rencontre la résistance des viscères. Les muscles de la paroi abdominale vont alors se relâcher et faciliter l'abaissement des organes, donc celui du diaphragme. Dans un deuxième temps de l'inspiration, la cage thoracique s'agrandit dans sa partie supérieure avec la bascule de la pointe du sternum. Le haut de la poitrine et la région claviculaire restent en inertie.

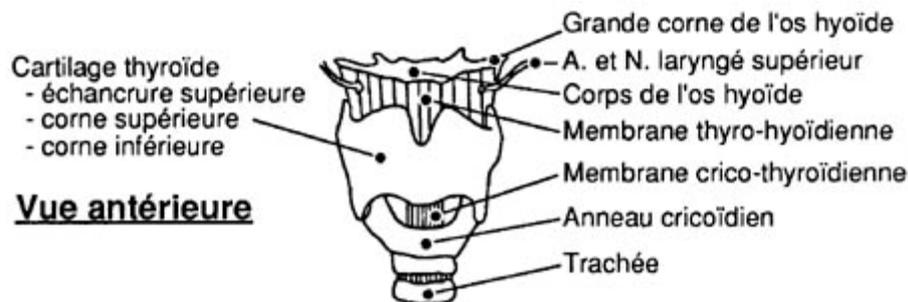
Si l'inspiration doit être brève et silencieuse, l'expiration est beaucoup plus importante puisque c'est le moment de l'écoulement de la parole. C'est pourquoi, quand, à l'expiration, les muscles intercostaux tendent à réduire le volume thoracique, les muscles abdominaux vont se contracter. Ils vont ainsi mettre en tension la paroi abdominale, favoriser l'écartement et l'élévation des côtes, et participer à la décontraction progressive du diaphragme. Cela permet de réguler la pression sous-glottique et ainsi de soutenir la respiration durant le temps nécessaire.

## 1.2.2. L'appareil vibrant

Le larynx, que l'on localise communément au niveau de la pomme d'Adam, est le siège de nombreux blocages, tensions et douleurs dans la dysphonie dysfonctionnelle.

### 1.2.2.1 Bref rappel anatomique

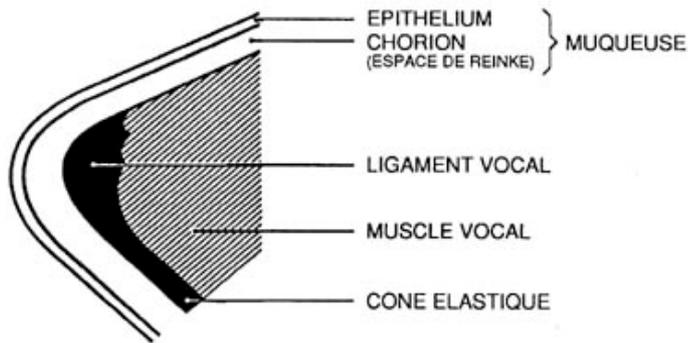
Le larynx est une boîte fibro-cartilagineuse posée sur le dernier anneau de la trachée et suspendue à l'os hyoïde. Le squelette laryngé comprend quatre principaux cartilages : le cartilage cricoïde, base de la pyramide laryngée ; le cartilage thyroïde, le plus volumineux en forme de bouclier ; les cartilages aryténoïdes, petites pyramides paires symétriques et mobiles posées sur le chaton du cricoïde, et le cartilage médian épiglottique qui ferme l'entrée du larynx. L'ensemble est mobilisé grâce à une musculature intrinsèque et extrinsèque. Les muscles extrinsèques stabilisent le larynx ; les muscles intrinsèques agissent sur la position, la géométrie et la tension des cordes vocales.



**Figure 3 : Schéma du larynx, vue antérieure**

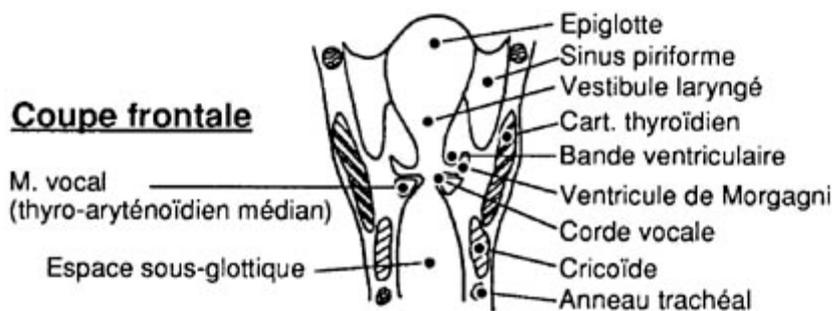
A la base interne des cartilages aryténoïdes (apophyses vocales) en arrière et au cartilage thyroïde en avant s'insèrent les cordes vocales. La rotation des aryténoïdes détermine leurs mouvements de fermeture (adduction) et d'ouverture (abduction).

Une corde vocale se compose d'un corps musculaire rigide - le muscle vocal -, d'une sous-muqueuse riche en fibres élastiques - le ligament vocal - et d'une muqueuse. Ce recouvrement muqueux est composé de l'épithélium et du chorion. L'espace virtuel entre le chorion et le ligament vocal, appelé Espace de Reinke, permet la mise en vibration de la corde vocale par ondulation du bord libre et de la muqueuse de la face supérieure.



**Figure 4 : Coupe schématique d'une corde vocale**

A partir du niveau des cordes vocales, on va diviser le larynx en trois parties.



**Figure 5 : Schéma du larynx, coupe frontale**

L'étage qui comprend les deux cordes vocales et les commissures antérieure et postérieure, est appelé glotte ou espace glottique. L'espace triangulaire entre les cordes vocales correspond à la fente glottique. C'est la partie la plus rétrécie du larynx.

Au-dessus, on appelle étage sus-glottique, ou vestibule, l'espace qui comprend les bandes ventriculaires et les ventricules de Morgagni. Il est refermé par la margelle (ou repli ary-épiglottique) et la face laryngée de l'épiglotte. Les bandes ventriculaires sont des bourrelets latéraux en dehors et au-dessus des cordes vocales. Elles n'interviennent pas dans la phonation normale. Elles peuvent cependant entrer en action lorsqu'il y a « coup de glotte » sur une attaque vocalique dure ou lors d'un forçage vocal important. On parle alors de voix de bandes.

Au-dessous, l'espace sous-glottique s'étend des cordes vocales jusqu'au bord inférieur du cartilage cricoïde. Le larynx s'y élargit progressivement jusqu'à la trachée.

### 1.2.2.2 Biomécanique vibratoire

Différentes théories ont apporté un éclairage de plus en plus précis sur le fonctionnement des cordes vocales en phonation. La théorie oscillo-impédancielle de Ph.Dejonckere (1985) a procuré les dernières précisions, notamment en assimilant la corde vocale en vibration à un oscillateur entretenu.

Pour la phonation, les cordes vocales se mettent en position pré-phonatoire par rotation des aryténoïdes. Ce mouvement d'adduction permet le contact des cordes vocales qui créent un obstacle à l'air expiratoire. La glotte prend une forme en fuseau qui engendre l'apparition de turbulences et la mise en route de l'effet Bernouilli. L'effet Bernouilli correspond au phénomène rétro-aspiratoire sur les cordes vocales de la pression négative créée dans les cavités supra-laryngées après le passage à grande vitesse de l'air expiratoire.

Parallèlement, le déséquilibre entre la pression sous-glottique et la tension de fermeture des cordes vocales entraîne la première oscillation et le flux expiratoire amorce la vibration cordale. Sous l'effet de cette pression, les cordes vocales s'écartent progressivement pour laisser s'écouler l'air. Dès qu'un « puff » d'air s'échappe, les bords libres des cordes vocales se rapprochent sous l'effet conjugué de la diminution de la pression sous-glottique, des caractéristiques mécaniques et élastiques des cordes vocales et de l'effet Bernouilli. L'air pulmonaire étant toujours présent, la pression sous-glottique va se reformer et l'événement se reproduit périodiquement.

Ainsi, le nombre de cycles d'ouverture et de fermeture par seconde, ou fréquence, dépend des propriétés mécaniques et de la pression d'air appliquées sur les cordes vocales, qui sont conditionnées par les muscles laryngés. Cette fréquence vibratoire correspond à la fréquence fondamentale de la voix.

Ph. Dejonckère décrit en outre des sous-vibrateurs : l'un à composante horizontale soit l'amplitude d'écartement de surface des cordes vocales ; l'autre verticale soit le soulèvement du bord de la corde vocale à chaque oscillation ; le troisième est constitué par le passage de l'ondulation de muqueuse.

### 1.2.2.3 En phonation

La hauteur de la voix est donc déterminée par la fréquence de vibration, réglée par l'équilibre entre la tension, la longueur et l'épaisseur des cordes vocales. Pour accroître la hauteur, il faut augmenter la tension des cordes vocales. Mais, à partir de certaines fréquences, la tension est telle que la vibration cordale devient impossible. Il y a donc un réajustement laryngé pour atteindre des notes encore plus aiguës. B.Roubeau a mis en évidence les différents mécanismes laryngés suivant la hauteur des sons émis. Le terme de mécanisme est préférentiellement utilisé pour décrire les modes de fonctionnements laryngés, en accord avec les différents auteurs ici référencés, par rapport à celui, plus flou, de registre. Le registre ferait plutôt référence à une homogénéité de timbre sur une zone de la tessiture ; il s'agit donc d'un terme au niveau résonantiel, avec la description de registres grave, médium et aigu [ROUBEAU-02, p19].

On parle ainsi de mécanisme I ou lourd pour l'émission de sons graves, de mécanisme II ou léger pour l'émission de sons aigus. Il existe aussi aux extrêmes le mécanisme zéro ou fry ou strobass pour l'émission de sons extrêmement graves et le mécanisme III ou sifflet pour les sons suraigus. Chaque mécanisme permet de parcourir une partie de l'étendue vocale, parties qui se superposent d'autant mieux que la voix est travaillée.

Le strobass nécessite une vibration laryngée sur toute la longueur de la fente glottique. Il y a contraction des muscles interaryténoïdiens, rapprochement de la partie postérieure des aryténoïdes et détente des cordes vocales. Ce mécanisme zéro permet la production de sons d'une fréquence inférieure à 87Hz (notes en dessous du Fa1), il est donc très peu utilisé en phonation.

Le mécanisme I ou lourd s'obtient par la contraction du muscle vocal et la détente simultanée du muscle crico-thyroïdien. Les cordes vocales sont relâchées, raccourcies et épaissies. Elles participent totalement, avec une grande amplitude de vibration et d'ondulation de la muqueuse. Ce mécanisme est aussi appelé voix de poitrine par les chanteurs du fait des sensations ressenties essentiellement au niveau du thorax lors du chant. On obtient des notes entre Sol b1 et Mi b3 (fréquence de vibration entre 80/100 Hz et 300/400 Hz). La voix de poitrine a une étendue plus courte chez la femme que chez l'homme, dont c'est le mécanisme usuel préférentiel après la mue. C'est aussi le mécanisme de la voix d'appel.

Le mécanisme II ou léger s'obtient à l'inverse par une contraction du muscle crico-thyroïdien avec un effet damping des apophyses vocales (raccourcissement de la partie vibrante par augmentation de la force de rapprochement des cartilages aryténoïdes) et une détente simultanée du muscle vocal. Les cordes vocales sont tendues, allongées et plus minces, avec une amplitude et une ondulation de la muqueuse limitées. On obtient une étendue de La 2 à Mi b5 (entre 300 et 1500Hz). Les chanteurs parlent aussi de voix de tête pour les femmes ou voix de fausset pour les hommes car les sensations vibratoires sont perçues dans le haut de la tête. C'est le mécanisme usuel préférentiel de la femme et de l'enfant.

Le sifflet s'obtient par l'absence de vibration des cordes vocales qui ne s'accolent plus. La glotte est fermée par contraction des muscles crico-aryténoïdiens latéraux mais présente une ouverture en arrière par relâchement des interaryténoïdiens. On l'utilise en général pour les notes au-dessus de Mi b5. Il est quasiment réservé aux femmes.

On entend souvent parler de la voix mixte. Dans le milieu des chanteurs, elle est souvent considérée comme un mécanisme à part entière. En effet, on peut lire dans [BENZAQUEN-00] que la voix mixte est un mélange en proportion variable des registres lourd et léger, qui s'obtient par un équilibre dans les contractions des muscles vocal et crico-thyroïdien. Il serait utilisé pour les notes de Sol 2 à Si b3 et donnerait un son assez doux, rond, avec une grande souplesse. Cependant, scientifiquement, ce mécanisme mixte n'existe pas. La voix mixte définirait plutôt un registre résonantiel, dû à une modification des cavités supra-laryngées pour adapter le timbre dans un mécanisme donné en le rapprochant du suivant et ainsi éviter une coupure nette [ORMEZZANO-00, p106]. En effet, il n'y a pas de transition douce au niveau laryngé entre les deux modes de fonctionnement fondamentaux que sont les mécanismes lourd et léger. Cette frontière nette est communément appelée zone de passage. Elle correspond au changement de mode vibratoire des cordes vocales, et peut ne pas être audible si la voix est travaillée [ROUBEAU-01]. Elle a lieu sur une octave autour de 300Hz généralement, et ce pour toutes les tessitures. Mais c'est une zone de grande fragilité de la voix quand elle n'est pas travaillée [GUERIN-03]. D'ailleurs, en pathologie vocale, il y a souvent perte de cette possibilité de passage : la voix est possible dans les deux mécanismes mais pas dans les notes intermédiaires de changement.

Le contrôle de la hauteur de la voix se fait donc par changement de mécanisme laryngé, mais aussi au sein d'un même mode vibratoire par le contrôle de la force de contraction des muscles vocaux. La fréquence de la voix dépend de la combinaison des

quatre forces en jeu : la pression sous-glottique, l'étirement du ligament vocal, la raideur du muscle vocal, et la force d'accolement des cordes vocales.

Pour les autres paramètres acoustiques de la voix, le larynx entre aussi en jeu. L'intensité est liée à l'énergie de l'air sous pression, proportionnelle à l'augmentation de la pression sous-glottique, et celle de l'amplitude vibratoire des cordes vocales. En mécanisme lourd, l'augmentation de la pression sous-glottique sans grande augmentation de débit permet d'accroître l'intensité. En mécanisme léger, l'intensité est obtenue par augmentation du débit d'air et de la force expiratoire, ainsi qu'une plus grande tension dans le ligament vocal.

La qualité du timbre varie aussi selon les qualités de l'impulsion laryngée et le quotient d'ouverture [CORNUT-90, p28]. Quand la durée de la phase d'accolement est augmentée, par l'augmentation du tonus, de l'épaisseur et de la pression exercée sur les cordes vocales, le timbre s'enrichit.

### **1.2.3. L'appareil résonant**

Les résonateurs sont définis en acoustique comme les cavités agissant sur le son qui les traverse. Ils ont une fréquence propre qui dépend de leur volume, de leur longueur et de leur surface. Il s'agit donc, pour le conduit vocal, du pharynx, de la cavité buccale, du nasopharynx et des fosses nasales. La résonance, c'est-à-dire la modulation du son laryngé, dans ces organes dépend de leur forme anatomique mais aussi des éléments mobiles voisins : la mâchoire inférieure, la langue, le voile du palais, et les lèvres.

#### 1.2.3.1 Les cavités de résonances

##### 1.2.3.1.1 Le pharynx

Il s'agit d'un conduit musculo-membraneux vertical qui s'étend du cavum à la bouche œsophagienne. Il comprend deux types de muscles : les muscles élévateurs qui agissent sur sa longueur, et les muscles constricteurs qui agissent sur son diamètre.

On distingue trois étages. L'hypopharynx, ou laryngopharynx, correspond au niveau inférieur, c'est-à-dire autour et en arrière du larynx ; il n'a aucun rôle dans la phonation. Au-dessus se situe ensuite le bucco-, ou oro- ou glossopharynx, qui correspond au carrefour aérodigestif ; il s'agit du résonateur primaire pharyngé. Enfin, le rhinopharynx, ou cavum, a un rôle important dans la respiration et dans la phonation où il agit en résonateur secondaire nasal.

#### 1.2.3.1.2 La cavité buccale

La cavité buccale est délimitée par l'orifice buccal en avant, les joues sur les côtés, la voûte palatine en haut, l'isthme du gosier en arrière, l'arc mandibulaire et le plancher buccal en dessous. Son rôle de résonateur est surtout défini par les éléments mobiles qui la composent : la mandibule, les lèvres et la langue.

#### 1.2.3.1.3 Le nasopharynx et les fosses nasales

Les fosses nasales ont une vocation respiratoire. Les narines sont tapissées à l'intérieur d'une muqueuse ciliée sécrétoire qui permet de filtrer et de réchauffer l'air inspiré. On distingue trois étages : le méat supérieur, zone sensorielle de l'odorat, le méat moyen qui régule les débits respiratoires et conditionne l'air inspiré, et le méat inférieur qui dirige le flux d'air.

#### 1.2.3.1.4 Les éléments mobiles

##### *1.2.3.1.4.1 L'os maxillaire inférieur ou mandibule*

La mandibule est reliée au crâne par l'articulation temporo-mandibulaire. Ses mouvements d'élévation et d'abaissement, de protrusion et de rétraction dépendent des muscles masticateurs. Elle participe lors de toute production vocale en déterminant la longueur et le diamètre du conduit vocal. En effet, comme elle est reliée aux mouvements des lèvres, de la langue et du crâne, son ouverture entraîne un agrandissement de la cavité buccale par abaissement du plancher buccal et un abaissement laryngé qui engendre un agrandissement du pharynx. Si la mobilité mandibulaire est restreinte, le timbre vocal est tendu et l'intensité vocale faible.

#### *1.2.3.1.4.2 La langue*

La langue comprend deux parties : la partie mobile appartenant à la cavité buccale et la partie fixe ou base de langue se trouvant dans le glossopharynx. La langue mobile s'étale dans la cavité buccale, ses bords latéraux touchant les dents latérales et la pointe atteignant les dents antérieures. Elle est constituée de 17 muscles, qui lui autorisent une importante mobilité, limitée seulement par un frein muqueux rattaché au plancher buccal, et des possibilités de rétraction, indispensables à l'articulation de la parole. La base de langue commence en arrière du V lingual et se raccorde dans sa partie inférieure à l'épiglotte. Sa masse musculaire s'insère sur l'os hyoïde en arrière et sur la face interne des angles mandibulaires en avant. Selon sa posture avancée ou non, elle a une importance sur le calibre du résonateur pharyngé primaire, le glossopharynx.

#### *1.2.3.1.4.3 Le voile du palais*

Il s'agit d'une cloison musculo-membraneuse mobile entre le cavum et le buccopharynx, qui prolonge en arrière le palais. Elle empêche le reflux nasal pendant la déglutition. En phonation, elle permet l'investissement des fosses nasales pour la nasalisation en s'abaissant ou dirige le flux aérien vers la cavité buccale en se relevant.

#### *1.2.3.1.4.4 Les lèvres*

Les lèvres bordent l'orifice buccal. Elles sont retenues par un frein fibro-muqueux. Au repos, elles sont jointes ; en phonation, elles forment des mouvements complexes qui modifient la longueur et le degré d'aperture de la cavité buccale. Lorsqu'elles sont jointes en phonation, elles constituent un vibreur accessoire. Décollées des dents, elles forment, en chant surtout, une cavité de résonance indispensable à la rondeur du son.

### 1.2.3.2 En phonation

Les résonateurs ont un rôle primordial dans la voix parlée car ils permettent l'articulation donc la transmission du message phonétique. La vibration laryngée apporte ici l'énergie acoustique nécessaire. Par rapport à la voix, le rôle des résonateurs concerne essentiellement la coloration vocale, c'est-à-dire le timbre, par enrichissement du son laryngé en harmoniques. Si le timbre varie selon les modalités d'accolement des cordes vocales comme nous l'avons vu précédemment, il est surtout déterminé par les caractères anatomiques des cavités de résonance.

Résonateurs et vibrateur sont en outre intimement liés dans la phonation. Le phénomène d'influence des résonateurs sur le fonctionnement laryngé correspond à l'impédance ramenée sur le larynx ou IRL, découverte par R.Husson et appelé accord phono-résonantiel par Tarneaud. « Les phénomènes résonantiels s'amplifient lorsqu'il existe un rapport harmonique entre le rythme impulsif (c'est-à-dire la fréquence du son laryngé) et la fréquence propre des résonateurs. » [CORNUT-90, p35]. Il est nécessaire qu'il existe un rapport harmonique entre les fréquences propres des résonateurs et le rythme des impulsions laryngées pour obtenir une résonance optimale, un son bien timbré et un rendement vocal maximal. Si ce rapport n'est pas respecté, la vibration laryngée est plus difficile avec une résonance minimale, un timbre moins riche, et un risque de forçage en projection vocale.

Ainsi, il est nécessaire de trouver un équilibre abdo-diaphragmatique dans la respiration, un accord pneumo-phonique qui correspond à l'équilibre entre la poussée de l'air sous-glottique et la force de résistance de la glotte, un équilibre phono-résonantiel qui correspond à l'adaptation du moule résonantiel pour obtenir une coordination optimale des trois éléments de l'appareil vocal, et ainsi mieux faire résonner le son laryngé.

### **1.3. L'importance de la statique**

Les trois éléments que nous venons de décrire fonctionnent en synergie et font partie intégrante du corps dans sa totalité. Il est nécessaire de prendre ce point de vue global pour se rendre compte de l'influence de l'attitude corporelle sur la production vocale. En effet, la liberté thoracique et abdominale, par exemple, indispensable à la mise en place d'une dynamique respiratoire adaptée à la phonation dépend de la tenue du corps.

Il n'y a pas d'attitude idéale. Il faut plutôt rechercher une position d'équilibre autour d'un axe, appelé par J.Sarfati arc vocal, qui s'étend du sommet du crâne jusqu'entre les pieds. Les points fondamentaux sur cet axe pour la statique du corps sont, de bas en haut :

- un appui sur les deux pieds un peu écartés, d'une manière équilibrée, la plante des pieds bien en contact avec le sol. Cet appui au sol est encore plus

important quand on veut projeter la voix car il permet de placer l'effort dans le bas du corps et évite de concentrer les tensions au niveau du cou. [CORNUT-90, p102]

- les genoux très modérément fléchis et souples.
- la cambrure lombaire modérée avec une légère bascule du bassin. La tenue du bassin conditionne la statique de la partie supérieure du corps. Basculé trop en avant, il gênerait la mise en jeu du diaphragme ; trop en arrière, il induirait une raideur compensatrice par déséquilibre de l'ensemble du rachis.
- la colonne vertébrale verticale. Élément central du maintien de la pression expiratoire, elle induit et favorise l'ouverture thoracique.
- les épaules en position basse. Si elles sont relevées ou trop en arrière, cela modifie la courbure du rachis dorsal et engendre des tensions.
- la colonne cervicale un peu redressée, avec le menton légèrement rengorgé, le regard à l'horizontal. Le port de tête va conditionner la souplesse des mouvements laryngés. Il faut donc faire attention à la projection de la tête en phonation et, à l'inverse, à un trop grand rengorgement qui va étouffer le son.

A l'instar de Y.Benzaquen, il faut noter ici la distinction entre verticalité et rigidité. En effet, le corps est un tout articulé, constitué de courbures et de cambrures qu'il faut respecter. Selon [BENZAQUEN-00], les courbures concernent les éléments rigides (talon, os de la jambe, os de la cuisse) et les boîtes (bassin, cage thoracique, boîte crânienne). Les cambrures sont les éléments souples qui permettent aux éléments rigides de s'articuler entre eux. Une colonne vertébrale droite n'est composée que de courbures et de cambrures. Les chaînes musculaires de la statique doivent donc alterner travail/détente à part égale. Ces courbes doivent être bien axées pour respecter leur harmonie, ce que l'on a vu avec l'arc vocal. Si on ne respecte pas cet agencement, l'amplitude respiratoire sera bloquée par les actions inadéquates de la chaîne musculaire de la statique.

A ces éléments anatomiques de la verticalité corporelle, J.Sarfati [SARFATI-02, p72] ajoute les éléments de tonicité et de fluidité indispensables à une bonne statique corporelle. En ce qui concerne la tonicité, le tonus cervical doit être faible lors de toute production vocale. Elle note l'opposition du tonus fort entre les points d'articulation des consonnes et le tonus faible obtenu par le relâchement de la mâchoire, afin de ne pas contraindre la suspension laryngée. Une fois que l'on a pris conscience de l'axe corporel et de la tonicité de l'ensemble des éléments, il reste à s'inscrire dans un geste fluide, avec un rythme respiratoire aisé et un projet vocal libre.

Dans l'article [GRINI et al-02] sont exposées les modifications posturales relevées dans l'attitude de forçage vocal. La posture caractéristique du forçage vocal comprend :

- une projection du visage en avant,
- des tensions musculaires péri-laryngées et posturales avec un affaissement thoracique, des tensions cervicales, et une flexion du rachis dorsal.

Cette posture entraînerait des lésions dysfonctionnelles sur les cordes vocales et donc une dysphonie lorsque le forçage s'installe de manière permanente. L'étude relatée dans cet article montre que la mesure de la variance de la vitesse du déplacement de gravité est un critère pertinent et fiable d'objectivation d'une attitude posturale pathologique pour la voix. Cette étude confirme ainsi l'importance de la posture dans l'équilibre du geste vocal.

## **2. LES PATHOLOGIES VOCALES CHEZ L'ADULTE**

### **2.1. Introduction**

Nous traiterons succinctement dans cette partie des pathologies vocales qui concernent ce mémoire : les dysphonies dysfonctionnelles simples et compliquées, et les dysphonies psychogènes, du fait de la similarité des symptômes. Pour chaque pathologie seront mentionnées autant que possible les caractéristiques acoustiques qui pourront être analysées à l'aide d'un logiciel pour la voix.

Rappelons tout d'abord la définition générale de la dysphonie. « La dysphonie est un trouble momentané ou durable de la fonction vocale ressenti comme tel par le sujet lui-même ou son entourage. Elle se traduit le plus souvent mais non obligatoirement par une altération d'un ou plusieurs paramètres de la voix et par ordre de fréquence, du timbre, de l'intensité et de la hauteur tonale. » [LEHUCHE-90, p71]

### **2.2. Généralités sur les dysphonies dysfonctionnelles**

Dans la littérature, nous avons remarqué une utilisation souvent indifférenciée des termes « fonctionnel » et « dysfonctionnel » pour parler des mêmes dysphonies. Nous avons ici choisi d'employer le terme « dysfonctionnel », en accord avec la majorité des auteurs actuels, et en nous appuyant entre autre sur le Dictionnaire de Logopédie [CAMPOLINI et al-98]. Il y est en effet précisé que le terme « dysfonctionnel » est de plus en plus utilisé pour les dysphonies à la place de « fonctionnel » car ce dernier a un sens trop radicalement opposé à « organique » dans la terminologie médicale en général. En outre, comme le précise J.A.Rondal, le terme dysfonctionnel attribué à Le Huche doit être préféré à fonctionnel car il traduit mieux l'utilisation défectueuse des moyens vocaux [RONDAL et al-99, p439].

Le Dictionnaire de Logopédie définit la dysphonie dysfonctionnelle comme un « trouble du comportement vocal correspondant à un défaut d'adaptation et de coordination des organes intervenant dans la production de la voix ». Elle est dite

compliquée quand le comportement vocal défectueux a engendré des complications laryngées. Dans les dysphonies dysfonctionnelles en effet, l'anatomie de l'appareil vocal serait à l'origine normale. Cet aspect est d'ailleurs mis en évidence par la définition de [RONDAL et al-99, p439] « la dysphonie dysfonctionnelle correspond à une altération du geste vocal en absence de perturbation organique permanente à l'origine de cette dysphonie. ». Mais il est difficile de faire la part de l'organique et du fonctionnel dans ce cadre pathologique, du fait de l'interrelation entre les deux champs. Certaines dysphonies dysfonctionnelles peuvent provoquer des lésions organiques et certaines altérations des cordes vocales, d'origine congénitale ou acquise, peuvent favoriser l'apparition d'une pathologie dysfonctionnelle. De plus, le facteur psychique s'y associe souvent. C'est pourquoi, contrairement à la définition de RONDAL et al qui restreint la manifestation dysfonctionnelle à un excès ou une insuffisance de tension et appelle la dysphonie dysfonctionnelle compliquée une dysphonie dysorganique, nous ne nous limiterons pas aux seules dysphonies dysfonctionnelles hypo- et hyperkinéthiques.

Le dysfonctionnement vocal se traduit par la perturbation des synergies qui lient les différents éléments de la fonction vocale, notamment la synergie pneumo-phonique, et/ ou, comme le souligne le Dictionnaire d'Orthophonie [BRIN et al-97, p63], l'organisation du schéma corporel vocal, c'est-à-dire un bouleversement des « sensations kinesthésiques, visuelles, auditives, déclenchées par la phonation et englobant, coordonnant et mémorisant toutes les synergies ». Il correspond souvent à un comportement de forçage dont les circonstances peuvent être des excès vocaux brusques, une inflammation passagère de la muqueuse, des microtraumatismes permanents... Cela va perturber l'ensemble de l'appareil vocal et entraîner une altération du timbre, ainsi qu'un affaiblissement de l'intensité et de la projection vocale. Le sujet va alors essayer de maintenir sa voix à une intensité soutenue et accentuer le forçage vocal. Ce comportement d'effort permanent et auto-entretenu est caractéristique de la plupart des dysphonies dysfonctionnelles.

### **2.3. *Rappel de la terminologie relative au timbre pathologique***

Avant de décrire plus précisément les différentes dysphonies dysfonctionnelles, il nous a semblé important de définir différents termes relatifs au timbre pathologique, paramètre acoustique le plus caractéristique des dysphonies dysfonctionnelles selon la définition du Dictionnaire d'Orthophonie.

- Le timbre serré : le patient force sur son larynx qui a une position trop haute. Cela entraîne une contraction et une diminution des résonateurs. La pression expiratoire est très importante et provoque un accolement brutal des cordes vocales. La voix a beaucoup trop d'harmoniques aigus.
- Le timbre sombré : la voix est exagérément grossie avec un larynx trop bas par manque de tonicité musculaire. Les résonateurs sont trop ouverts, sans tonicité. Les cordes vocales ne s'accolent pas suffisamment. La voix s'installe difficilement dans les cavités de résonance. La langue reste molle et l'articulation floue, avec une grosse dépense d'air. La voix manque de portée.
- Le timbre éraillé : il s'agit d'une superposition d'une vibration parasite irrégulière sur le son fondamental laryngé, lorsqu'il y a lésion du bord libre de la corde vocale qui vibre à sa fréquence propre. La vibration perd de sa souplesse et de sa régularité. La glotte n'est pas totalement fermée. Il peut aussi s'agir d'une voix bitonale non reconnue comme telle par l'oreille, qui n'arrive pas à différencier les deux fréquences.
- Le timbre voilé : on observe une perte des harmoniques aigus. Les cordes vocales présentent un défaut de fermeture modéré. La voix est sans portée et de faible intensité. Elle manque de netteté, de brillant.
- Le timbre rauque : la voix est grave, soufflée, son signal apériodique. L'étendue vocale est diminuée. Les cordes vocales s'accolent mal, semblent rigides du fait d'une altération de leur capacité vibratoire ou du tonus glottique. La voix est émise dans le bas pharynx. On a une sensation d'effort avec un son rugueux, dur.
- Le timbre soufflé : il y a adjonction d'un bruit de souffle par défaut important de fermeture glottique et la présence en excès d'harmoniques aigus.

Malgré ses descriptions « physiologiques », il s'agit ici d'une terminologie subjective, donnée principalement selon les perceptions que le thérapeute a de la voix qu'il écoute. En effet, comme le souligne V. Woisard-Bassols [WOISARD-00, p5], cette terminologie dépend des caractéristiques de l'auditeur, dont son habileté dans l'analyse perceptive, du support phonétique et des aspects méthodologiques qui dépendent notamment du choix de l'échantillon analysé. Aucune terminologie internationale n'existerait à l'heure actuelle pour décrire de manière adéquate les qualités de la voix.

Il n'existe pas encore de données acoustiques objectives fiables admises pour qualifier plus fidèlement les différentes caractéristiques du timbre pathologique. L'échelle GRBAS d'Hirano, élaborée en 1981, permet pour le moment de définir le timbre perçu de manière assez consensuelle pour les critères d'enrouement (grade), de raucité (roughness), et de souffle (breathiness), plus difficilement pour les critères de fatigue vocale (asthenicity) et d'effort vocal (strain).

Une étude récente du Groupe Européen de Recherche sur le larynx a cependant pu corrélér de manière significative les trois premiers critères à des données acoustiques objectives obtenues avec le logiciel MDVP de Kay Elemetrics. L'enrouement est corrélé avec le coefficient shimmer et le rapport signal/ bruit ; la raucité avec le coefficient jitter et le souffle avec le coefficient shimmer [SARFATI-02, p21]. V.Woisard-Bassols ajoute à ces corrélations un rapport entre la fatigue vocale et le jitter, l'effort vocal avec le jitter et le quotient de fermeture électroglottographique [WOISARD-00, p5]. Elle complète pour le souffle une corrélation avec la diminution d'harmoniques aigus et une augmentation du débit d'air phonatoire. Nous rappelons que le jitter est le coefficient de micro-perturbations de la fréquence fondamentale, et le shimmer le coefficient de micro-variations d'amplitude de la vibration des cordes vocales. Ces deux coefficients associés permettent de déterminer l'apériodicité de la vibration et l'aspect pathologique de la voix.

Une analyse objective du timbre pathologique s'appuierait donc essentiellement sur le sonogramme et le spectrogramme. La représentation visuelle du son permettrait la quantification des tremblements, des bruits de souffle...

## **2.4. Les dysphonies dysfonctionnelles simples**

Les dysphonies dysfonctionnelles sont dites simples tant que la muqueuse des cordes vocales ne s'altère pas.

### **2.4.1. Les dysphonies hyperfonctionnelles primaires ou dysphonies hyperkinétiques**

C'est le trouble le plus fréquent des troubles dysfonctionnels. Il correspond à un excès de tension de la musculature laryngée, des muscles cervicaux et de l'hypopharynx. Les plaintes des patients concernent des crampes au niveau du cou, des douleurs

thoraciques, une sensation d'impuissance vocale, un comportement d'effort très intense, et une grande fatigabilité.

A l'examen clinique, on note que les cordes vocales sont normales ou rosées, congestives avec le bord libre d'aspect irrégulier. Il persiste une fente glottique postérieure inter-aryténoïdienne avec serrage en partie médiane et antérieure, donnant un aspect de glotte ovalaire. Les bandes ventriculaires sont proéminentes, congestives et hyperkinétiques. La respiration est souvent inversée, le débit rapide, et on note la présence de coups de glotte en attaque des sons.

A l'examen vidéostroboscopique, on remarque une amplitude vibratoire réduite en partie médiane, avec diminution des mouvements latéraux des cordes vocales. Le serrage concerne la totalité du sphincter laryngé avec un accollement important des apophyses vocales.

En ce qui concerne les paramètres vocaux, on observe un timbre qui peut être serré, voilé, couvert, rauque, éraillé, pauvre en harmoniques. L'intensité est plus forte donnant à la voix un aspect criard. La fréquence fondamentale est souvent très élevée avec un registre difficile à fixer.

#### **2.4.2. Les dysphonies hypofonctionnelles primaires ou dysphonies hypokinétiques**

On la retrouve souvent chez les sujets présentant une insuffisance de synergie musculaire, ainsi qu'une inadaptation de la respiration et de l'articulation, dues à l'altération de l'état général. Les plaintes des patients concernent une fatigue vocale qui augmente au cours de la journée, et des tiraillements musculaires dans le cou.

A l'examen clinique, on note que les cordes vocales sont insuffisamment en adduction ou en tension, ce qui produit une fente glottique de plusieurs morphologies possibles : glotte ovalaire, défaut d'accolement postérieur ou fuite longitudinale. A l'examen vidéostroboscopique, on remarque une ondulation asymétrique et irrégulière. Les vibrations sont amples et molles.



**Figure 6 : Fuite glottique longitudinale (extrait de Vocalab)**

En ce qui concerne les paramètres vocaux, on observe une voix soufflée, sourde, enrouée en permanence, avec une diminution de l'intensité. La fréquence fondamentale s'aggrave.

La dysphonie hypofonctionnelle primaire engendre des phénomènes compensatoires car l'acte phonatoire va demander beaucoup d'effort. C'est pourquoi le mode respiratoire et le fonctionnement du larynx vont passer en mécanisme hyperkinétique compensatoire. L'inspiration s'inverse avec une élévation thoracique massive.

## **2.5. Les dysphonies dysfonctionnelles compliquées ou dysorganiques**

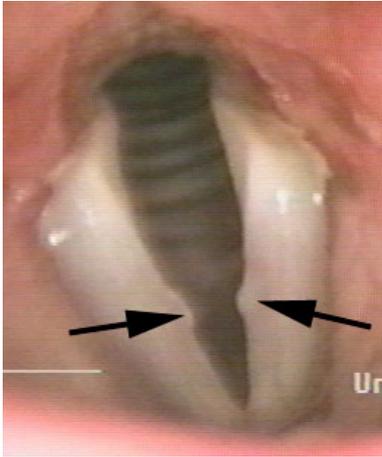
### **2.5.1. Le nodule**

Il s'agit d'un épaissement de la muqueuse développé au niveau de l'épithélium malpighien, à l'union du tiers antérieur et du tiers moyen, un peu au-dessous du bord libre. Il se situe donc dans la région d'ondulation maximum de la corde vocale. Selon le degré d'évolution, le chorion est soit œdémateux, soit fibrosé du fait de la production de kératose par la muqueuse de la corde vocale. La glotte est en forme de sablier.

Le nodule est de taille variable, de forme allongée ou arrondie. Sa coloration est rosée ou blanchâtre. Si on observe deux nodules bilatéraux s'emboîtant l'un dans l'autre, on parle alors de kissing nodules. Si le nodule occupe plus des deux tiers de la corde vocale, on parlera d'œdème en fuseau.

La lésion nodulaire survient suite à un malmenage ou à un surmenage, du fait de micro-traumatismes répétés sur les cordes vocales pendant le cycle vibratoire en

situation de forçage. Les facteurs de risques principaux sont les facteurs d'irritation chronique (allergie...). Cette pathologie concerne, selon l'expression de G. Heuillet Martin [HEUILLET-95b], « ceux qui possèdent un larynx non sexué de façon masculine (donc femmes et enfants) ».



**Figure 7 : Kissing nodules**



**Figure 8 : Lésion nodulaire (extrait de Vocalab)**

La présence d'un nodule entraîne une dysphonie d'installation progressive qui commence par une fatigabilité vocale, avant de devenir permanente. Les cordes vocales sont hypotoniques, leur vibration inégale. Le nodule se déforme avec l'ondulation de la corde vocale. Il ne la gêne donc pas.

A l'examen clinique et objectif, on observe que la fréquence fondamentale est le plus souvent aggravée aux environs de 180-200Hz. Le timbre est éraillé, voilé et/ou soufflé avec de fréquentes désonorisations. On peut noter une bitonalité quand la lésion est grosse et angiomateuse. L'intensité est augmentée surtout à l'attaque mais s'atténue vite. L'étendue vocale est limitée dans les aigus. Le temps maximum phonatoire est plus ou moins diminué selon la largeur de la fente glottique en phonation. On remarque souvent des reprises inspiratoires hautes, une exagération du souffle expiratoire et des tensions au niveau cervical quand le patient veut maintenir son efficacité vocale. Les signes subjectifs décrits par le patient sont une hypersécrétion, un hémmeage fréquent, des picotements et une gêne laryngée. Fréquemment, le patient se plaint d'épisodes d'aphonie complète.

### 2.5.2. Le polype

Il s'agit d'une pseudo-tumeur inflammatoire du larynx provoquant un épaissement de la muqueuse au niveau du chorion. Le polype se situe presque toujours sur la partie antérieure de la corde vocale. L'épithélium malpighien est aminci mais parfois épaissi et kératosique. Le polype est plutôt unilatéral. On le dit sessile quand toute la masse est accolée à la corde vocale, pédiculé s'il a un pied d'implantation. On observe souvent un épaissement réactionnel en regard de la lésion.



**Figure 9 : Polype de la corde vocale droite (extrait de Vocalab)**

Ce gonflement arrondi bénin et régulier est développé au cours de forçage, suite à une très forte pression de décollement des cordes vocales (coup de fouet laryngé, efforts à glotte fermée, instruments à vent). Cette pathologie concerne plus particulièrement les hommes que les femmes.

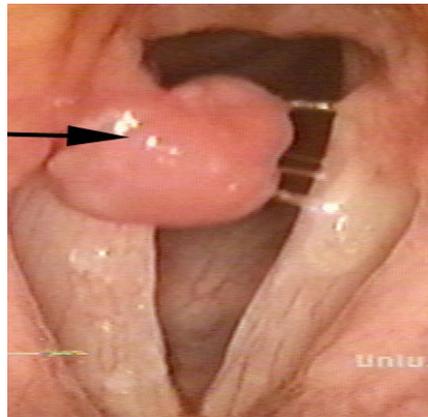
La dysphonie est permanente et stable. A l'examen clinique et objectif, on observe une voix bitonale, très altérée, très rauque et très forcée avec un temps phonatoire maximum raccourci. La gêne vocale est variable selon l'importance de l'empêchement mécanique. Quand le polype est volumineux, il empêche la vibration des cordes vocales et crée une fente glottique. Pour les polypes pédiculés, s'il est en-dessous de la corde vocale, il ne s'entend pas ; s'il passe au-dessus, la masse vibratoire augmente et aggrave la fréquence fondamentale de la voix. On notera que les caractéristiques acoustiques de la voix sont fonction de la localisation et du mode d'implantation du polype sur la corde vocale. J.Sarfati [SARFATI-02, p25] précise même qu'un polype de petite taille, situé sur la face supérieure de la corde vocale, peut ne pas entraîner de perturbations acoustiques de la voix.

A l'examen vidéostroboscopique, on remarque que le polype ne perturbe pas l'ondulation de la corde vocale, mais peut gêner celle de la corde vocale en regard. Le

polype sessile se déforme en même temps que la corde vocale. Le polype pédiculé gêne l'ondulation car il est mobile .

### **2.5.3. Le traumatisme vocal de la glotte postérieure**

Le traumatisme vocal de la glotte postérieure engendre au début un œdème qui se développe le long du bord interne de l'apophyse vocale. La muqueuse s'épaissit, prend un aspect rouge et s'ulcère parfois (ulcère de contact). L'atteinte est presque toujours bilatérale. Le bourgeonnement empêche la fermeture postérieure et souvent un ou plusieurs granulomes apparaissent secondairement à la périphérie de l'ulcération. Le granulome est une boule régulière rose pâle qui se développe sur la face intérieure de l'apophyse vocale de l'aryténoïde.



**Figure 10 : Granulome de la corde vocale droite (extrait de Vocalab)**

Le patient se plaint d'une irritation laryngée avec picotement, de toux et de hémorragie fréquents, ainsi que d'une douleur exagérée lors de la déglutition car les cordes vocales se ferment fortement. La voix est relativement peu modifiée en ce qui concerne les paramètres acoustiques mais elle se fatigue et se voile au cours de la journée. A l'examen clinique, on entend souvent de nombreux coups de glotte lors de la phonation, dus aux habitudes vocales du patient. Ce mode phonatoire empêche le développement du timbre vocalique et donne la sensation d'une voix dure. En vidéostroboscopie, on observe une déformation du bord postérieur des cordes vocales et un serrage postérieur dû à un mouvement compensatoire.

#### **2.5.4. L'œdème de Reinke ou pseudomyxome**

L'œdème de Reinke est un épaissement muqueux, translucide, plurilobé qui s'étend de la commissure antérieure à l'apophyse vocale. Il est limité et contenu dans l'espace de Reinke. Il se développe au niveau du chorion, en général sur la face supérieure de la corde vocale. L'épithélium est aminci car distendu par la masse. Si l'œdème est trop volumineux, il déborde le bord libre, pouvant aller jusqu'à obstruer l'orifice glottique. La glotte est en vessie dilatatoire. Il y a des voussures des deux côtés qui provoquent un chevauchement.



**Figure 11 : Oedème de Reinke sur la corde vocale gauche (extrait de Vocalab)**

Il s'agit d'une forme particulière de laryngite chronique due à l'abus du tabac et au malmenage vocal. Le facteur déclenchant est le tabac.

A l'examen clinique, on observe un changement de registre, la voix est abaissée, les sons étouffés et rauques. On entend aussi un hémhage et des bruits inspiratoires.

A l'examen vidéo-stroboscopique, la glotte est difficilement reconnaissable car la muqueuse est boursoufflée avec un aspect en vessie natatoire. Les cordes vocales ne vibrent plus en phonation.

#### **2.5.5. Le sulcus de la corde vocale**

Pour reprendre la définition de Van Caneghem [FRACHET-92, p49], le sulcus est « un petit sillon courant parallèlement au bord libre de la corde vocale ». S'il est invisible, on peut le suspecter par une fente glottique ovalaire, associée ou non à un

rapprochement des bandes ventriculaires. Les cordes vocales ont un aspect inflammatoire.

La dysphonie est intermittente ou permanente, avec des éléments hyperkinétiques. Le trouble vocal est souvent connu depuis la petite enfance ou à l'âge scolaire pour la moitié des patients ; pour l'autre moitié, la dysphonie fait suite à un phénomène inflammatoire ORL ou à un surmenage vocal.

Les signes subjectifs décrits sont une impression d'effort, une fatigabilité de la voix, des troubles de la sensibilité laryngée. A l'examen clinique et objectif, on relève une augmentation de la hauteur, une perte des possibilités de modulations, une diminution de la tessiture, une intensité faible avec une impossibilité à parler fort sans fatigue. Le timbre est voilé, soufflé, forcé. La voix est caractérisée par des désonorisations plus ou moins fréquentes, quelques sons bitonaux, et de nombreux coups de glotte. On observe des tensions musculaires cervicales marquées. A l'examen stroboscopique, on observe une diminution uni- ou bilatérale des vibrations.

## **2.6. Les dysphonies d'origine psychogène**

Les dysphonies d'origine psychogène désignent les dysphonies qui sont selon l'expression de G. Heuillet Martin [HEUILLET-95b, p94] « la manifestation d'un déséquilibre dans l'harmonie psychosomatique de l'individu [...] symptôme au niveau de la voix, traduisant un malaise psychologique plus ou moins profond, plus ou moins grave. ». Nous ne parlerons donc pas de l'aspect psychologique, parfois dépressif, qui intervient dans toute dysphonie dysfonctionnelle.

Selon la classification de G. Heuillet Martin [HEUILLET-95b], on distinguera la dysphonie psychogène « pure » et la dysphonie à timbre serré qui fait aussi partie des dysphonies hyperkinétiques primaires.

### **2.6.1. La dysphonie psychogène**

Comme C Fugain [JM ALBY et al-90] le souligne, « un malade de la voix » n'a pas toujours une atteinte des cordes vocales. En effet, nos émotions, notre vie affective transparaissent dans notre voix et un choc, des difficultés professionnelles ou personnelles peuvent troubler cette voix, trouble qui peut aller de la sensation de gorge

nouée à l'aphonie psychogène durable par inhibition. L'incidence de perturbations psychiques n'est donc pas à négliger dans le bilan orthophonique.

La dysphonie psychogène peut être confondue avec une dysphonie dysfonctionnelle car elle touche un ou plusieurs paramètres acoustiques de la voix. On distingue les dysphonies psychogènes selon leur cause qui peut être d'ordre thymogène, revendicatif, ou idéogène (désir d'attirer l'attention). [HEUILLET-95b, p99]

A l'examen clinique, on remarque que les cordes vocales sont normales, et pendant l'entretien, alors que le patient se rassure, la voix perd son caractère pathologique, le timbre et les variations mélodiques reviennent.

### **2.6.2. La dysphonie à timbre serré**

On observe une réduction des harmoniques graves, caractéristique de cavités de résonances rétrécies, avec une fréquence fondamentale usuelle relevée. Cela donne une impression de voix à timbre serré. La « vraie voix » apparaît dans le rire et le hémhage car ces sonorisations sont d'origine sous-corticale, donc libérées des stimuli psychiques suractivant les noyaux bulbaires.

A l'examen clinique, on remarque que l'oropharynx et le pharyngolarynx sont contractés. On observe une fente glottique antérieure avec serrage postérieur ou une très courte fente dans le quart antérieur de la glotte.

Dinville [DINVILLE-88, p41] ajoute à ces pathologies psychogènes la phonasthénie. Il s'agit d'une dysphonie de fatigue dans laquelle on retrouve souvent de la part des patients une plainte au niveau de son manque d'autorité, un sentiment de dévalorisation, d'infériorité, une grande timidité. On retrouve cette voix détimbrée, faible et sans portée au sortir d'une convalescence ou par mimétisme familial.

### **3. Présentation de différentes méthodes/ approches de rééducation des dysphonies dysfonctionnelles**

#### **3.1. Introduction.**

Il s'agit ici de présenter quelques-unes des différentes méthodes ou approches rééducatives de la dysphonie dysfonctionnelle, parmi les plus connues ou les plus pratiquées actuellement. Nous ferons ensuite la synthèse de ces différentes approches, dans lesquelles le plus souvent très peu de place est consacrée à l'aide instrumentale. Enfin, nous observerons rapidement quelle place peut prendre le logiciel de voix, alors que cette pratique est encore peu généralisée.

Nous n'aborderons pas ici les différentes méthodes de relaxation qui peuvent être utilisées au préalable à toute rééducation. Nous ne citerons pas non plus les méthodes des pionniers que sont F. Le Huche et C. Dinville. Ces précurseurs de la rééducation vocale ont beaucoup apporté à l'orthophonie, et leurs méthodes sont bien connues et souvent traitées. Leurs principes de base sont toujours d'actualité et servent de référence aux praticiens actuels. C'est pourquoi nous ne détaillerons pas ces deux approches, dont découlent les méthodes citées ci-après et dont leurs auteurs ont fait évoluer les concepts.

#### **3.2. Présentation de différentes approches thérapeutiques de la voix dysphonique**

### **3.2.1. L'équilibre et le rayonnement de la voix, Dr.Benoît Amy de la Bretèque (phoniatre),**

[AMYBRETEQUE-97]

Les objectifs de la rééducation vocale sont, pour B. Amy de la Bretèque, l'amélioration biomécanique du larynx et la restitution des qualités vocales (clarté, confort...). La disparition de la lésion, quand elle est réversible, serait un effet secondaire d'une rééducation vocale bien menée et non un objectif en soi.

La démarche rééducative que propose l'auteur s'effectue en deux parties, dont les différentes étapes sont justifiées par les connaissances anatomiques et physiologiques actuelles de l'appareil vocal.

Tout d'abord, la rééducation vocale commence par la pose de la voix. Selon B.Amy de la Bretèque, « poser la voix, c'est établir la meilleure relation possible entre la conduite du souffle phonatoire et la mise en vibration des cordes vocales. » [AMYBRETEQUE-97, p20]. On recherche un équilibre aérodynamique, c'est-à-dire une répartition harmonieuse des forces s'exerçant sur les cordes vocales. Les objectifs de cette première partie du travail vocal sont donc l'amélioration de la qualité vibratoire des cordes vocales, l'adaptation souple des muscles des cordes vocales à la hauteur du son désiré et la modulation de l'adduction cordale. Les différentes étapes pour les atteindre sont :

- La découverte de l'espace corporel intérieur avec le souffle, pour prendre conscience des difficultés réelles et concrètes de la voix.
- Le travail sur l'équilibre entre le souffle et le son, pour créer une pression sus-glottique et l'ajuster par tâtonnements successifs à la pression sous-glottique.
- Le travail de la vibration cordale, en désynchronisant au niveau du larynx les activités de sphincter et de vibrateur pour libérer la capacité vibratoire.
- Le travail de la modulation en hauteur.
- Le travail sur le point d'éjection du souffle et la colonne d'air, en améliorant la tonicité du sphincter glottique.

Les moyens employés ici sont principalement des vocalisations sur des sons doux et la technique de la paille, mise au point par l'auteur. Il s'agit de tenir une paille entre les lèvres, de sentir sur sa main la force de l'air expiré pour gérer la colonne d'air, puis d'émettre des sons dans la paille afin de trouver des sonorités sans effort et provoquer un accolement très doux des cordes vocales.

Puis est abordé le « rayonnement extérieur ». Il s'agit de donner à la voix une bonne efficacité dans l'espace environnant grâce à un équilibre résonantiel. La manière d'utiliser le pavillon pharyngo-buccal en est un élément essentiel. On utilise ici les points d'articulation des consonnes pour établir une pression sus-glottique adéquate, et caler le souffle expiratoire. On obtient de cette façon une meilleure intelligibilité de la parole et une plus grande projection vocale. On va aussi s'appuyer sur les voyelles pour varier la forme musicale de la production vocale, corriger l'excès d'intensité, ainsi que la sur-articulation, et restaurer une meilleure gestion de la colonne d'air. Ce dernier point est difficile quand l'irrégularité vibratoire est marquée et que le patient n'est pas initié au chant. L'auteur précise que cette deuxième partie n'est pas toujours nécessaire en rééducation orthophonique si le travail de pose de voix suffit à restaurer une qualité vocale suffisante pour le patient et à faire disparaître les tensions laryngées.

B.Amy de la Bretèque propose ainsi un cheminement méthodique et progressif pour guider le travail de la voix. La distinction du travail laryngé et du développement résonantiel permet de répondre plus précisément à la demande du patient, qui ne souhaite ou ne voit pas toujours l'intérêt d'un travail plus poussé, alors qu'il ne ressent plus de gêne. Le principal apport de l'auteur concerne l'introduction d'une paille comme moyen de contrôler l'accolement cordal et d'éviter le forçage laryngé. Enfin, B.Amy de la Bretèque est le seul à aborder explicitement la notion d'impédance ramenée sur le larynx (IRL) avec l'importance de l'équilibre aérodynamique entre les pressions sous- et sus-glottiques.

### **3.2.2. Françoise Estienne (orthophoniste),**

[ESTIENNE-01] [ESTIENNE-98]

La rééducation de la voix consiste pour F.Estienne à redonner au patient un dynamisme vocal, un confort, une endurance et un plaisir d'utilisation. Il s'agit donc de rééquilibrer le geste vocal pour atteindre un fonctionnement physiologique vocal optimal qui correspondent aux désirs et aux limites organiques du patient.

F.Estienne préconise une démarche rééducative pour « une rééducation brève, conscientisée et une intégration spontanée du geste vocal ». Selon elle, les différentes étapes à suivre, pour un travail précis, rigoureux et structurant, consistent pour le patient à :

- poser et placer la voix,
- intégrer intellectuellement et physiquement ce concept de pose de voix,
- passer du geste habituel au geste nouveau, percevoir et comprendre la différence, expérimenter les effets positifs de ce nouveau geste pour tenter de se les approprier,
- exercer le geste nouveau dans des contextes variés,
- entraîner la voix par des exercices précis d'assouplissement et de tonification,
- automatiser le geste,
- faire le pont avec l'extérieur en choisissant avec le patient les étapes et les moyens,
- faire de sa voix ce que l'on veut, lui faire confiance, qu'elle soit au service de la personne au point d'en oublier son fonctionnement.

Les moyens thérapeutiques proposés par F.Estienne sont :

- des massages de la nuque et du cou plutôt que la relaxation ;
- des manipulations du larynx pour le placer en position physiologique, dénouer les tensions, et faciliter le geste vocal de façon immédiate ;
- des exercices pour tonifier et assouplir les cordes vocales dans le but d'homogénéiser la voix ;
- des exercices respiratoires en phonation, pour ne pas engendrer de blocages ou une envie de trop bien faire ;
- des exercices de voix dans des situations vocales et langagières de plus en plus complexes, tout en respectant les besoins vocaux du patient, et en s'appuyant sur l'utilisation du rythme corporel, de la mimique et de la gestuelle ;
- la mise en situation du patient par l'intermédiaire de métaphores et du rêve éveillé ;
- des enregistrements audio des séances pour évaluer les performances et donner un modèle au patient lors des exercices à la maison.

Afin d'apprécier l'efficacité de la rééducation, F.Estienne a élaboré un certain nombre de questionnaires pour permettre au patient de situer sa demande, de l'analyser et d'évaluer la prise de conscience de sa voix, ainsi qu'une grille d'évaluation de la thérapie vocale.

En outre, F.Estienne insiste beaucoup sur le rôle de l'orthophoniste et la place du patient en thérapie vocale.

Pour F.Estienne, la remise en question du thérapeute et la réflexion sur sa démarche technique sont primordiales. L'orthophoniste doit pouvoir justifier ses choix thérapeutiques auprès du patient et adopter une attitude souple d'accompagnement pour le responsabiliser. Il doit pouvoir proposer des objectifs de travail précis, justifiés et surtout à court terme pour préserver une dynamique dans la prise en charge. Il doit aussi faire verbaliser le patient sur ce qu'il ressent grâce à un climat de confiance entretenu par le dialogue.

Quant au patient, F.Estienne insiste sur sa responsabilisation et son autonomie dans la prise en charge. Il doit gérer sa propre voix, tout en acceptant d'être guidé par le thérapeute. Le patient doit prendre conscience de l'amélioration que les modèles donnés par le thérapeute apportent à sa voix et ainsi pouvoir continuer la rééducation en confiance, avec plaisir et motivation.

F.Estienne souhaite que tous les canaux perceptifs soient utilisés afin que la personne comprenne bien ce qu'elle fait avec sa voix. Elle fait ressentir et formuler la différence entre le nouveau et l'ancien geste. Elle ne se limite pas à proposer des exercices de techniques vocales, mais elle prend en compte tous les modes d'émissions de voix que le sujet est amené à rencontrer. La voix prend place au milieu du corps dans un projet de communication.

### **3.2.3. Dr G.Heuillet Martin (phoniatre ORL), H.Garson Bavard, A.Legré (orthophonistes)**

[HEUILLET-95b, p2-6], [CUETO-00]

Pour G.Heuillet Martin, la rééducation vocale vise à soulager une voix et à récupérer la fonction vocale déficiente, en prenant en compte le corps, la voix et la personnalité du sujet qui se présente. Ainsi, la rééducation va permettre au patient de découvrir sa voix par un accompagnement personnalisé.

L'approche rééducative se situe au niveau de la compréhension du processus. Ainsi, la rééducation commence par une prise de conscience du patient :

- de son mode de fonctionnement vocal, en le rapportant à son fonctionnement psychique ;
- de son environnement et de son comportement vocal, suite à une sensibilisation à l'hygiène vocale ;
- du besoin de se déconditionner de son geste habituel et de rééquilibrer l'ensemble de son geste vocal.

Ensuite, le patient est amené à analyser en détail son geste vocal par décomposition de toutes les séquences du mouvement pour intégrer, mémoriser et automatiser le mouvement synthétisé.

Puis vient le travail vocal proprement dit avec la prise en compte de la maîtrise des tensions musculaires, la respiration, la statique et enfin de la précision du geste phonatoire pour une pratique vocale adaptée.

En ce qui concerne la respiration, l'orthophoniste présente des exercices de gymnastique respiratoire pour créer des automatismes. Puis, le souffle est associé à la parole dans la recherche de l'équilibre pneumo-glottique. La statique est abordée dans une dynamique vertébrale, donc indissociable de la respiration costo-abdominale.

Quant au geste vocal, il repose sur la mise en place d'un couplage pneumo-phonique avec la recherche des points d'appui du souffle et de la parole dans le corps. Le but est d'obtenir un timbre vocal homogène et enrichi en harmoniques graves et aigus. Pour l'intensité, l'accent est mis sur la mise en tension des muscles abdominaux et la tenue de sons à intensité variable.

Les moyens thérapeutiques employés sont :

- les jeux vocaux pour générer le plaisir nécessaire à la mise en place d'un geste spontané sans blocage, ni forçage et pour soutenir la motivation du patient ;
- des moyens de rétro-contrôle, tels que le miroir, les enregistrements audio et vidéo, et une sensibilisation aux sensations tactiles, proprioceptives et kinesthésiques pour que le patient trouve ses propres moyens de correction ;
- le dialogue sur les sensations corporelles pendant les exercices et les difficultés rencontrées au quotidien au niveau vocal, afin de mieux cerner la portée des exercices faits en séance ;

- la voix chantée pour une bonne approche de la « mécanique vocale » et pour enrichir la couleur et l'expressivité de la voix parlée ;
- l'écoute, pour répondre à la demande et créer des exercices sur mesure.

Dans cette démarche, le rôle de l'orthophoniste est de guider le patient dans son travail personnel en informant, rassurant et pointant les dangers. G.Heuillet Martin insiste sur le travail de l'écoute : écoute de soi et de sa propre voix, mais aussi écoute de la voix de l'autre pour découvrir les particularités, les possibilités, les limites et les défaillances de sa propre voix, et ainsi la reconnaître comme sienne et l'investir.

Le but de la rééducation, pour G.Heuillet-Martin, est atteint quand le patient a pris conscience et compris son geste vocal ; et qu'il a fait sienne la technique au point de ne plus y faire attention. Il utilise sa voix à tout moment, et il est conscient du bien être que lui procure son nouveau geste vocal.

### **3.2.4. Arlette Osta (orthophoniste),**

[OSTA-00], [OSTA-01]

A.Osta insiste sur le fait que la rééducation orthophonique de la voix dysphonique doit être adaptée au patient, à son activité vocale et à son état laryngé. Pour ce faire, il faut notamment, avant de proposer des exercices techniques, que le patient identifie son trouble et ce qu'il a mis en place autour.

La démarche rééducative va comporter plusieurs étapes. Tout d'abord, la notion d'hygiène vocale est abordée et vérifiée. Puis, une attention particulière est portée sur les sensations ressenties par le patient, notamment les sensations de résonance qu'il apprendra par la suite à développer. Une éducation auditive est ensuite systématiquement proposée. Elle correspond à une sensibilisation aux productions sonores personnelles, à un apprentissage des sons et à un repérage des caractéristiques acoustiques de la voix.

Après avoir justifié la nécessité d'un travail sur le corps à l'aide de références théoriques, les exercices techniques sont abordés. Ils portent sur :

- le souffle avec un travail de la synergie pneumo-phonique pour la phonation,
- la posture et la verticalité corporelle,

- la projection vocale,
- l'adaptation au milieu professionnel.

Pour les exercices de souffle et de posture, l'imagerie mentale et corporelle est un moyen facilitant très employé par A.Osta, qui adapte les évocations en fonction du patient. Elle a d'ailleurs créé des exercices d'échauffement postural qui s'adressent aussi bien aux chanteurs qu'aux patients présentant une dysphonie dysfonctionnelle. Il s'agit d'exercices corporels reliés à des images mentales pour effectuer un travail sélectif sur la mise en place de la respiration, la sensation d'effort/ confort et le placement postural. L'appui sur le corps et l'imagerie mentale vont permettre une meilleure mémorisation des sensations internes et externes qui interviennent dans la perception du corps. Par exemple, on peut citer la recherche d'appui sous les pieds avec l'exercice du SUMO, le placement du corps en équilibre dans le HERON, la verticalisation de la colonne dorsale dans le DONJON, ... [OSTA-01, p217]

Autre moyen de rétro-contrôle, A.Osta emploie l'outil informatique et les logiciels d'analyse de la voix. Elle pense en effet que les images spectrales sont utiles en rééducation car elle a remarqué que les patients y sont de plus en plus confrontés. Ces derniers semblent sensibles à la visualisation de leurs propres productions sonores et de ses modifications. Si la visualisation spectrale n'est pas un élément essentiel de la rééducation, elle permet cependant d'objectiver la production vocale, les progrès effectués et le parcours restant ; ce qui a un effet non négligeable sur la motivation du patient.

Les maîtres-mots d'A.Osta sont donc discrimination et rétro-contrôle proprioceptifs. Elle insiste beaucoup sur l'importance de savoir donner des images adaptées à chaque patient et de proposer l'exercice qui correspond à la demande et au besoin du moment. L'utilisation de logiciels peut être intéressante dès le début de la prise en charge pour voir les mécanismes de fonctionnement de la voix. Plus tard, le logiciel est utile en cours de rééducation pour visualiser les progrès, quand les comportements ont été modifiés.

### **3.2.5. Les 12 clefs pour la rééducation de la voix, Dr J B Roch (phoniatre)**

[ROCH-01]

L'approche de J.B.Roch est basée sur douze clefs. Ces différentes clefs, principes essentiels de son approche du travail vocal, sont issues de séances de groupes de travail de voix et de sa pratique de la rééducation vocale.

Pour J.B.Roch, la rééducation vocale a pour objectifs de faire découvrir et de mettre en ordre les différentes sensations procurées par le geste vocal, l'émission du son et le retour auditif. En effet pour lui, le travail vocal ne doit pas chercher nécessairement à corriger un défaut, mais plutôt à obtenir une meilleure prise de conscience de la part du sujet.

Dans sa démarche, J.B.Roch commence par un temps de prise de conscience du corps et des sensations par le patient. Il part en effet du principe que dans la dysphonie dysfonctionnelle, il y a 3 dysfonctionnements possibles - les zones inertes, les zones suractivées et les zones inversées - et 5 niveaux possibles de resserrement - diaphragme, thorax, épaules et base du cou, larynx et mâchoires-. Une fois le niveau de resserrement situé avec justesse et précision, il va recentrer le geste vocal en faisant prendre conscience de l'élan vertical et des appuis.

Puis, dans l'abord de la respiration, J.B.Roch insiste sur le repérage dans le temps de la naissance de l'inspiration et celui dans l'espace des zones où se font l'inspiration et l'expiration. Le but est d'arriver à obtenir la sensation d'un appui juste pour ensuite y développer la voix.

Par rapport à la voix, J.B.Roch s'intéresse à l'émission vocale, qu'il appelle le « vecteur lumière de la voix » par l'aspect brillant et clair qu'il lui donne, et à la résonance, qui donne la coloration expressive de la voix. « Diagnostiquer si un trouble dysfonctionnel vient d'un défaut d'émission ou de résonance -ou des deux- m'oriente dans mon choix d'exercices que je propose. » [ROCH-01, p58]. En effet, l'émission vient du larynx donc l'accent sera mis sur un contrôle essentiellement acoustique de la voix. Par contre, la résonance provient des cavités supra-laryngées et sera contrôlée plus particulièrement par des sensations kinesthésiques.

Quant à la justesse de la voix, J.B.Roch la situe à plusieurs niveaux. Il y a tout d'abord la justesse du geste vocal, qui, selon lui, doit se faire toute seule grâce au travail

effectué au préalable. Puis, la justesse en hauteur sera vérifiée par l'analyse acoustique de la fréquence d'émission. La justesse en timbre sera évaluée à l'oreille, avec la recherche d'un équilibre en harmoniques. Il porte aussi son attention sur la justesse par rapport à soi qui correspond à la sensation de cohérence, l'avis du sujet sur la qualité de l'équilibre qu'il atteint à partir des sensations kinesthésiques intérieures. Enfin, la justesse au-delà de soi qui s'inscrit dans l'environnement.

Afin de contrôler la voix, J.B.Roch insiste sur « les trois retours » : la sensation kinesthésique du geste vocal, la sensation pallesthésique interne vibratoire du son et la sensation auditive aérienne. Cependant, la sensation kinesthésique du geste vocal est pour lui celle qui permet une meilleure correction de la voix et la construction d'une technique solide. Il est donc nécessaire pour le thérapeute de repérer quel est le retour le plus utilisé par le patient, afin de pouvoir ensuite rééquilibrer les trois sensations.

Par rapport à la place et au rôle du thérapeute de la voix, J.B.Roch insiste sur l'aspect relationnel entre le thérapeute et son patient. Pour lui, le rééducateur doit ressentir comment le patient est animé par sa voix. Il doit porter son attention sur les mots employés par le patient et les reprendre dans son discours, car ils correspondent à une recherche de sens et à une prise de conscience de sensations. Le thérapeute doit être « écoutant », et dans l'accompagnement.

Pour l'auteur, il faudrait dans la mesure du possible arriver à ce que le patient, quelle que soit sa demande initiale, évolue jusqu'à une demande de sujet impliqué, et recherche les causes de la dysphonie. Il insiste aussi sur la notion de plaisir et de jeu dans l'expérimentation de nouveaux comportements vocaux. Cela est nécessaire pour que le patient puisse s'approprier sa nouvelle voix, la rattacher à son identité et dépasser un sentiment d'étrangeté qui a pu survenir au départ.

Ainsi, pour J.B.Roch, la rééducation vocale correspond à un travail de prise de conscience d'un équilibre « heureux » de la voix et du déséquilibre temporaire que présente le patient.

### **3.2.6. Dr Jocelyne Sarfati (phoniatre),**

[SARFATI-02]

L'ouvrage « Soigner la voix » [SARFATI-02] sur lequel nous nous appuyons ici entre dans le cadre particulier des rééducations de dysphonies dysfonctionnelles

compliquées, où une opération phonochirurgicale est indiquée. Mme Sarfati préconise une rééducation vocale avant et après tout geste chirurgical dans le cadre de dysphonie dysorganique. Pour elle, la rééducation orthophonique devient ici « une véritable course de vitesse entre l'installation de nouvelles habitudes vocales spontanées (...) et la persistance de la dysfonction. » [SARFATI-02,p39].

La rééducation vocale pré-opératoire a plusieurs objectifs. Elle ne sera cependant pas la même si la lésion est causée par un malmenage vocal ou si elle induit ce forçage. Elle va permettre tout d'abord de confirmer ou non le diagnostic et l'indication chirurgicale en apportant des données sur le fonctionnement vocal du patient. Elle peut parfois éviter le geste chirurgical en rétablissant un geste vocal adapté. Mais en règle générale, elle prépare les suites de l'opération, dont la reprise phonatoire après la période de convalescence. Cette rééducation s'arrête souvent quand on n'obtient plus aucune amélioration d'ordre anatomique, acoustique, ou du confort.

La rééducation post-opératoire a pour but l'intégration et l'automatisation par le patient d'un comportement vocal spontané adapté. Il s'agit principalement d'accompagner le patient dans la reprise de ses activités vocales. Si le comportement vocal pathogène est trop ancré, sa disparition reste un objectif primordial. Si le dysfonctionnement vocal est apparu suite à la lésion, l'intervention orthophonique cherchera à corriger les compensations mises en place.

La démarche thérapeutique repose sur l'hygiène vocale, le programme d'économie vocale, le contrôle audio-phonatoire et la technique vocale.

Une information sur l'hygiène vocale, la prise de conscience et la perception des abus vocaux, et leur disparition rentrent dans un traitement comportemental du patient. Celui-ci est nécessaire pour donner une base de travail et permettre le début des progrès.

Le programme d'économie vocale cherche à modifier le comportement vocal du patient. Si le comportement vocal a généré la lésion, la prise de conscience des facteurs aggravants dans les diverses situations de phonation va prévenir la récurrence et apporter un mieux-être vocal. Si la lésion entraînait un comportement de forçage, ce programme permettra de gérer la convalescence post-opératoire et la reprise vocale.

Le contrôle audio-phonatoire est facilité par l'écoute et l'analyse d'enregistrements audio ou vidéo de situations phonatoires du patient dans sa vie quotidienne. On

cherchera par ce biais à faire prendre conscience au patient de la hauteur et des différents timbres utilisés, de l'intensité et des excès de puissance, ainsi que de ses tics phonatoires. Cette étape est importante pour faire comprendre au sujet ce qu'il doit corriger et pourquoi. J.Sarfati insiste sur le fait qu'elle doit cependant être amenée de façon à ce que le patient ne se sente pas jugé et en perçoive la nécessité thérapeutique.

La technique vocale comprend des exercices types à adapter à chaque patient, toujours accompagnés d'une explication physiologique et d'une image mentale afin de « déclencher chez le patient le comportement recherché par un biais plus ou moins fantasmatique » [SARFATI-02,p55]. Les exercices vont porter sur le souffle pour apporter rapidement des éléments de confort en phonation et pour intégrer une respiration adaptée. Puis, au moyen d'exercices sonorisés, seront travaillés :

- la coordination pneumo-phonique avec l'utilisation de phonèmes antérieurs fricatifs,
- la recherche de sensations vibratoires au niveau du visage et de la poitrine,
- l'accolement glottique avec l'utilisation de consonnes explosives,
- l'augmentation de la pression endolaryngée pour ressentir la sensation de relâchement associée à l'ouverture glottique,
- l'inspiration pré-phonatoire,
- la vocalisation syllabique pour la fluidité vocale,
- les battements de lèvres et de langue pour déclencher la vibration laryngée,
- la posture, le tonus et la fluidité vocale.

Ensuite, la coordination de l'ensemble de ces éléments sera travaillée des jeux vocaux et la simulation de séances de phonation de la vie quotidienne du patient.

J.Sarfati insiste aussi sur la dimension individuelle de la rééducation vocale. Pour l'auteur, la rééducation vocale comprend une part de guidance pour réduire le surmenage vocal, en tenant compte des réalités psychologiques et environnementales du patient.

### **3.2.7. La Voix Mobile, méthode des mouvements minimaux, William Weiss (professeur de théâtre),**

[WEISS-96], [HABIF-97]

W.Weiss est professeur au département théâtre de l'université d'Ottawa au Canada. Il a inventé une méthode utilisant les mouvements minimaux et la spatialisation,

pour percevoir l'apparition du geste vocal et pouvoir en corriger les défauts à la source. On recherche donc une amélioration des mouvements corporels par une prise de conscience et un développement du sens kinesthésique, dans le but de créer de nouveaux schémas neuro-musculaires et ainsi de nouveaux timbres vocaux.

« S'imaginer un mouvement corporel dans une direction donnée affecte automatiquement la partie corporelle concernée puisque c'est comme cela qu'on crée de nouvelles possibilités de mouvement. Ainsi, on est en mesure de programmer des gestes phonatoires complexes qui seraient impensables (donc irréalisables) sans cette méthode. » [WEISS-96, p5]

Cette méthode part du principe que le milieu socio-culturel et la langue limitent les possibilités vocales de l'adulte. Le but est donc de débrider la voix et de poursuivre le développement des schémas neuro-musculaires comme le tout petit enfant lors de son développement phonatoire. L'auteur dit s'appuyer sur les acquis de la formation vocale, de la formation corporelle (cette méthode s'inspire de la méthode Feldenkrais) et des données scientifiques sur la production et la perception de la voix.

Il s'agit donc d'apprendre à faire les plus petits mouvements possibles. Selon l'auteur, cela permet de garder l'emprise sur chaque mouvement qui participe au geste et ainsi de les individualiser des mouvements parasites. Ensuite, on cherche à accroître la mobilité des organes impliqués dans la phonation. En effet, une fois le mouvement minimal mis en place et adapté, il est amplifié dans un but de projection vocale à l'aide d'autres techniques vocales.

Cette pédagogie demande beaucoup de temps pour développer le sens kinesthésique et assimiler les nouvelles sensations.

Depuis 1991, des orthophonistes sont initiés à cette approche sous l'impulsion de Michèle Habif, orthophoniste. Il n'existe pas d'études scientifiques sur l'efficacité de cette méthode pour le moment. Il s'agit d'une approche plus pédagogique que médicale mais la maîtrise des organes intervenant dans la production vocale permettrait de corriger les aspects dysfonctionnels de la voix.

### **3.2.8. La recherche du mouvement sensoriel, Danis Bois**

[CHAISTRAGNAT et al-02]

Danis Bois est kinésithérapeute et ostéopathe de formation, qui s'est intéressé aux processus d'installation de la maladie dans le corps. Il est directeur du « Département de Pédagogie Perceptive du Mouvement », à l'Université de Lisbonne. Il propose une méthode corporelle que nous ne détaillerons pas ici car un mémoire lui a été entièrement consacré [CHAISTRAGNAT et al-02]. Il s'agit d'une approche sur la mise en mouvement du corps en favorisant l'émergence de sensations et leur écoute. Elle se base sur une « gymnastique sensorielle » et une technique de soin manuel que D.Bois a élaborée : la fasciathérapie.

Elle propose des mouvements lents pour obtenir un relâchement musculaire, qui seront ensuite dissociés dans tous les plans de l'espace, afin de rechercher une verticalité souple. Dans leur mémoire, N.Chastragnat et S.Pastor montrent les bienfaits de cette technique dans la rééducation vocale car elle apporte une détente profonde, un apaisement physique et mental, et un développement de sa sensibilité et de la conscience de soi.

### **3.3. Synthèse des différentes approches présentées**

Tous les auteurs présentés ici, à une nuance près pour J.B.Roch, donnent comme but à la rééducation vocale le rétablissement d'un geste vocal optimal, et celui des qualités acoustiques de la voix. Pour ce faire, ils s'accordent sur les points à prendre en compte : la respiration, la posture, le geste vocal dans son ensemble, les paramètres vocaux. Ce consensus vient du fait que tous les auteurs présentés ont les mêmes principes de base qui reposent sur les connaissances actuelles de l'anatomie et de la physiologie de la phonation.

La prise en charge personnalisée est un principe commun à ces différentes approches. Tous insistent sur la nécessité de s'adapter au sujet, à sa personnalité, à sa pathologie, à ses besoins vocaux ou encore à ses attentes. Si la plupart d'entre eux admettent la dimension psychologique d'une thérapie vocale et font le parallèle entre les fonctionnements physique et psychique de l'individu, sa prise en compte diffère d'une approche à une autre. Certains conseillent une prise en charge en parallèle par un psychologue, comme J.Sarfati ; mais la majorité l'intègre dans leur prise en charge

« technique ». Ainsi par exemple, pour F.Estienne, l'orthophoniste doit se placer dans le système de valeurs du patient ; G.Heuillet Martin insiste sur l'importance de l'écoute et du dialogue ; J.B.Roch quant à lui porte son attention sur la « justesse par rapport à soi ».

Quelle que soit l'attitude vis-à-vis de la prise en charge du psychisme du patient, les auteurs insistent sur le rôle de guide de l'orthophoniste, d' « écoutant » ; et le placent dans une démarche d'accompagnement du patient vers plus d'autonomie et de responsabilisation par rapport à sa voix. Cela se retrouve à plusieurs niveaux :

- le patient doit prendre conscience de son attitude vocale, de son corps et de sa voix,
- les conseils d'hygiène vocale sont adaptés au quotidien du patient,
- les exercices sont proposés en fonction du geste habituel du patient, de ses besoins et de ses performances, de même la façon de les présenter,
- les situations de phonation habituelles au patient sont travaillées et discutées en séance.

Le concept qui nous intéresse particulièrement dans le cadre de ce mémoire et qui sert de fil conducteur à la rééducation vocale pour tous les auteurs, concerne « la prise de conscience ». Cette prise de conscience par le patient a une place particulière dans les différentes approches, mais celle-ci n'est pas toujours située et provoquée de la même manière.

L'attention du patient est portée tout d'abord sur ce qui a provoqué la pathologie vocale (une mauvaise posture, une mauvaise hygiène vocale,...) et l'état dans lequel il se présente (caractéristiques vocales, lieux des tensions musculaires, efforts laryngés). Cette analyse s'élabore grâce à un dialogue sur les habitudes vocales et les contextes de phonation, avec la distribution d'un questionnaire d'évaluation subjective de sa voix par le patient et d'une information par l'orthophoniste. Ainsi, A.Osta et G.Heuillet Martin par exemple commencent leur rééducation par un état des lieux approfondi avec le patient, sur son hygiène vocale, son geste vocal, ses comportements en phonation... en insistant sur les aspects psychologiques induit par la dysphonie. C'est une étape importante pour arriver à responsabiliser le patient et lui faire comprendre ce qui a provoqué son état, ainsi que ce sur quoi il lui faudra agir.

Puis, l'orthophoniste va guider le patient pour qu'il prenne conscience de ce qui se passe dans son corps, de ce qui constitue le geste vocal (lieux et temps de la respiration,

verticalisation, équilibre du souffle et du son, ...). Le patient va alors découvrir le fonctionnement de la voix. Pendant cette phase de découverte de nouveaux gestes, le thérapeute doit s'assurer que le patient comprend la nécessité du changement de comportement et de l'efficacité qu'il apporte.

Enfin, la prise de conscience a lieu tout au long de la rééducation pour ce qui concerne l'évolution du comportement vocal et des paramètres vocaux, la persistance de défauts, les progrès effectués, ou encore les performances accomplies.

Afin que cette prise de conscience s'effectue, les différents auteurs proposent principalement deux approches : l'une interne à l'individu, l'autre externe.

Tout d'abord, le thérapeute va recentrer le patient sur son corps. L'accent va être mis sur la découverte des sensations ressenties par le patient lors de l'acte vocal ou d'exercices rééducatifs. L'orthophoniste va le sensibiliser à percevoir les différentes sensations vibratoires, par exemple, à les verbaliser afin de pouvoir dialoguer et préciser l'intervention orthophonique, puis surtout à les développer. A.Osta va plus loin en proposant des images mentales adaptées au sujet pour qu'il puisse mémoriser et retrouver ces sensations. Cela souligne leur importance dans la mise en place de la technique vocale, car, comme le rappellent G.Heuillet Martin et J.B.Roch, les sensations kinesthésiques entre autres sont les meilleurs moyens de rétrocontrôle pour que le patient puisse mettre en place le bon geste et ensuite s'auto-corriger. A ce sujet, on peut rajouter l'éducation auditive d'A.Osta, toujours appuyée par J.B.Roch qui compte le retour auditif comme moyen d'apprentissage et d'auto-correction.

Ensuite, les différents auteurs utilisent plusieurs moyens de rétro-contrôle externes, à part W.Weiss et D.Bois qui se situent dans une approche exclusivement corporelle, centrée sur les sensations kinesthésiques et proprioceptives. Il est intéressant de remarquer que si la prise de conscience et l'appui sur les sensations ressenties par le patient sont incontournables, les moyens de feedback extérieurs ne font pas l'unanimité.

Ainsi, B.Amy de la Bretèche emploie comme outil une paille. F.Estienne ne se sert dans ce cadre que d'enregistrements audio. Pour G.Cornut, c'est un moyen indispensable pour le patient de découvrir sa voix, de prendre conscience de ses défauts persistants, mais aussi des modifications apportées et des progrès grâce à une comparaison de plusieurs enregistrements. Pour F.Estienne en revanche, l'enregistrements audio permet de mesurer les performances accomplies dans la séance et d'en discuter, mais aussi, et c'est la seule à le mentionner, de donner un modèle au patient pour s'entraîner à la

maison. G.Heuillet Martin et J.Sarfati ajoutent des enregistrements vidéo. J.Sarfati utilise des enregistrements non pas de séances mais de situations de phonation dans le quotidien du patient car le patient est en réelle situation de communication. On aborde donc directement le quotidien du patient et non des éléments techniques isolés. Cependant, ces enregistrements sont beaucoup plus difficiles à obtenir et peu acceptés par le patient.

Ainsi, si plusieurs thérapeutes font mention d'objectivation, d'analyse de la voix et des progrès accomplis, seule A.Osta fait référence à l'utilisation d'un logiciel pour la voix. Elle en note pourtant de nombreux avantages comme l'objectivation fiable des paramètres vocaux, celle des progrès, et un impact positif sur la motivation du patient.

### **3.4. Et le logiciel dans tout ça ?**

A l'instar de F.Estienne et de ses questionnaires, la plupart des auteurs ne préconisent pas explicitement l'utilisation de logiciel en rééducation vocale. L'oreille de l'orthophoniste et le ressenti du patient priment encore dans les esprits pour apporter les justifications à l'efficacité du traitement. C'est d'ailleurs la disparition d'une sensation de gêne et d'effort qui détermine l'arrêt de la prise en charge. Seuls les enregistrements audio et vidéo ont réellement trouvé une place dans la rééducation vocale. Pourtant, un enregistrement est sujet à interprétation, assujetti aux oreilles (et au regard pour la vidéo) qui l'analysent, car il ne donne aucune référence. Il fait donc toujours appel à une perception subjective.

Aussi, en connaissant les possibilités d'un logiciel, celui-ci pourrait être utilisé dans les différentes approches citées (hors les méthodes corporelles comme celle de W.Weiss).

Ainsi, B.Amy de la Bretèche pourrait l'utiliser lors du travail sur la hauteur et l'intensité. Pour F.Estienne, le logiciel pourrait apporter un plus dans sa recherche d'efficacité, un soutien pour faire « intégrer intellectuellement le concept de pose de voix » et les différences apportées par le nouveau geste en comparaison avec l'ancien. G.Heuillet Martin y trouverait aussi un soutien pour ses explications du fonctionnement vocal, pour ses exercices de tenue de sons et un nouveau moyen de rétrocontrôle. Enfin, pour J.B.Roch, le logiciel servirait son analyse de la fréquence, confirmerait celle du timbre et objectiverait l'équilibre en harmoniques qu'il recherche.

Un logiciel n'est donc pas incompatible avec les différentes méthodes citées et peut se montrer un outil utile, intégré de façon intelligente dans la démarche rééducative.

### **3.5. Conclusion**

Si de nombreuses méthodes sont proposées aux orthophonistes, on s'aperçoit que seuls les moyens mis en œuvre changent. Cela peut s'expliquer tout d'abord par le fait que les principes de base de toute rééducation vocale reposent sur des concepts anatomiques et physiologiques admis par tous. Ensuite, les moyens proposés font référence à une approche et une réflexion personnelles, à une expérience individuelle que les différents auteurs ont souhaité faire partager.

Aussi, en pratique, il est rare de retrouver « la méthode de » chez les orthophonistes habitués à rééduquer ces pathologies dysfonctionnelles, mais « une inspiration de ». Appliquer à la lettre la démarche que l'on a apprise dans les livres ou lors d'une formation obligerait l'orthophoniste à « plaquer » une technique, qui ne serait pas forcément adaptée à sa personnalité, ni à son patient. Chaque patient est unique, comme l'est chaque orthophoniste. Comme le souligne I.Ammann [AMMANN-99], il n'y a pas de remède miracle, pas une méthode pour résoudre telle pathologie vocale, ni une technique pour tous les patients.

Aussi, les orthophonistes qui veulent s'investir dans la démarche de rééducation vocale doivent se former à plusieurs techniques, à plusieurs approches pour pouvoir connaître, tester, ressentir les effets, et s'appropriier différents outils. Cela leur permet de pouvoir s'adapter plus facilement au patient qui se présente, de cerner plus rapidement ses besoins. En effet, ces formations en thérapie vocale offrent non seulement des outils thérapeutiques, mais surtout permettent une réflexion sur sa pratique d'orthophoniste, une remise en question des moyens employés par confrontation avec d'autres expériences. Ainsi, l'orthophoniste peut élaborer et faire évoluer sa propre technique, sa propre démarche en toute conscience.

Une rééducation vocale, c'est avant tout donc une observation du patient, une analyse constructive des éléments observés, et une discussion avec le patient. Ensuite peut intervenir la technique en faisant expérimenter au patient des exercices adaptés à sa problématique. Le thérapeute doit accompagner son patient dans un cheminement qui lui est adapté et non vers un idéal de voix dicté dans certains livres, loin des

préoccupations du patient. La thérapie vocale est une « auto prise en charge » [AMMANN-99, p67] par le sujet, dans laquelle l'orthophoniste n'intervient que pour guider et proposer des outils de travail. C'est à ce niveau qu'intervient l'utilisation de logiciel de voix.

Nous avons vu que peu d'auteurs citaient l'utilisation de l'informatique en rééducation orthophonique. En effet, il n'existe à ce jour aucune méthode de thérapie vocale s'appuyant sur un ordinateur. Si certains logiciels proposent une trame à l'aide de modules spécifiques pour l'évaluation et la rééducation, ce ne sont cependant que des outils (très) techniques. Leur place est la même que la paille par exemple pour B.Amy de la Bretèche. Un logiciel exige, tout comme les autres outils proposés par les différents auteurs, une formation, un essai personnel, et une appropriation par l'orthophoniste pour pouvoir être intégré dans la rééducation vocale. Comme nous l'avons vu avec A.Osta, l'informatique apporte des moyens objectifs de feedback au service de la progression du patient et de sa motivation. Ce dernier point souligne l'impact psychologique qu'il faut prendre en compte avant de proposer cet outil – nous l'aborderons dans le chapitre suivant-, comme pour tous les autres outils vus précédemment, notamment avec l'impact d'un enregistrement audio ou vidéo.

Ainsi, quelle que soit la démarche adoptée par l'orthophoniste, les moyens techniques qu'il propose, le thérapeute doit accepter le fait que son patient présente un trouble spécifique et unique, qui demande un projet rééducatif personnalisé, servi par une technique qu'il maîtrise et qui est adaptée à la problématique du patient. La démarche thérapeutique et les moyens proposés devront en outre être réajustés régulièrement tout au long de l'accompagnement du patient, selon l'évolution de son geste, de sa demande et de ses besoins.

En ouverture à cette réflexion, nous signalerons la proposition de Ph.Dejonckère dans son article [DEJONCKERE-01, p350] d'une « systématisation du traitement orthophonique en éléments, une méthode pour catégoriser et quantifier les composantes d'un traitement fonctionnel ». Il s'agit de la proposition d'un protocole de traitement orthophonique avec la cotation de 9 principes de bases, éléments présents en quantité variable selon le patient, qu'il faut quantifier en pourcentage pour la conception scientifique du traitement orthophonique. Ces neuf points concernent :

- le bilan fonctionnel,
- l'information adéquate du patient sur la nature de son problème et le traitement envisagé,

- l'acceptation et modification d'attitude,
- la prise en charge psychologique,
- l'hygiène et la déshabitude,
- le travail des pré-requis,
- le travail et l'entraînement dirigé sur les symptômes,
- le travail et l'entraînement des mécanisme de compensation,
- le processus de généralisation, d'intégration du geste vocal correct dans l'activité vocale spontanée.

Cette proposition s'intègre dans le cadre d'une démarche d'efficacité des soins, avec pour objectif de pouvoir comparer et mesurer les actions orthophoniques, et ainsi faire progresser l'état des connaissances. C'est dans cette optique de validation scientifique que les logiciels pour la voix trouvent une place intéressante dans la rééducation comme outil d'objectivation des paramètres vocaux et de l'efficacité thérapeutique.

## **4. L'image de l'ordinateur dans la pratique orthophonique**

### **4.1. Introduction**

Actuellement, les cabinets d'orthophonie sont de plus en plus nombreux à disposer de matériel informatique du fait notamment de la campagne de la Sécurité Sociale pour la télétransmission sécurisée Sésam Vitale. Pour preuve, le site [www.orthophonistes.fr] annonce qu'en septembre 2002, 45% des demandes de remboursement en orthophonie ont été transmises par la carte vitale. Et en janvier 2003, 65% des orthophonistes de Haute-Garonne étaient équipées pour la télétransmission (source CPAM 31). Autre signe de l'ouverture sur l'informatisation, les magazines consacrés à l'orthophonie offrent tous actuellement une rubrique « informatique », où sont discutés les intérêts de certains logiciels, les marches à suivre pour certaines applications...

Parallèlement, dans notre société, l'ordinateur est omniprésent. L'informatique est présente aussi bien dans les loisirs que dans l'éducation, la recherche, la gestion, l'industrie... Chaque mois apparaissent de nouvelles applications : l'aide à la décision, l'aide à la composition musicale, la fabrication d'images de synthèse... Pour les enfants, l'informatique a un pouvoir d'attraction indéniable, et la prise de contact se fait maintenant dès l'école primaire. Pour les adultes, l'informatique devient de plus en plus synonyme d'outil de travail indispensable pour la comptabilité, la sauvegarde de données, le courrier. L'informatique fait ainsi partie du quotidien de nombreuses personnes et donc de celui de patients pris en charge en orthophonie.

Aussi, avant d'aborder la visualisation spectrale et les logiciels pour la voix, il nous a semblé nécessaire de rappeler, d'une manière générale, quelle place occupe l'informatique dans le domaine de l'orthophonie, et quelle image véhicule l'ordinateur auprès des praticiens cliniciens. Ainsi, après un rapide historique de l'apparition et du développement de l'ordinateur dans les cabinets d'orthophonistes, nous ferons la

synthèse des données concernant les apports et les limites de son utilisation dans la pratique orthophonique, relatées dans la littérature.

#### **4.2. Historique en quelques points**

- 1939 : Synthèse de la parole par des circuits audio-électriques, Voder et Vocober de Duldley
- 1946 : Création du « Visible Speech » par les Laboratoires Bell aux Etats-Unis. Cet appareil affiche un spectrogramme sur écran tournant. Il inspire les centres de recherche pour créer les logiciels de visualisation de la voix et de la parole.
- années 1950 : Début du traitement numérique de la parole : le langage quitte son statut d'objet d'étude expérimental pour devenir une matière analysable et quantifiable.
- années 1970 : Premiers matériels rééducatifs pour la surdité visualisant la parole par trace analogique : le phonaudioscope de Borel, l'échelle lumineuse d'intensité. Mais les images obtenues ne permettent pas une utilisation fonctionnelle par rapport à la complexité du langage.
- 1974 : Elaboration du premier ordinateur individuel, l'IBM PC.
- 1981 : Commercialisation à grande échelle des micro-ordinateurs, ce qui permet une vulgarisation et une banalisation des technologies numériques.
- années 80 : Rencontre avec l'orthophonie : d'abord au travers d'applications bureautiques pour la gestion du courrier, la comptabilité, ... puis par l'utilisation de logiciels éducatifs présents dans le commerce.
- 1982 : Intervention sur l'introduction de l'informatique en orthophonie par Calbour [CALBOUR-97, P34] : il recommande que l'orthophoniste participe à l'élaboration de systèmes compensatoires dans le cadre de troubles de la communication et qu'il vulgarise l'ordinateur auprès des enfants avec prudence en le distinguant des jeux vidéos artificiels et des exercices conditionnants « pour ne pas renforcer les difficultés des enfants à construire le réel ». Il mentionne aussi les possibilités d'échanges entre professionnels grâce à la télématique.

- 1984 : Création de l'Adeprio, société de développement et de commercialisation de logiciels orthophoniques. Créée par D.Jabouley, D.Puech et Y.Robert, orthophonistes et développeurs, cette société a pour objectif de mettre à disposition des orthophonistes, des enseignants et des parents des outils ludiques et professionnels pour mieux utiliser l'ordinateur, à visée rééducative, dans le cadre du cabinet, de la classe ou de la maison.
- 1988 : Création de la société GERIP (groupement d'études et de réalisation informatique et pratique), à l'initiative de M.Jean-Yves Romagné (informaticien), de Melle Marie-Laurence Romagné et de M.Philippe Révy (orthophonistes).
- 1989 : Création de la société Stéfinel. La société STEFINEL a été créée en 1989, par Claudie (orthophoniste) et Bernard LAIDET. Leur objectif est de faire partager leur expérience informatique en matière d'aide à la rééducation orthophonique en faisant connaître les outils qu'ils avaient créés pour la pratique quotidienne de C.Laidet. Devant l'impact très positif des logiciels auprès des orthophonistes, ils ont poursuivi leurs créations en essayant de répondre de façon très pointue aux besoins de la profession.
- 2000 : Création de la société Créasoft. Cette société a été créée par M.Ghenassia, qui a travaillé en lien avec les orthophonistes dans le secteur éducatif pendant 10 ans. Le but était de proposer des outils de rééducation pour tous les âges (du jeune enfant à la personne âgée), d'un niveau informatique très performant et plus confortable d'utilisation par rapport aux logiciels existants. L'équipe est pluri-disciplinaire et comprend dans ses auteurs F.Estienne entre autres.
- 1989 : Commercialisation du premier logiciel performant de reconnaissance vocale à visées spécifiquement orthophoniques en France (le Speech Viewer ). Son objectif était de fournir un nouveau support rééducatif adapté aux besoins des orthophonistes et pouvant être utilisé à tous les niveaux de la prise en charge des enfants déficients auditifs.

Depuis, le nombre de logiciels proposés aux orthophonistes n'a cessé de croître, que ce soit pour les exercices rééducatifs ou pour l'évaluation, pour la comptabilité et la gestion des patients. Dernièrement, un comité réunissant des orthophonistes experts sous l'égide de la FNO a créé un CD-Rom comprenant toutes les données actuelles sur les outils nécessaires à l'évaluation, ainsi que sur la démarche du bilan.

L'orthophonie a donné une place à l'informatique et accepte beaucoup mieux cet outil. En effet, la polémique sur le sujet est devenue obsolète. Maintenant, le grand obstacle à l'exploitation optimale de cet outil informatique en orthophonie reste le manque de formations proposées aux orthophonistes quant à sa manipulation et ses multiples possibilités.

### **4.3. Les logiciels en orthophonie**

L'informatique a fait son entrée dans le domaine de l'orthophonie pour améliorer les pratiques diagnostiques et rééducatives. Les objectifs étaient de traiter les troubles, de développer les capacités du patient et d'améliorer ses compétences. Plusieurs sources mettent à disposition des logiciels pour la pratique orthophonique.

Tout d'abord, l'orthophoniste peut se procurer des logiciels ludo-éducatifs, majoritairement commercialisés en grandes surfaces car ils s'adressent avant tout à une utilisation familiale. Ils sont très populaires auprès des jeunes enfants et peuvent contribuer à les éveiller. Cependant, ils sont peu adaptés à une utilisation en rééducation car ils sont peu modulables. Les CD-Rom éducatifs, sur l'anatomie par exemple, peuvent cependant servir de support explicatif auprès d'enfants présentant une déglutition atypique, un problème tubaire ou une dysphonie.

Ensuite, il existe des logiciels en freeware (gratuit) ou shareware (version gratuite comprenant des limitations d'utilisation, qui peuvent être levées par l'achat d'une licence d'exploitation), téléchargeables sur Internet. Plusieurs sites maintenant proposent aux rééducateurs et aux enseignants des programmes utilisables en rééducation. Ils sont essentiellement destinés là aussi à une utilisation familiale. Par exemple, le site « pik et pik et orthogram » souligne que les logiciels (une trentaine) qu'il propose sont conçus pour compléter, à la maison, le travail effectué en rééducation orthophonique. Mais, certains de ces programmes sont destinés exclusivement aux professionnels pour servir de support à un travail plus approfondi de certaines notions. Ces logiciels sont souvent des programmes de jeux et d'entraînement cognitif, la plupart du temps ciblés sur le langage écrit (confusions de lettres et de sons, compréhension) et sur le raisonnement logique.

Enfin, la majorité des orthophonistes s'équipe en logiciels spécifiquement adaptés pour l'évaluation et la rééducation en orthophonie. Ces logiciels sont disponibles auprès de sociétés spécialisées, qui résultent de l'association d'orthophonistes et d'informaticiens

comme nous l'avons vu dans l'historique. Ces sociétés proposent des logiciels spécifiques conçus par et pour des orthophonistes, dans un souci d'efficacité thérapeutique, de simplicité d'utilisation et de convivialité. Ces logiciels doivent répondre à des impératifs économiques et informatiques (recherche, tâtonnement, améliorations successives...) et sont généralement validés auprès d'orthophonistes deux ans au moins avant leur commercialisation. Pour prendre l'exemple de la société GERIP, selon [REVVY-91, p42 ], le défi dans l'élaboration de tels logiciels est de : « paramétrer au maximum les éléments d'une situation thérapeutique en élaborant des logiciels rééducatifs pouvant s'adapter finement à chaque patient, et à son évolution affective et cognitive. ».

Les logiciels concernant la rééducation sont majoritairement ciblés sur les troubles se rattachant au langage écrit et les fonctions cognitives (mémoire, attention, perception, capacités visuo-spatiales, raisonnement...). Les bases fondamentales de conception des logiciels de rééducation s'appuient sur :

- la genèse des processus psychique et des structures cognitives dans le développement de l'enfant,
- les méthodes actuelles de rééducation,
- l'interaction patient/ ordinateur, et la relation avec le thérapeute.

Un logiciel rééducatif doit s'adapter à la situation thérapeutique grâce à des bases de données accessibles rapidement, à la possibilité d'entrer ses propres données et de personnaliser le contenu des exercices, enfin grâce à la possibilité de paramétrer les éléments des exercices, notamment les paramètres spatio-temporels.

Les logiciels pour l'évaluation et la rééducation de la voix et de la parole répondent aussi à ces critères d'adaptation. Ils sont cependant plus techniques que ceux destinés au langage écrit ou aux fonctions cognitives car ils demandent en outre souvent des connaissances en acoustique et en informatique comme nous le verrons ultérieurement. Ces logiciels permettent une évaluation clinique des différents paramètres de la voix pour fournir des mesures objectives. Ce sont aussi des supports rééducatifs pour les troubles de la voix et de la parole avec pour principe le contrôle interactif de l'émission vocale. Les rétrocontrôles visuel et auditif de l'émission vocale proposés viennent en aide à la production et à la correction des réalisations des patients.

#### **4.4. Les apports de l'informatique**

L'informatique sert l'orthophonie à plusieurs niveaux. Tout d'abord, elle apporte une puissance de calcul inégalable qui permet des applications technologiques importantes au niveau clinique. Ensuite, elle introduit dans la rééducation une autre dimension par la présence de la machine qui peut avoir un impact positif dans la relation thérapeutique.

##### **4.4.1. Les apports liés à la haute technologie**

Tout d'abord, l'informatique a permis de rendre la rééducation orthophonique plus adaptée aux performances du patient et plus analytique. En effet, les exercices informatisés permettent de cibler des éléments précis et de concentrer le patient sur une seule tâche à la fois. Par exemple, pour les patients cérébro-lésés, on peut utiliser des logiciels de stimulation des fonctions cérébrales supérieures (poursuite visuelle, rapidité psycho-motrice, ...). En langage écrit, cela peut concerner la vitesse des exercices en lecture flash...

Cela est rendu possible grâce à un paramétrage très fin, modifiable selon les besoins et la progression du patient. Ainsi, l'orthophoniste peut concevoir et/ou proposer des exercices de difficulté progressive, en les ajustant à mesure grâce aux capacités de feedback immédiat sur le niveau du patient et son évolution. Le rythme d'apprentissage et l'autonomie du sujet sont respectés. L'informatique permet en outre de présenter les informations selon des modalités différentes (consignes visuelles et/ou auditives). Les jeux deviennent plus concrets et plus réalistes, surtout moins académiques que les exercices traditionnels. Il est à noter aussi l'auto-évaluation par le patient de ses performances qui peut entraîner une auto-stimulation grâce à la visualisation de son évolution.

Ensuite, le traitement informatique et la puissance de calcul des ordinateurs ont facilité l'accès à certaines analyses et les a rendues plus fiables et plus objectives. Cela vient en aide au diagnostic et au traitement des différents troubles rencontrés en orthophonie. Ainsi, la reconnaissance vocale intervient dans l'analyse, l'évaluation et la rééducation de la voix et de la parole. A une échelle plus technique, l'électropalatographie et l'articulographie ont permis la visualisation des phénomènes articulatoires et un affinement du diagnostic et du traitement des troubles de la dynamique de l'articulation linguale. Les mesures aérodynamiques ont rendu plus

précises l'évaluation du fonctionnement vélo-pharyngé et la rééducation des troubles en contrôlant objectivement la ventilation et la phonation. La synthèse de la parole est utilisée, notamment dans les centres de réadaptation fonctionnelle pour les infirmes moteurs cérébraux (IMC), pour transmettre des messages à caractère langagier et suppléer une communication orale inintelligible ou inexistante. Ces derniers points sont très intéressants dans l'évolution des pratiques médicales, même si la plupart de ces technologies ne sont pas utilisées dans la pratique orthophonique courante.

Enfin, l'informatique est un outil qui apporte des « petits plus » à la rééducation orthophonique. L'ordinateur permet la sauvegarde des informations sur différents supports : l'impression des feuilles de résultats grâce à l'imprimante permet au patient de repartir avec une illustration de ses performances ou de les joindre au dossier ; le fichier patient informatisé permet de sauvegarder le suivi objectif des acquisitions grâce aux enregistrements systématiques des états successifs du patient. De plus, l'informatique permet une présentation attractive de l'information, une standardisation des conditions de présentation, une mesure précise des temps de réaction et parfois même un gain de temps dans la séance en mettant à disposition rapidement de nombreux exercices et jeux, sans qu'il y ait à sortir et ranger le matériel. L'ordinateur a aussi l'avantage de répéter ou de faire répéter avec une patience inégalable toute opération.

#### **4.4.2. L'impact sur la rééducation et la relation patient/ thérapeute**

L'introduction de l'ordinateur en rééducation orthophonique va avoir une influence sur l'approche thérapeutique et permettre un changement de support que ce soit dans un but rééducatif ou pour suppléer une fonction déficiente. Mais, il va aussi influencer sur la relation entre le thérapeute et le patient en se posant en tiers.

Le changement de support a plusieurs avantages. Tout d'abord, en délaissant le papier/crayon et son image scolaire, le travail sur ordinateur permet de stimuler l'intérêt du patient, de le (re)motiver, de faciliter l'abord de l'écrit et permettre ainsi au patient de réinvestir les apprentissages. Certains adultes présentant une pathologie neurologique peuvent même se sentir valorisés, notamment du fait de l'aura scientifique du matériel.

Ensuite, cet aspect ludique, qui masque le côté « travail » et « effort » des exercices parfois, peut permettre de déconditionner le patient par rapport à l'échec et de

faire disparaître la hantise de la faute. Le patient se trouve plongé dans une dynamique de performance motivante, du fait de la matérialisation animée de ses réussites en grande partie. Cela va lui permettre sans qu'il y pense d'élaborer des stratégies et d'intégrer des consignes de plus en plus complexes.

Enfin, l'ordinateur permet de faciliter certains objectifs thérapeutiques. C'est un outil structurant car il impose de suivre des procédures figées et ordonnées. C'est aussi un bon moyen de limiter la distractibilité et de favoriser l'attention et la concentration car il focalise le patient sur un espace réduit matérialisé par l'écran et le clavier. De fait, cela favorise la mémorisation. Le clavier est aussi un élément important, car il permet de réduire les difficultés graphiques que rencontrent certains patients et ainsi d'éliminer un facteur angoissant ou rébarbatif dans la production d'écrits. Il permet aussi de faire prendre conscience de certaines règles de l'écrit comme les espaces entre les mots à matérialiser par une frappe sur la touche « espace ».

Outre cet impact sur le patient lui-même, il est aussi important de prendre en compte la place de cet outil dans la relation entre le thérapeute et son patient.

L'ordinateur change la place du thérapeute qui va devenir un guide référent de l'utilisation de la machine. Cela entraîne une modification par rapport à la loi : la relation duelle enseignant/ enseigné disparaît, le rééducateur n'est plus dans la position d'un détenteur exclusif du savoir. La démarche se situe dans une optique de transfert de connaissances.

L'ordinateur est aussi l'objet de phénomènes transférentiels. Il va devenir pour le thérapeute un partenaire et médiateur de la relation thérapeutique. La triade constituée peut permettre de débloquent une situation conflictuelle avec le rééducateur ou de surmonter un refus initial de prise en charge par le patient. Ce déplacement d'affects vers la machine permet aussi parfois d'éviter une approche trop directe du symptôme et de placer le patient dans une situation plus spontanée. Ainsi, il a été observé chez des patients aphasiques très réduits l'émergence d'un langage oral spécifique, alors que ceux-ci commentaient leur interaction avec l'ordinateur.

La relation praticien/ patient existe aussi réellement quand on peut introduire des tours de rôle, stopper l'application pour faire des commentaires ou poser des questions.

## **4.5. Les limites de l'informatique**

### **4.5.1. Les limites par rapport à l'orthophoniste**

L'informatique peut être un outil utile à l'orthophoniste comme nous venons de le voir, mais encore faut-il que celui-ci se sente à l'aise avec ce matériel. En effet, il est possible que l'orthophoniste présente des craintes, des inhibitions, voire un blocage, face à l'ordinateur, notamment par manque de formation ou du fait d'expériences malheureuses. Outre cet aspect plutôt psychologique, il peut y avoir des difficultés de maîtrise de l'outil informatique, surtout pour ceux qui n'y ont jamais été familiarisés. Cela peut aussi être la conséquence d'un manque de temps de l'orthophoniste pour se former, se familiariser avec l'outil, et s'entraîner seul, sans patient et sans pression. Le temps est en effet souvent nécessaire pour adopter et maîtriser un outil aussi technique.

Aussi, dans l'interaction orthophoniste/ ordinateur, l'outil informatique doit être un catalyseur de la relation patient/ praticien et non un obstacle. Il ne s'agit pas en effet de faire subir un conditionnement régulier au patient, en le laissant seul face à la machine.

### **4.5.2. Les limites par rapport au patient et à la pathologie**

L'outil informatique ne se prête pas forcément à toutes les pathologies. Il faut en effet prendre garde aux sujets présentant des troubles épileptiques, une structure de personnalité pathologique ou des troubles perturbant l'accès à l'ordinateur.

Ensuite, si les exercices réalisés par le patient seul peuvent permettre de développer son autonomie et son auto-prise en charge, le contrôle de l'attention du patient peut devenir difficile et des problèmes techniques peuvent apparaître quand le comportement est imprévu par l'ordinateur ou quand il y a une perturbation du fonctionnement.

Enfin, il faut tenir compte des réactions du patient. Certains se sentent véritablement mal à l'aise avec cet outil, et peuvent le rejeter, ou craindre de se retrouver trop brutalement confronté à l'objectivation de leurs difficultés. Ce comportement est cependant rare, surtout chez les enfants dont le handicap n'est pas trop lourd.

### **4.5.3. Les limites par rapport à l'outil**

L'outil en lui-même apporte aussi sa part dans les limites d'utilisation.

Tout d'abord, par rapport aux exercices proposés, la validation des réponses est parfois inadaptée au handicap cognitif ou moteur du patient : taper les réponses sur un clavier ou pointer à l'aide de la souris sont des codages plus complexes qu'un toucher tactile. En outre, la rigidité dans la passation automatique d'exercices peut être inappropriée au cas particulier du patient, de même le contenu et le déroulement figés. Par rapport à la rééducation, il est à noter que les modalités sensorielles ne sont pas gérées par l'ordinateur (il ne tient pas compte de la parole, des mimiques, des onomatopées...). Il ne fait pas non plus de distinction dans les erreurs faites (type de paragraphie ...). La présence du rééducateur est donc indispensable pour tous ces à-côtés, dont il doit tenir compte dans son évaluation clinique. Parfois, sa présence est aussi nécessaire pour verbaliser les consignes écrites, même si cela se produit de moins en moins avec les nouveaux logiciels destinés aux enfants où la consigne est présentée de façon visuelle et auditive.

Par rapport à l'aspect commercial, il est à noter de nombreuses limitations dans l'acquisition de logiciels et donc de leur emploi. Tout d'abord, ce matériel a un coût initial élevé dans la majorité des cas. Les changements technologiques fréquents, la rapide et perpétuelle évolution de la technologie obligent ensuite l'orthophoniste à se procurer régulièrement des mises à jour coûteuses, que ce soit par rapport à une évolution du logiciel en lui-même (nouvelle version) ou une adaptation aux nouveaux environnements (ordinateur plus puissant, changement des processeurs, ...). Cette attente de la « version parfaite », du « logiciel idéal » peut d'ailleurs retarder l'acquisition hypothétique d'un matériel. A cela s'ajoute l'abondance des offres commerciales qui perdent ou découragent le non initié. En effet, comment choisir face à nombre de publicités alléchantes, qui promettent tant.

Dernier point, mais non des moindres, on observe une carence de logiciels spécifiques pour certaines pathologies touchant l'adulte et le sujet âgé. On retrouve peu de logiciels adaptés au domaine cognitif dans son ensemble.

## **4.6. Conclusion**

Ainsi, l'informatisation de la pratique orthophonique doit être réfléchie et volontaire. Les apports sont indéniables par rapport à une adaptation plus fine au patient, à des analyses plus fiables et plus objectives, ainsi que dans l'approche ludique et désinhibante qu'induit l'emploi de l'ordinateur. Mais, il faut aussi tenir compte des limites et des contraintes que cela entraîne. Il est en effet nécessaire d'y consacrer du temps et de s'y former. Surtout, il ne faut pas oublier que ce n'est qu'un outil qui doit s'intégrer dans une démarche rééducative et qui ne s'adapte pas à tous les patients, ni à toutes les pathologies.

Aussi, en résumé, il est tout à fait possible de rendre tout travail interactif et efficace sur un ordinateur à condition :

- de disposer du temps nécessaire à une utilisation optimale,
- de bien connaître les programmes proposés au patient,
- d'avoir intégré l'utilisation de cet outil dans la rééducation de manière cohérente, comme ce serait le cas avec n'importe quel support.

Et par rapport au patient, il est nécessaire pour pallier les limites que nous avons abordées de tenir compte, avant de proposer tout travail sur ordinateur :

- du degré de motivation préalable
- de l'adaptation à l'ordinateur
- du mode réactionnel aux niveaux de performances
- des commentaires du patient
- des capacités attentionnelles
- du temps de réaction
- des possibilités d'apprentissage
- de la fatigabilité
- des systèmes de renforcement
- des critiques des patients

Dans son dossier [CHAZE-02], N.Chaze mentionne que 60% des orthophonistes non informatisés trouvent que l'emploi de l'informatique en rééducation orthophonique est une contrainte nuisant gravement à la qualité et à la richesse de la relation ; alors que 97% des orthophonistes informatisés pensent que l'ordinateur a permis d'enrichir la

relation et de compléter le travail. Ces chiffres en disent long sur le chemin qui reste encore à parcourir pour que l'informatisation deviennent une pratique courante et sur la nécessité d'une (in)formation commune. On remarquera à ce sujet que l'information arrive petit à petit dans les écoles par rapport aux logiciels de voix. Ainsi, à Lyon, les diverses techniques utilisées en phonétique instrumentale et faisant appel à l'informatique sont présentées depuis 1997 aux étudiants afin de les habituer à visualiser les signaux de la parole et les initier aux techniques de l'analyse spectrale. En atelier informatique, on leur présente actuellement des logiciels de visualisation et de traitement de la parole avec application à des voix pathologiques et non pathologiques. L'école d'orthophonie de Tours a aussi acquis récemment le logiciel Vocalab.

Pour conclure, nous reprendrons cette citation toujours d'actualité :

«A l'aube du 21<sup>ème</sup> siècle, l'apport de l'informatique et des techniques audiovisuelles permettra à n'en pas douter d'accomplir d'importants progrès dans le traitement de nombreuses pathologies. Espérons que l'orthophonie ne se prive pas d'un tel potentiel ! » ([RYALLS et al-91, P43])

## **5. Acoustique et visualisation spectrale**

### **5.1. Introduction**

Les logiciels de voix mettent à la disposition de l'orthophoniste de nombreuses analyses objectives de la voix et de la parole sous forme de spectres, de graphiques, ou encore de données chiffrées. Cependant, l'exploitation des résultats nécessite une certaine maîtrise des notions d'acoustique et une connaissance élémentaire des principes de la visualisation spectrale. C'est pourquoi nous proposons ici un rappel des notions nécessaires à l'interprétation des données visuelles de la voix. Nous présenterons ensuite les principes de la visualisation spectrale, afin de comprendre les corrélations entre le geste vocal et la richesse spectrale, et les interprétations qui en découlent.

### **5.2. Notions d'acoustique**

Les notions que nous allons maintenant aborder concernent le son, la parole et la voix.

#### **5.2.1. Le son**

##### 5.2.1.1 Définition

Le son correspond à la sensation auditive causée par la variation de la pression transmise par l'air, mis en mouvement par un corps en vibration. Il se caractérise par sa fréquence et sa pression acoustique. La pression acoustique, ou volume sonore, est indépendante de la fréquence.

Les sons audibles s'échelonnent de 20 Hz à 20 000 Hz. En deçà existent les infrasons et au-delà les ultrasons.

La durée du son correspond à sa longueur physique. L'oreille humaine a tendance à sur-estimer les sons courts et à sous-estimer les sons longs. On peut en effectuer une

mesure approximative à partir d'une représentation spectrale tridimensionnelle en étiquetant les zones concernées par leurs équivalents phonétiques.

### 5.2.1.2 Classification

Un son simple, ou son pur, se décrit sous la forme d'une onde périodique de mouvement sinusoïdal. La périodicité de cette onde correspond à une variation identique se reproduisant selon une période  $T$ . Le nombre de périodes par seconde correspond à la fréquence du son. La notion de périodicité implique une continuité, ce qui signifie qu'un son périodique peut être tenu.

Un son complexe est une onde sonore périodique non sinusoïdale. Elle peut être décomposée sous la forme d'une addition de fonctions sinusoïdales (décomposition de Fourier).

Un bruit est une fonction aléatoire reproduisant un signal non périodique, variable dans le temps et complexe.

### 5.2.1.3 Les caractéristiques des sons de la voix parlée : fréquence fondamentale et harmoniques

#### 5.2.1.3.1 La fréquence fondamentale

La fréquence fondamentale, notée  $F_0$ , est en relation avec la vitesse de vibration des cordes vocales. Elle dépend donc des caractéristiques anatomiques du sujet : longueur, épaisseur et masse des cordes vocales, ainsi que leur capacité de tension. C'est la fréquence la plus basse du spectre du son étudié.

La fréquence fondamentale moyenne se définit comme la moyenne de toutes les fréquences fondamentales instantanées mesurées à partir d'un échantillon sonore.

Les valeurs fondamentales moyennes sont :

- Pour les hommes : 110 Hz (98 – 131 Hz)
- Pour les femmes : 200hz (196 – 262 Hz)
- Pour les enfants: entre 300 et 450 Hz

### 5.2.1.3.2 Les harmoniques

Sur le plan physiologique, les harmoniques sont comparables à des vibrations surajoutées à l'oscillation fondamentale. Elles sont représentées sur les spectres à bande étroite, où elles font suite à la fréquence fondamentale.

Les harmoniques sont la matérialisation de la complexité du son. On peut les analyser, d'après le théorème de Fourier, comme une somme de sons purs dont les fréquences sont des multiples entiers de la fréquence fondamentale  $F_0$ . Leur énergie subit un amortissement important lorsque l'on s'élève dans les fréquences, car les fréquences aiguës sont plus facilement absorbées que les fréquences graves. Leur amplitude n'est cependant pas proportionnelle à leur rang. Un harmonique élevé peut avoir plus d'énergie qu'un harmonique de rang inférieur.

## 5.2.2. La parole

### 5.2.2.1 Définition

La parole est la résultante complexe d'un phénomène mixte d'amplification et de filtrage des différentes fréquences de l'onde complexe produite par les cordes vocales. Ce phénomène est lié aux cavités de résonance, plus précisément à la forme, la dimension ainsi qu'à la matière des cavités supra-glottiques. Ainsi, lorsque le stimulus vibratoire provenant des cordes vocales se trouve à proximité d'une cavité de résonance de longueur d'onde équivalente, il provoque la mise en vibration de ce résonateur. L'onde initiale est ainsi amplifiée et sa perceptibilité en est augmentée. Au contraire, si le stimulus ne vibre pas à une fréquence identique ou voisine de celle du résonateur, l'onde ne pourra être amplifiée. La cavité de résonance agira alors comme un filtre.

Les cavités supra-glottiques ont donc la capacité d'atténuer certains harmoniques et d'en amplifier d'autres. Les zones d'énergie renforcées sont appelées formants ou zones formantiques. Elles renseignent par leur structure fréquentielle sur la forme et la participation des différentes cavités du conduit vocal supérieur durant la production de parole. Les formants sont de fait caractéristiques des traits d'articulation. Nous le verrons plus particulièrement avec les voyelles.

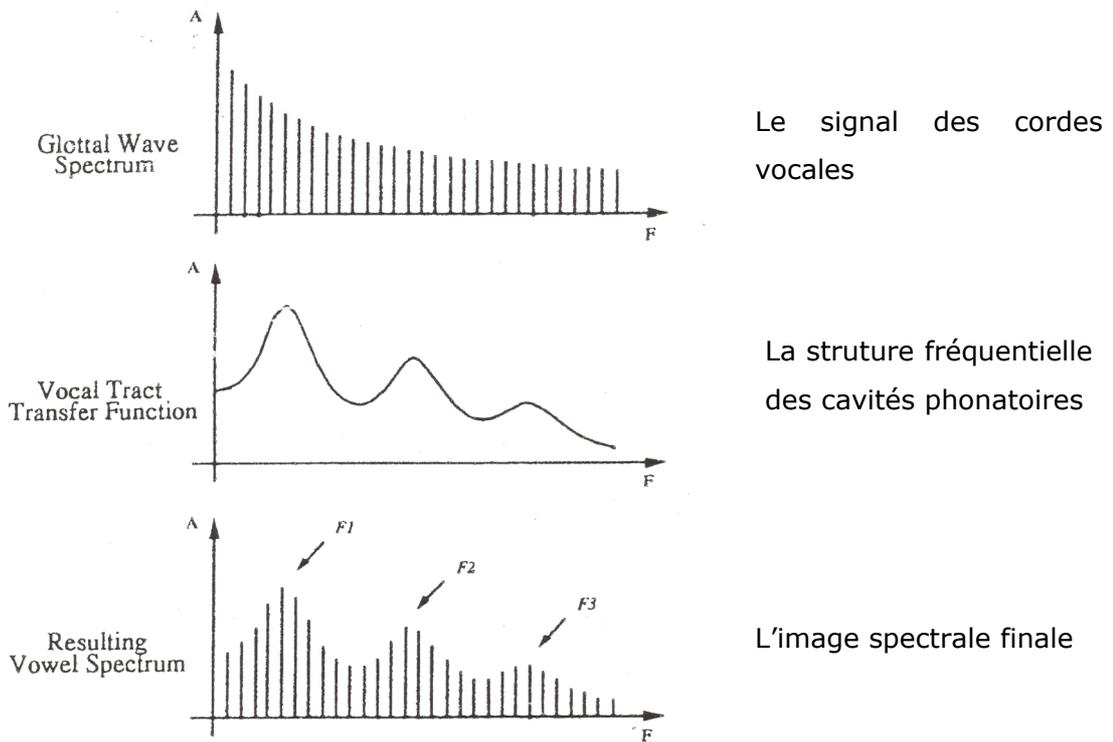


FIGURE 1.7 Principle of vowel production.

**Figure 12: Schéma explicatif de la formation des formants, [LEGROS-03]**

Ces formants sont numérotés selon leur rang par rapport à la fréquence fondamentale  $F_0$ .  $F_1$  correspond à la première zone d'harmoniques renforcée, ou premier formant,  $F_2$  au second formant et ainsi de suite.

Les formants sont représentés sur les analyses spectrales bi- et tri-dimensionnelles. Un spectre bi-dimensionnel indique la valeur instantanée des formants sous forme de pics. Un spectre tri-dimensionnel montre leur évolution dans le temps sous forme de bandes noircies avec la possibilité de choisir un filtrage spécifique. Le spectre LPC (Linear Predictive Coding) permet un traitement spécifique de la représentation formantique. Cet outil mathématique permet en effet de compresser la parole et d'en faire une reconnaissance suivant un calcul plus ou moins élaboré de l'amplitude des harmoniques.

Mais même si la localisation spectrale des formants est relativement fiable et sert de base à la reconnaissance automatique de la parole, il existe des variabilités inter- et intra-individuelle selon la physiologie de la personne et le phénomène de coarticulation dans la production de la chaîne parlée à prendre en compte dans l'analyse formantique.

On distingue dans la parole en acoustique deux catégories de sons : les sons périodiques des voyelles que l'on reconnaît selon la répartition des énergies sur le spectre ; et les sons apériodiques, assimilables à des bruits pour les consonnes.

Selon le Dictionnaire d'Orthophonie, la parole concerne le choix ou l'arrangement des phonèmes dans la chaîne parlée, mais aussi la prosodie. C'est pourquoi, nous tenterons de donner des clés pour interpréter sur un spectre les voyelles et les consonnes, mais aussi les variations prosodiques.

### 5.2.2.2 Les voyelles

Les voyelles se caractérisent principalement par la répartition des trois premiers formants - F1, F2 et F3 – qui correspondent au timbre vocalique. Les formants F1 et F2 permettent le plus souvent d'identifier les voyelles orales. Ces deux premiers formants, les plus graves, rendent compte des propriétés du résonateur buccal et du résonateur pharyngé. En effet, les formants dépendent, on l'a vu, directement du volume des cavités de résonance. Plus une cavité sera grande, plus la fréquence de résonance et donc d'amplification se fera dans les graves ; et plus la cavité sera petite, plus ce seront les fréquences aiguës qui seront amplifiées.

voyelles	Valeur de F1	Valeur de F2	Valeur de F3
a	750 Hz	1300 Hz	2300 Hz
é	350 Hz	2200 Hz	2750 Hz
o	350 Hz	900 Hz	2500 Hz
i	250 Hz	2300 Hz	3200 Hz
u	250 Hz	1800 Hz	2300 Hz
ou	250 Hz	800 Hz	2200 Hz

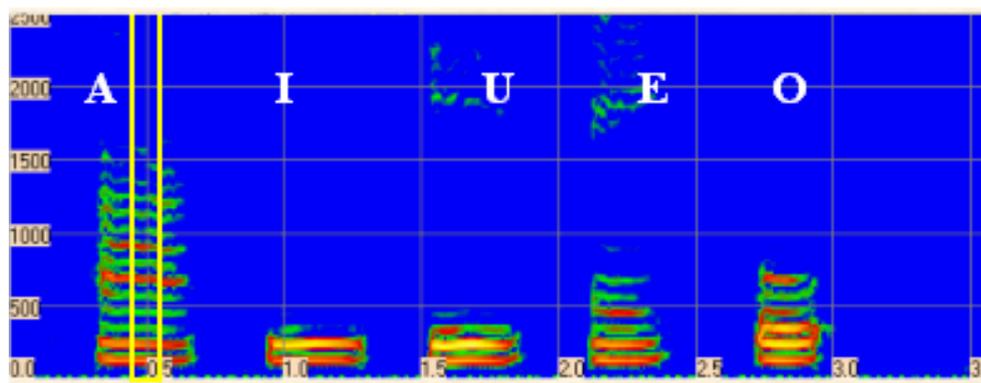
**Figure 13: Tableau des valeurs formantiques approximatives de quelques voyelles, d'après les valeurs normalisées de Landercy et Renards, 1981**

Pour les phonèmes vocaliques proches comme le /o/ et le /ou/, le formant F3 est nécessaire pour les distinguer plus précisément. Sa valeur est influencée par la labialisation (ou arrondissement) des articulations vocaliques pour les voyelles antérieures.

Pour les voyelles nasales, la participation d'un résonateur supplémentaire - les fosses nasales - a pour conséquence d'affaiblir l'intensité des formants F1 et F2 et de générer un formant supplémentaire dont la valeur se situe entre 300Hz et 600Hz.

On considère que les quatrième et cinquième formants seraient liés à des caractéristiques individuelles ayant trait à la forme et à la dimension du résonateur, ainsi qu'au timbre individuel de la voix.

Il faut ajouter que les fréquences aiguës sont plus facilement absorbées que les fréquences graves, d'où leur amplitude plus faible sur les spectrogrammes, voire leur absence de représentation. En outre, il est important de prendre en compte l'énergie relative des différents harmoniques car il est fréquent que l'intensité de la première harmonique soit supérieure à celle de la fréquence fondamentale. Aussi, la détection du fondamental est plus délicate et cela peut fausser l'identification des différents formants.



**Figure 14: Image spectrale des voyelles a/ i/ u/ e/ o, obtenue par le logiciel Vocalab2, (source E.Sicard, formation Vocalab2)**

### 5.2.2.3 Les consonnes

Les consonnes sont constituées d'ondes apériodiques complexes, c'est-à-dire de « bruits ». C'est pourquoi, tant du point de vue acoustique que perceptif, la classification des consonnes reposera sur la nature du bruit. C'est en modifiant le parcours du courant d'air provenant des poumons par un rétrécissement ou une fermeture temporaire du canal buccal, puis d'une ouverture brusque, que sont produits les sons consonantiques. Le bruit consonantique sera continu ou discontinu, et couvrira une certaine zone de fréquences de telle sorte qu'on le percevra plus grave ou plus aigu.

La configuration spectrale des consonnes est donc différente selon le groupe envisagé. On distingue en effet cinq groupes de consonnes :

- Le /r/, le /l/ et les semi-consonnes : on note la présence de formants vocaliques, qui peuvent disparaître dans un phénomène de co-articulation avec une consonne sourde. Souvent, la majeure partie du spectre est affaiblie.
- Les constrictives ou fricatives : elles sont caractérisées par la distribution de bruits continus. On observe sur le spectre un bruit large (bruit de friction), qui se situe de 4000 à 8000 Hz pour /s/ et /z/ ; et de 2000 à 7000 Hz pour /ch/ et /j/. Ce bruit de friction correspond à des vibrations acoustiques erratiques, intermittentes ou aléatoires, de structure harmonique complexe.
- Les occlusives : elles sont caractérisées par la distribution de bruits impulsionnels. Elles apparaissent sur le spectre sous la forme d'une barre d'explosion verticale précédée d'un blanc pour les occlusives sourdes ; et avec de petites barres verticales à la base du spectre qui représentent la vibration laryngée pour les occlusives sonores. La barre d'explosion représente une énergie spectrale soudaine après le silence de l'occlusion
- Les consonnes nasales sont caractérisées par la présence de « formants de nasalité », dus aux résonances propres aux cavités nasales et pharyngées. Le plus intense se situe autour de 250 Hz, le second vers 2500 Hz. Les spectrogrammes des nasales présentent ainsi des similitudes avec ceux des voyelles.

Il ne faut cependant pas oublier que dans la parole continue, la succession des phonèmes provoque un chevauchement de leurs signatures acoustiques. Il s'agit du phénomène de co-articulation qui peut faire varier considérablement la représentation de chaque phonème en fonction des phonèmes voisins.

#### 5.2.2.4 La prosodie

D'un point de vue acoustique, la prosodie concerne l'ensemble des variations de fréquence fondamentale, de durée et d'intensité du signal ; donc la musique de la parole. On distingue dans la structure prosodique deux aspects : la microprosodie et la macroprosodie. La microprosodie est le résultat de perturbations liées au mode de

production de certaines consonnes, qui affectent les unités phonétiques, elle est incontrôlée. La macroprosodie concerne l'accentuation, l'organisation temporelle, le rythme, et la mélodie au niveau de la syllabe, du mot, ou de la phrase.

Les variations de la fréquence fondamentale correspondent à la mélodie. Sa courbe se caractérise en grande partie par la déclinaison et les accents. La déclinaison se définit comme la tendance qu'a la fréquence fondamentale à décroître du début à la fin d'une phrase. Les accents viennent se superposer à cette ligne pour donner la mélodie globale. La courbe mélodique est influencée au niveau de ses variations d'amplitude et de vitesse par plusieurs facteurs (locuteur, type de parole, contexte phonétique, environnement...) qui doivent aussi être pris en compte dans la mesure et l'interprétation de la fréquence fondamentale.

La durée des différentes unités est un phénomène central dans la prosodie. En effet, chaque variation de fréquence fondamentale ou d'intensité s'établit sur un certain laps de temps, dont la durée est mesurable. Mais il est très difficile d'évaluer précisément la durée des unités phonétiques dans la parole, ainsi que les facteurs influents tels que les caractéristiques individuelles du locuteur, la vitesse locale d'élocution, et de son contexte. Il en va de même pour l'interprétation des pauses, qui soulignent les difficultés qu'un locuteur rencontre dans la production d'un énoncé: respiration, hésitations, temps d'accès aux informations lexicales, structuration de la phrase, mise en relief des éléments significatifs, expression de pathologies et/ou d'émotions, etc.

Les variations d'intensité sont aussi très difficiles à évaluer. En effet, elles sont en étroite relation avec celles de la fréquence fondamentale. De plus, elles sont fonction des sons et du contexte, ainsi que des variations individuelles de perception de ce paramètre acoustique. L'étude de l'intensité des voyelles a en effet montré que chacun des phonèmes peut avoir une valeur spécifique, mais la perception de cette intensité est liée aux configurations des variations de la fréquence fondamentale.

Ainsi, les variations de la fréquence fondamentale sont le seul phénomène prosodique définissable sur un spectre, et ainsi qui puisse être exploitable en orthophonie. Il aurait pu être intéressant d'avoir des indices de perturbations de la prosodie, sous forme de pourcentage de variations, pour pouvoir faire une analyse à ce niveau. Mais, les paramètres acoustiques qui portent les informations prosodiques (fréquence fondamentale, intensité, durée des unités phonétiques et des pauses) sont bien trop soumis à des facteurs de perturbations contextuelles, individuelles et perceptives, pour être facilement exploitables. Les études menées sur la prosodie

concernent avant tout la reconnaissance automatique de la parole ; elles ne sont donc pas utilisables en analyse vocale dans un but rééducatif.

### **5.2.3. La voix**

#### 5.2.3.1 La hauteur

Il s'agit de la perception des fréquences des sons. La hauteur dépend de la périodicité du mouvement des cordes vocales, donc de la fréquence fondamentale. L'impression de son grave est corrélée avec une fréquence de vibration cordale faible, un son aigu pour une fréquence vibratoire élevée.

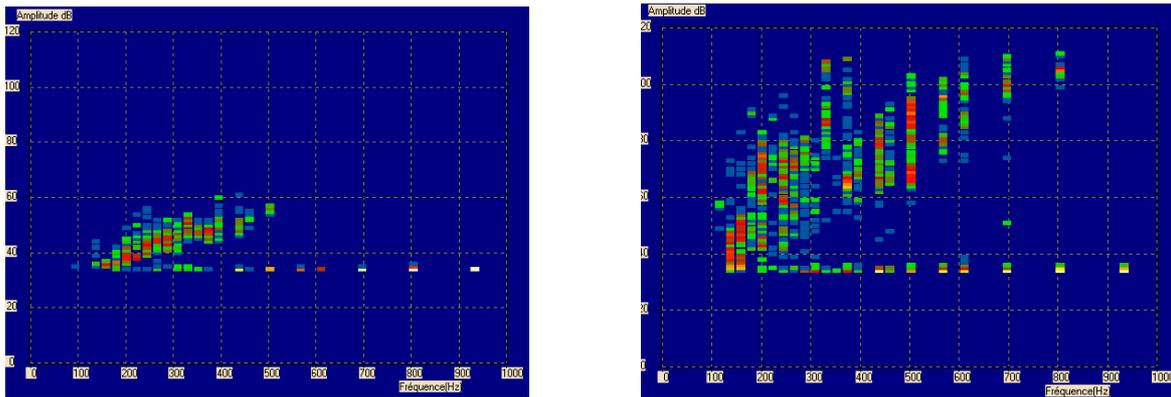
Selon G.Heuillet Martin [HEUILLET et al, 95a], la fréquence fondamentale usuelle se situe :

- en voix conversationnelle : pour les hommes entre La1 et Mi2 ; pour les femmes entre La2 et Mi3 ; pour les enfants entre La3 et Mi3;
- en voix projetée, la hauteur monte d'un à deux tons,
- la voix d'appel se situe à une octave au-dessus du fondamental usuel en voix conversationnelle.

#### 5.2.3.2 L'intensité

L'intensité acoustique est associée à la puissance acoustique. Elle correspond à l'énergie sonore captée par unité de temps et par unité de surface. Elle est exprimée le plus souvent en décibel, unité logarithmique plus proche des capacités perceptives de l'oreille.

Sa variation dans le temps correspond à la dynamique vocale d'intensité. On l'évalue notamment grâce au phonétogramme.



**Figure 15 : A gauche, phonétogramme d'une patiente dysphonique : peu de dynamique en intensité, étendue fréquentielle limitée. A droite, phonétogramme d'une voix normale . (source Vocalab2, A. Sicard)**

La sensation sonore d'intensité est en relation avec l'amplitude physique vibratoire et à la pression sous-glottique. Cette sensation de force du son varie selon la fréquence du signal, mais aussi selon les individus. En effet, la perception physiologique des sons est également fonction de l'âge et des habitudes perceptives de l'individu. Un son de 30hz nécessite une plus forte intensité pour être perçu qu'un son de 1000Hz. Pour certaines personnes, ce son peut même être inaudible.

J.S.Liénard [LIENARD-77, p142] ajoute que, à fréquence fondamentale égale, un son riche en harmoniques paraît plus intense qu'un son pauvre. Aussi, le niveau subjectif d'intensité de la parole est plus lié à la fréquence et à l'amplitude des formants F2 et F3, qu'à celles de la fréquence fondamentale F0.

Afin d'analyser les données apportées par les logiciels, on peut se référer aux normes de Ph. Dejonckère (1985), établie avec un sonomètre à 30 cm de la bouche du patient :

- 40dB pour la voix chuchotée,
- 60 à 65 dB en conversationnelle,
- 75 à 80 dB en voix projetée,
- 100 à 110 dB pour une voix d'opéra

S'il est indispensable pour pouvoir comparer des résultats d'utiliser un même protocole (distance bouche/ micro, type de voix...), il est cependant très difficile de calibrer exactement les mesures d'intensité. En effet, plusieurs facteurs tels que la pression atmosphérique, le taux d'humidité de l'air... agissent sur les conditions d'acquisition du signal et donc sur la mesure de l'intensité.

Dans certains logiciels, on trouve des courbes d'amplitude. Le terme d'amplitude se réfère à la valeur instantanée ou moyenne de la pression sonore. Il fait référence à toute valeur numérique particulière de la copie électrique de l'onde acoustique obtenue après amplification, filtrages ou autres procédés.

### 5.2.3.3 Le timbre

Le timbre est le paramètre vocal le plus subjectif mais aussi le plus représentatif d'une voix donnée. On le qualifie souvent de critère esthétique de la voix à laquelle il donne sa couleur.

Caractéristique de l'émetteur, il correspond à la forme de l'onde sonore et dépend du spectre fréquentiel. Il s'agit d'étudier donc la composition spectrale du son et sa variation dans le temps. Selon J.Sarfati, on peut définir le timbre par le nombre, la répartition et l'intensité des harmoniques sur le spectre acoustique. Le spectrogramme permet donc de visualiser la qualité de l'énergie fournie par le larynx. Toute la qualité du son appréciée à l'oreille aura une répartition harmonique particulière, donc une traduction spectrographique particulière.

### 5.2.3.4 La durée

Hors des mesures purement acoustiques, on peut ici mentionner le dernier paramètre vocal qu'est la durée, car on le retrouve dans la plupart des protocoles de bilan, côtoyant les différentes analyses pré-citées .

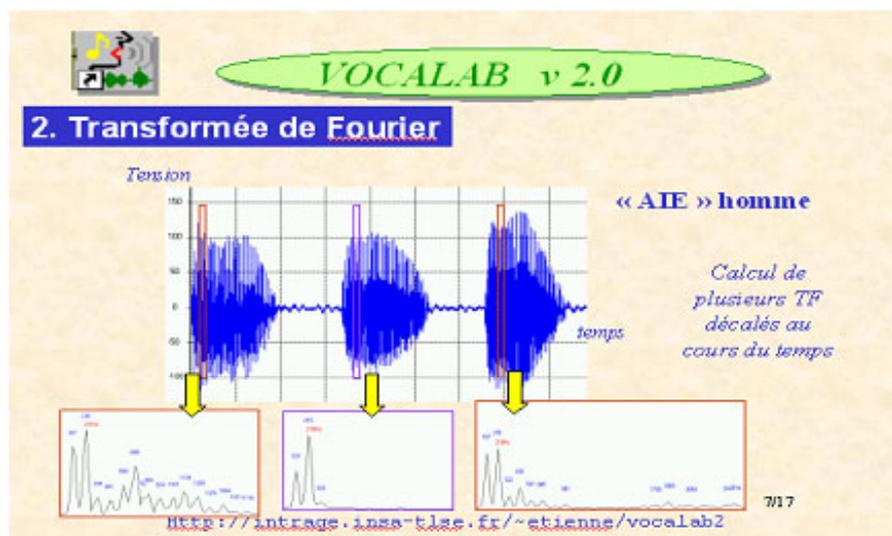
La mesure de la durée phonatoire permet d'évaluer le potentiel de soufflerie et le tonus glottique. Selon M Yana [FRACHET et al-92], la durée moyenne normale se situe entre 15 et 20s. Selon C.Dinville, la durée n'est pas nécessairement en rapport avec capacité pulmonaire mais plutôt en rapport avec la musculature thoraco-abdominale et la qualité d'accolement des cordes vocales.

## 5.3. L'analyse spectrale

### 5.3.1. Définition

L'analyse spectrale correspond à la mesure du contenu en fréquences d'un signal sonore, selon leurs répartitions énergétiques, grâce à un traitement mathématique. Il permet de décomposer le signal très complexe de la parole en une somme d'éléments plus simples, et ainsi de quantifier les paramètres acoustiques.

Pour l'analyse de la parole, il existe plusieurs modes de calcul. Généralement, les logiciels s'appuient sur la transformée de Fourier, un algorithme de calcul rapide, qui analyse les composantes sinusoïdales du signal. Elle est souvent dénommée sous le sigle FFT (Fast Fourier Transform). Elle permet de passer de la forme temporelle du signal à sa forme fréquentielle, et inversement. On peut aussi trouver le traitement LPC (Linear Predictive Coding), qui est une technique de codage de la parole à bas débit, dont on a parlé plus haut pour les formants.



**Figure 16: La transformée de Fourier : forme temporelle du signal en haut, forme fréquentielle en dessous, (source E.Sicard, formation Vocalab2)**

Avec les logiciels informatiques, le traitement est numérique. On a ainsi une grande souplesse dans les réglages. Mais cela induit des choix techniques parfois difficiles pour paramétrer le logiciel, et peut entraîner des risques d'interprétation erronée selon les critères retenus. En effet, l'analyse spectrale est élaborée à partir de la numérisation du signal par échantillonnage. Il faut donc paramétrer la fréquence d'échantillonnage, le fenêtrage temporel, le nombre de points et de bits à prendre en compte pour la

résolution de l'image. Dans les logiciels orthophoniques destinés à la rééducation, ces paramètres sont déjà prédéfinis par défaut selon des valeurs moyennes, qui sont censées s'adapter à la majorité des situations que peut rencontrer l'orthophoniste. Ces réglages ne sont pas modifiables par l'orthophoniste, s'il souhaite les préciser ou affiner l'analyse. Par exemple, Vocalab 2 est prédéfini selon une fréquence d'échantillonnage de 11000Hz (11000 échantillons par seconde) et une définition de 16 bits. Par comparaison, la fréquence d'échantillonnage pour les téléphones est de 8000Hz, ce qui suffit à la reconnaissance de la parole par l'oreille, alors que les CD audio ont une fréquence d'échantillonnage de 44000Hz, seuil au-delà duquel la perte de qualité due à l'échantillonnage du signal est imperceptible pour l'oreille humaine.

Le spectrogramme donne un document objectif et détaillé qui peut être interprété mais non contesté. Il permet de mettre visuellement en évidence tout fait perceptible à l'audition, et inversement tout détail visuel détectable sur un spectre peut être perçu par un auditeur attentif et entraîné.

### **5.3.2. En pratique**

Dans la pratique, il faut prendre garde à certains éléments pour utiliser de manière optimale la visualisation spectrale. Les éléments suivants sont essentiellement inspirés par l'utilisation du logiciel Vocalab2 et les références bibliographiques, n'ayant pas eu accès à d'autres logiciels. Cette liste n'est donc pas exhaustive, ni toujours valable pour tous les logiciels

Tout d'abord, dans le choix de la configuration du spectre, il faut prendre en compte les écarts naturels entre les fréquences fondamentales de l'homme, la femme et l'enfant. Pour obtenir une résolution spectrale optimale, on va borner le spectre de façon à obtenir la fréquence fondamentale et le maximum d'harmoniques. Ces bornes se situent entre 0 et 1250 Hz pour les voix masculines, 0 et 2500Hz pour les voix féminines, 0 et 3500 Hz pour les enfants. On note que par exemple Vocalab présente en plus une configuration 0-500 Hz qui permet d'étudier plus précisément les variations du fondamental.

Puis, il faut distinguer deux modes de saisie : en temps réel et en temps différé. En temps réel, on peut obtenir un spectre en deux ou trois dimensions (pour Vocalab 2). L'analyse du signal se fait instantanément et peut se dérouler sur un temps infini. En temps différé, l'acquisition du signal se fait sur un temps fini, qui dépend des capacités

de stockage de l'ordinateur. Cependant, un spectre obtenu en temps différé sera plus précis et plus riche, car l'ordinateur aura eu le temps d'effectuer plus de calculs, sur une fréquence d'échantillonnage plus grande. Ainsi, un spectre en temps réel est plus profitable en rééducation, alors qu'un spectre en temps différé est nécessaire pour une analyse plus fine à visée évaluative.

Ensuite, pendant l'enregistrement du signal, le micro et l'environnement ambiant influencent significativement la qualité du spectre obtenu. En effet, la qualité du micro, la distance bouche- micro et le réglage de la carte son vont conditionner le calcul d'énergie des formants, c'est-à-dire concrètement les couleurs du spectre. L'apparition de plage de couleur blanche par exemple dans Vocalab2 signe une saturation du spectre par un mauvais réglage du micro. Par rapport à l'environnement, le bruit de l'ordinateur (du ventilateur notamment) fait apparaître un tracé parasite vert autour de 50/ 60 Hz.

Enfin, dans la lecture des spectres, il ne faut pas oublier qu'il existe des variations intra- et inter-individuelles qui ont leur importance. Selon J.S.Liénard [LIENARD-77, p94], les variations intra-locuteurs portent sur :

- le soin porté à l'articulation, qui a une influence sur la fréquence et la largeur des formants, l'évolution des formants et la richesse du spectre dans les aigus. Quand l'articulation est floue, le spectre devient imprécis et moins contrasté.
- la vitesse d'élocution ;
- le type de voix : en voix criée, on observe un déplacement des formants vers l'aigu ; la tension musculaire donne une image moins nette ; en voix chantée apparaît le formant du chanteur autour de 3000Hz et plus d'énergie sur les différents formants.

Quant aux variations inter-locuteurs, il décrit :

- une hauteur mélodique moyenne qui varie autour d'une fréquence fondamentale moyenne de +/- 10% ;
- des caractéristiques individuelles telles que le timbre, l'étendue mélodique, la vitesse d'élocution, ...

### 5.3.3. Apports en orthophonie

On va observer sur un spectre :

- la valeur du fondamental usuel, pour évaluer le placement vocal,
- la régularité, ou stabilité, en intensité et en fréquence des harmoniques, notamment du fondamental, pour apprécier la liberté de la vibration cordale,
- le nombre d'harmoniques, pour la qualité du timbre et la présence du timbre extra-vocalique,
- l'énergie des formants, pour la gestion pneumo-phonique,
- la netteté du spectre, pour la présence ou non d'éléments apériodiques tels que des bruits ou du souffle,
- la transition entre les mécanismes I et II,
- le registre de confort par rapport à la zone de concentration d'énergie sur une sirène.

Dans leur mémoire [ADAMKIEWICZ-91], Adamkiewicz et coll ont extrait quelques critères pathologiques à partir de leurs études sur quelques voix analysées par l'analyseur de signal à haute résolution HP 3651 A. Sur un spectre moyenné sur un /a/ tenu sont considérés pathologiques :

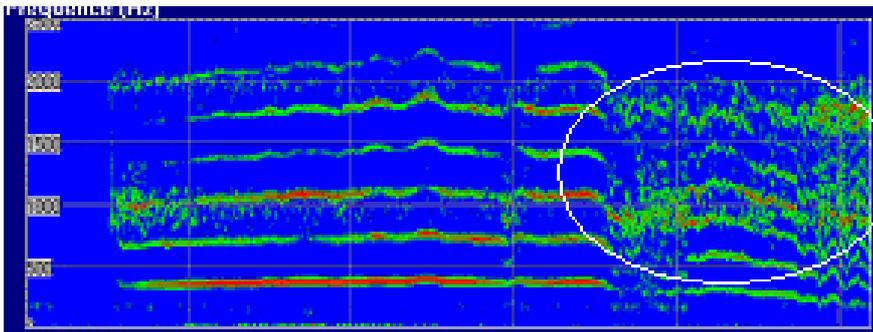
- l'absence du fondamental,
- le nombre insuffisant, voire une absence d'harmoniques,
- la présence de fréquences surnuméraires entre la fréquence fondamentale et les harmoniques, signant une bitonalité,
- la présence de bruits ou de souffle.

Au niveau de l'enveloppe vocalique sont pathologiques :

- une attaque dure, marquée par une barre verticale nette en début de spectre,
- une tenue irrégulière en intensité et/ ou en fréquence,
- une extinction brutale du son,
- une émission trop brève,
- la présence de pauses, de désonorisations.

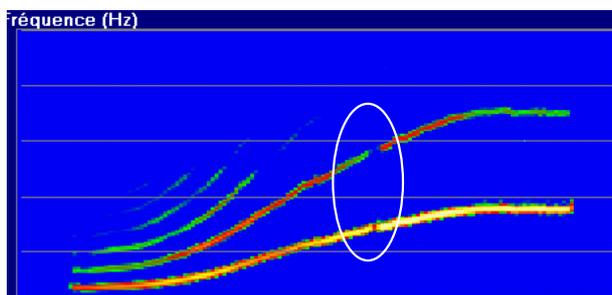
Aussi, l'orthophoniste va pouvoir identifier sur un spectre :

- un érailement , qui se traduit par une discontinuité dans la fréquence fondamentale, et des formants flous,
- un serrage, qui se traduit par une irrégularité des fréquences,
- une mauvaise gestion du souffle lorsque notamment toute l'énergie est concentrée en début de spectre, puis s'atténue ou disparaît,
- une voix soufflée, qui se traduit par la présence d'un brouillard vert sur le spectre (cf. figure 6)



**Figure 17: Spectre d'une voix dysphonique : instabilité en énergie et en fréquence, traces de souffle en fin de production encerclées de blanc, peu d'énergie harmonique sur le spectre (source A.Sicard)**

- une bitonalité, lorsque des fréquences parasites apparaissent,
- un problème de passage par la visualisation d'une interruption ou d'un « couac », associé à une perte d'énergie et un appauvrissement des harmoniques (cf. figure 7),



**Figure 18: Rupture du son au niveau de la zone de passage, lors d'une sirène sur un a (source A.Sicard)**

- des coups de glotte, visualisables par les barres d'explosion nettes en attaque de son.

## **5.4. Conclusion**

Ainsi, en rééducation, la visualisation spectrale peut donc permettre un feedback intéressant pour :

### **1- le timbre :**

- comprendre et visualiser la notion de timbre et de résonance,
- visualiser l'enrichissement harmonique produit par un geste vocal adapté,
- travailler sur l'investissement des cavités de résonance,
- visualiser les effets de la couverture du son, liée à une bonne impédance ramenée sur le larynx (IRL),

### **2- le souffle :**

- travailler la notion de durée et celle de pression. Le feedback visuel va rendre les exercices plus ludiques et attractifs, et améliorer les performances de façon significative,
- sensibiliser aux coups de glotte et travailler l'attaque vocale,
- travailler sur la tenue du souffle, en cherchant à obtenir une couleur homogène sur tout le spectre,
- sensibiliser aux pauses inspiratoires,

### **3- la hauteur :**

- éduquer l'oreille de l'orthophoniste et du patient,
- sensibiliser à la mélodie, à l'intonation, notamment quand la voix est très monotone,
- permettre de visualiser les variations mélodiques,
- maîtriser la hauteur de sa voix et la stabiliser,
- pour Vocalab, le clavier permet de jouer les notes et de donner des repères de tessiture,
- déterminer le registre de confort, pour pouvoir proposer une hauteur de confort.

### **4- l'intensité :**

- distinguer la notion d'intensité, de celles de hauteur et de résonance,
- aider le patient à surmonter ses inhibitions,

- aider à la maîtrise de la dynamique vocale,
- travailler la stabilité en intensité.

Ainsi, la visualisation spectrale va illustrer clairement les dysfonctionnements des paramètres vocaux et permettre d'expliquer les objectifs de la rééducation. Elle vient ainsi en complément des perceptions kinesthésiques indispensables pour trouver le geste vocal « juste ».

Le spectre, comme nous l'avons vu, va aussi objectiver les progrès réalisés par le patient et pour l'orthophoniste, lui permettre de diversifier son travail et la conforter dans sa compétence.

Il ne faut pas cependant oublier les limites d'un tel outil : le patient peut avoir tendance à se focaliser sur les résultats visuels au détriment de l'écoute et de ses sensations corporelles. La visualisation spectrale peut donc être utilisée de manière régulière mais en aucun cas systématique.

## **6. Logiciels et stations informatiques de visualisation de la voix**

### **6.1. Introduction**

Il existe de nombreux logiciels destinés à l'analyse de la voix. Beaucoup sont très spécifiques et demandent des connaissances très pointues en informatique et en acoustique. D'autres se veulent plus accessibles, notamment ceux destinés à une utilisation en rééducation orthophonique qui nous concernent ici. Les logiciels d'analyse de la voix, qui peuvent être présents dans des services hospitaliers et utilisables par les orthophonistes essentiellement pour le bilan vocal, sont décrits dans le mémoire de D.Sliwa [SLIWA-96], c'est pourquoi nous ne les présenterons pas ici.

Il s'agit ici d'une présentation de logiciels existants, que l'on pourra rencontrer dans les enquêtes ultérieures, pour informer les orthophonistes. Ce n'est donc pas un catalogue commercial. C'est pourquoi il ne sera pas fait mention des environnements sous lesquels ils fonctionnent.

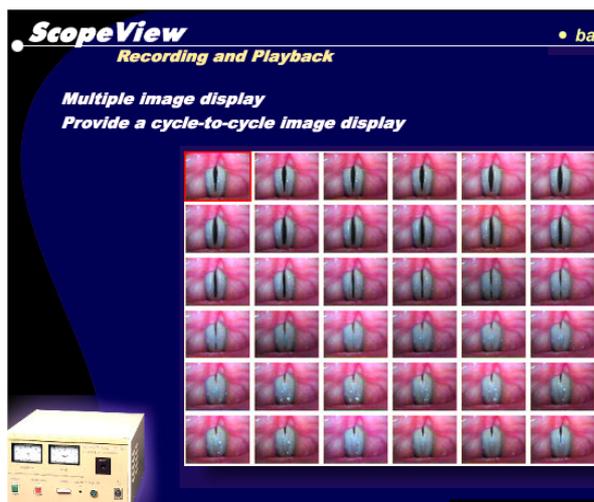
### **6.2. Présentation des logiciels comprenant des modules spécifiques pour la rééducation vocale**

#### **6.2.1. Dr Speech**

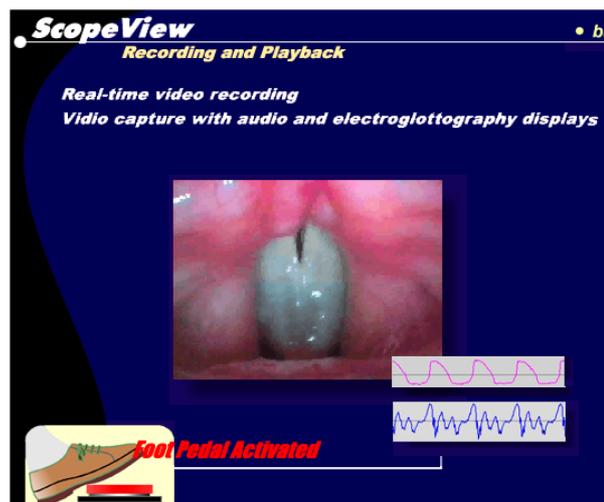
[SLIWA-96], [CALBOUR-97], [DRSPEECH-02]

Ce logiciel américain est destiné à l'analyse et à la rééducation de la voix et de la parole. Il présente quatre modules : « Scope View », « Speech/Voice Assessment » (évaluation de la voix et de la parole), « Speech Therapie » (rééducation de la parole), et « Nasal View » (mesure de l'émission nasale).

Le premier module, «Scope View », est consacré à l'exploration et aux analyses objectives de la morphologie des cordes vocales et de l'espace glottique, de la vibration cordale et du signal glottique. Il permet d'éditer des photos des cordes vocales du patient, ainsi qu'un profil vocal chiffré, qui pourront être intégrés à un compte-rendu de bilan de manière automatique. L'acquisition des mouvements des cordes vocales se fait de manière non intrusive grâce à une électroglottographie par appareil externe. Grâce à ce logiciel, il est possible de zoomer sur différentes parties du signal édité pour obtenir et évaluer la configuration articuloire à un moment précis.

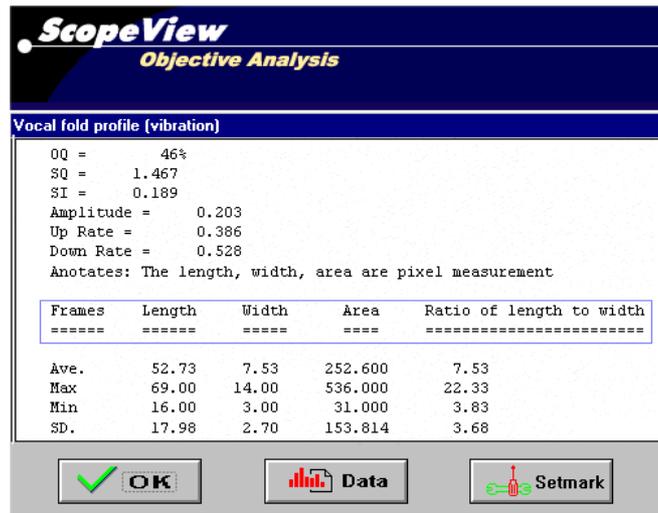


**Figure 19: Capture vidéo du cycle vibratoire.**



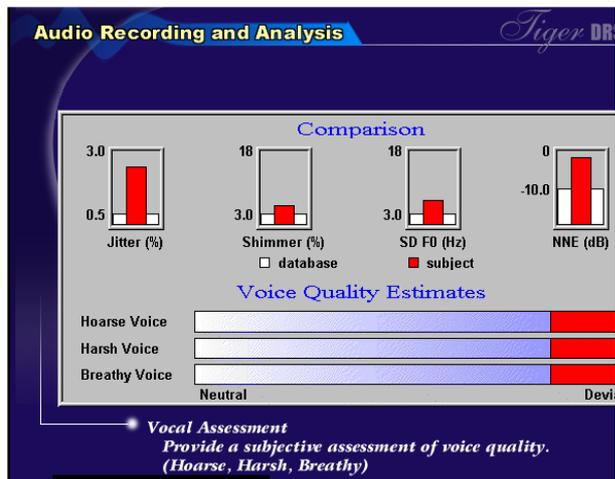
**Figure 20: Capture vidéo des cordes vocales et affichage de l'analyse du signal glottique.**

Le profil vocal obtenu par l'analyse objective comprend sur un même affichage les coefficients shimmer et jitter, le rapport signal/ bruit, la courbe d'évolution du fondamental et celle de l'amplitude.

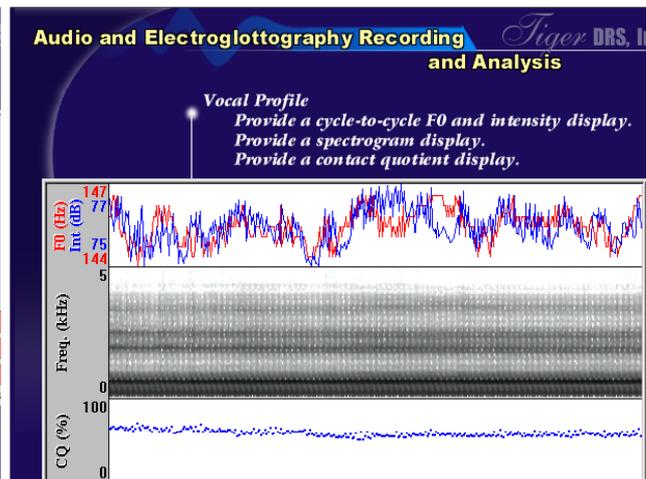


**Figure 21: Profil vocal obtenu avec Dr Speech**

Le module "Speech/Voice Assessment" présente aussi plusieurs fonctionnalités. "Vocal Assessment" permet d'enregistrer, d'analyser et d'éditer les signaux sonores et électroglottographiques. On peut ainsi obtenir un feedback visuel en temps réel de la parole du patient, au travers de graphiques du signal audio, ainsi que de représentations de la fréquence fondamentale, de l'intensité, des formants et de la position des voyelles. Cette fonctionnalité offre la possibilité d'afficher des spectres à moyen et long termes, les mesures de perturbations et un profil vocal sous forme d'un tableau chiffré.



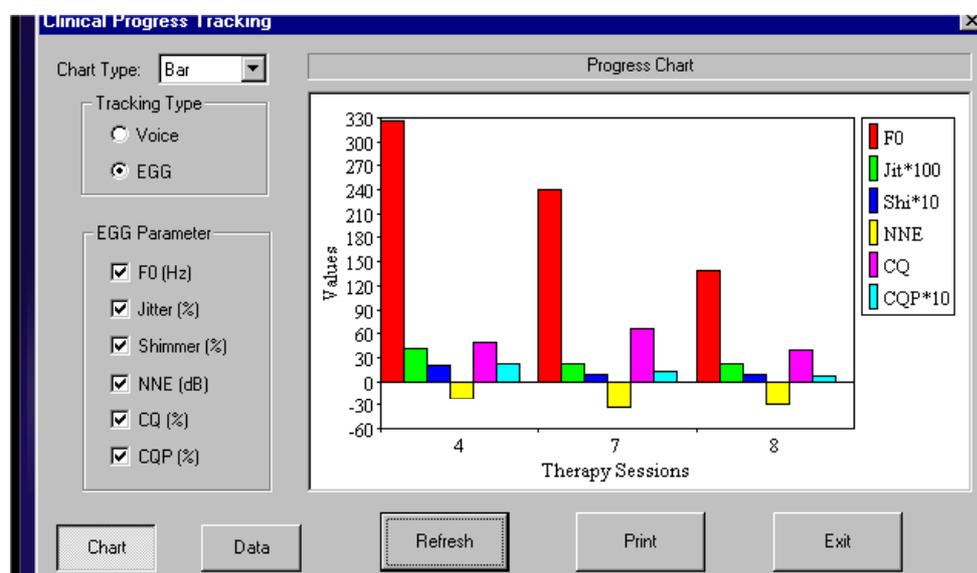
**Figure 22: Evaluation quantitative de la qualité de la voix : degré de sévérité et caractéristiques du timbre selon le souffle, la raucité et l'éraillure fondée sur une base de données de 902 voix pathologiques et 2937 voix normales asiatiques**



**Figure 23: Affichage simultané de la courbe d'évolution de la fréquence fondamentale et de l'intensité, du spectrogramme et la courbe du quotient de contact**

La fonctionnalité « Speech Training » permet la rééducation de la parole et de la voix avec la possibilité de séparer l'écran en deux parties pour permettre la comparaison entre la production du thérapeute, ou une production-cible, et la production du patient. On peut y visualiser la fréquence fondamentale, l'intensité, et des spectrogrammes avec les formants F1 et F2. La production-cible peut être créée à partir de l'outil de synthèse vocale, qui permet d'obtenir des cibles acoustiques idéales, des stimuli dans des expériences de perception de la parole ou encore des cibles intermédiaires (c'est-à-dire entre les caractéristiques vocales du patient et celles correspondant à la norme). On peut aussi employer le générateur d'ondes pour créer, modifier et afficher des formes d'ondes audios très variées telles que des simulations de la source glottale ou d'harmoniques.

Le suivi des progrès en thérapie est possible avec l'édition d'une présentation synthétique des enregistrements de plusieurs séances en deux ou trois dimensions.

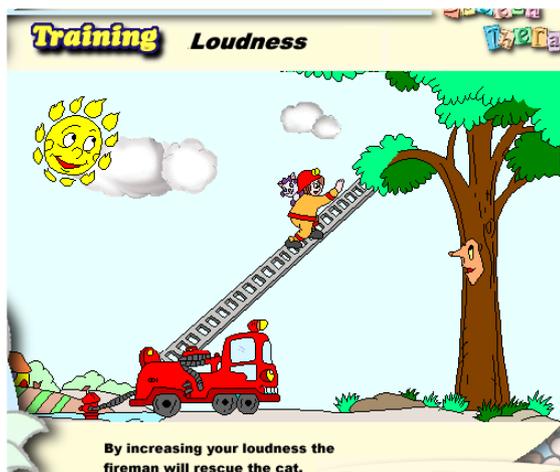
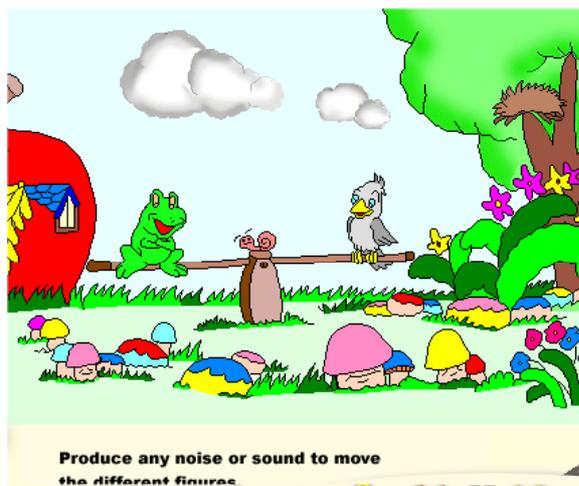


**Figure 24: Synthèse des résultats sur plusieurs séances de rééducation, pour le suivi de l'évolution du patient.**

Ce module comprend aussi une fonctionnalité « Phonétogramme » pour la mesure du champ dynamique vocal, ainsi qu'une fonctionnalité « Voice Office ». Cette dernière correspond à un protocole de bilan vocal. Elle permet de cocher ou noter dans des cases les différents éléments anamnestiques de manière très complète et les résultats de l'évaluation objective mais aussi subjective. Elle propose aussi différentes échelles d'auto-évaluation vocale pour cerner la conscience du trouble et la gêne ressentie par le patient.

Le module « Speech Therapy » concerne la rééducation de la voix et de la parole mais s'adresse spécifiquement aux enfants. En effet, les précédentes fonctionnalités sont

trop techniques et abstraites pour cette tranche d'âge mais conviennent bien à la rééducation des adultes. Ce module présente l'originalité de se composer de deux fonctionnalités différenciées : « Exploring » pour faire prendre conscience à l'enfant différents paramètres (présence/ absence de son ; ...) et « Training » qui présentent les exercices d'application. Ce module présente dans les deux cas des programmes interactifs avec dessins animés très colorés. Le but est de créer un renforcement et une valorisation en temps réel des efforts faits par l'enfant.



**Figure 25 : Animation pour mettre en évidence la présence/ absence de son.** **Figure 26: Exercice pour travailler la hauteur tonale.**

Une fonctionnalité « User's log » permet d'enregistrer les exercices effectués pendant la séance et les résultats obtenus dans un fichier patient, afin d'assurer le suivi.

Le dernier module de ce logiciel, « Nasal View », concerne l'enregistrement, l'analyse en temps réel et l'édition des mesures de l'émission et de la résonance nasales. On peut ainsi obtenir différents graphiques, spectres, spectrogrammes dans un but de diagnostic de l'hypernasalité, de trouble de la résonance...

Ce logiciel est donc très complet, trop peut-être pour une utilisation en orthophonie. Il demande pour certaines fonctionnalités un matériel sophistiqué, plutôt destiné à un usage phoniatrique. Les différentes et nombreuses analyses sont très pointues et fiables. Il est intéressant d'avoir un module exclusivement destiné aux enfants. L'une des principales limites de ce logiciel pour un usage en libéral est le fait que les consignes, les résultats, le mode d'emploi... sont en langue anglaise. Un orthophoniste

met aussi en garde contre les résultats de l'analyse dite « subjective », qui s'appuie sur la base de données de plusieurs voix. D'une part, les voix à l'origine de l'étalonnage sont d'origine asiatique, dont les critères ne s'appliquent pas toujours aux voix occidentales. D'autre part, le logiciel reste un outil qui aide le clinicien à élaborer son diagnostic et ne peut le faire à sa place.

### **6.2.2. EVA 2 / DIANA/ PHONEDIT**

[SLIWA-96], [DIANA-02], [EVA-02,a], [EVA-02,b], [PHONEDIT-02], [SESANE-02]

La station de travail EVA a été conçue par les chercheurs du laboratoire « Parole et Langage » du CNRS d'Aix-Marseille et le service ORL de l'hôpital de la Timone à Marseille. Le but était de créer un outil pour l'évaluation objective de la dysphonie selon une méthodologie standardisée. Cet instrument devait réaliser en même temps les mesures de stabilité du signal acoustique et de quantité d'air utilisé sur la production d'une seule voyelle tenue.

Le système d'Évaluation Vocale Assistée EVA est donc une station de travail phoniatrique multi-paramétrique qui permet d'étudier les paramètres acoustiques et aérodynamiques de la production vocale. Le but de cette station de travail est d'affiner le diagnostic phoniatrique et d'objectiver le suivi d'une intervention chirurgicale, d'un traitement pharmaceutique ou encore d'une rééducation. Les mesures se font grâce à des capteurs acoustiques, aérodynamiques et électrophysiologiques. Ensuite, elles sont gérées par des logiciels, spécifiques à chaque protocole clinique, pour une homogénéité de fonctionnement et une présentation uniforme des résultats. Le temps de l'examen vocal objectif est réduit à une dizaine de minutes au lieu de plusieurs heures, comme le nécessitait l'emploi de plusieurs appareils spécialisés.

Les logiciels d'investigation clinique permettent d'appliquer des protocoles d'analyse physiologique de la voix et de la parole et de synthétiser les données recueillies pour chaque patient. Un questionnaire de patients permet de restituer, classer, comparer les données et d'insérer des commentaires dans les enregistrements.

EVA2 est donc difficile à utiliser en libéral, car il demande une infrastructure lourde. Il est essentiellement destiné à un usage phoniatrique, car il permet de faire un

bilan très complet. Cependant, il n'est pas nécessaire pour les orthophonistes en libéral non formés à l'exploitation de ces analyses.

DIANA – Dispositif Informatisé d'ANalyse Acoustique – est la version acoustique de la station EVA2, c'est-à-dire que cet ensemble de logiciels n'effectue aucune mesure aérodynamique. Il s'adapte donc mieux au bilan et à la rééducation orthophonique, notamment en libéral. Dans le domaine de la recherche, ce dispositif permet de constituer des bases de données et de réaliser des études fondamentales. Il peut aussi être utilisé comme outil didactique dans l'enseignement de la linguistique. Il est plus maniable et demande moins d'infrastructures qu' EVA2.

DIANA permet l'analyse de la fréquence fondamentale, de l'intensité, de l'instabilité du signal sonore, du rapport signal/ bruit, de l'étendue vocale, de spectres, des formants et des durées de phonation. On peut ajouter à ce dispositif des logiciels d'investigation clinique, identiques à ceux d'EVA2, qui permettent l'application de protocoles d'analyse de la voix et de la parole. Ces modules optionnels concernent : l'évaluation vocale, le spectrogramme, le phonétogramme, le temps maximum phonatoire, l'analyse prosodique et l'évaluation perceptive. Le magnétophone numérique permet l'enregistrement du patient pour le suivi dans le module « Evaluation perceptive ». Le profil vocal permet l'analyse objective de la dysphonie grâce à l'édition d'un tableau ou d'un diagramme regroupant les analyses sur un « a » tenu (shimmer, jitter, rapport signal/ bruit, coefficient de variation du fondamental...).

Ce dispositif a été acheté par 3 orthophonistes en France. Nous avons sollicité leurs commentaires à son sujet. Tous les trois s'accordent à dire qu'il s'agit d'un outil très spécifique et très fiable. L'analyse est excellente, mais l'une d'entre eux regrette, la mise en route longue et un peu contraignante. Cette même orthophoniste déplore le manque de formation à l'utilisation du logiciel (procédure...) et à l'analyse des données obtenues. Elle dit cependant que ce logiciel lui permet d'être indépendante par rapport aux phoniâtres et aux ORL, qui ne donnent pas toujours les informations dont elle aurait besoin. Les deux autres, plus spécialisés dans la voix, notent son emploi facile en libéral, avec tous les âges et toutes les pathologies de la voix et de la parole. Ces deux orthophonistes l'utilisent beaucoup avec les chanteurs notamment.

PHONEDIT est un logiciel d'analyse de signaux sonores, aérodynamiques, articulatoires et électro-physiologiques. Il est donc destiné à l'étude des paramètres de la

voix, de la parole et du langage. Ce logiciel est intégré à la station EVA2, mais il peut aussi être utilisé seul. Il permet l'enregistrement, l'édition, l'écoute, l'analyse, l'étiquetage, le montage et la création artificielle de signaux sonores. Il s'adresse aux phoniatres et aux orthophonistes, mais aussi aux linguistes, aux phonéticiens, aux physiciens..., dans un but de recherche, d'investigation ou d'enseignement. Ses fonctions principales concernent le spectrogramme, les spectres FFT/ LPC, la fréquence fondamentale, l'intensité, le filtrage et la synthèse de signaux.

Une orthophoniste souligne le fait que ce logiciel est essentiellement destiné à une utilisation dans un but de recherche. Son emploi en serait difficile en rééducation. Le logiciel Sésane, inclus dans le dispositif Diana, serait d'une approche plus abordable pour les orthophonistes.

### **6.2.3. PCLX**

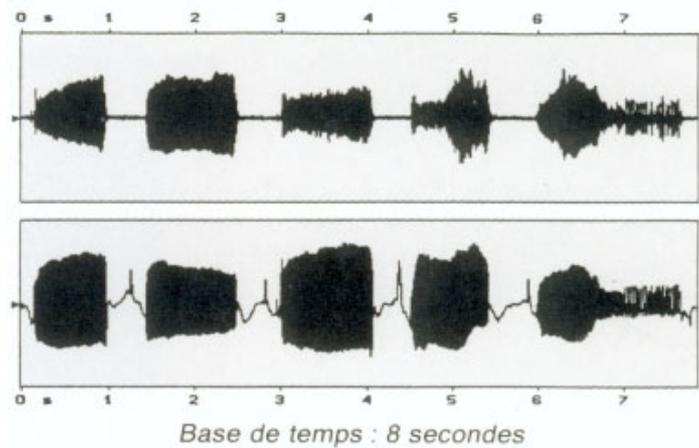
[SLIWA-96], plaquette de présentation PCLX par Biodigital

PCLX est un système d'électrolaryngographie. Il permet d'obtenir sur ordinateur :

- la visualisation et l'analyse de la voix normale ou pathologique,
- une présentation interactive destinée à la rééducation de la voix,
- l'enseignement de l'intonation pour les étudiants en langue étrangère,
- la recherche fondamentale sur la voix parlée et chantée,
- l'enseignement de la phonétique acoustique.

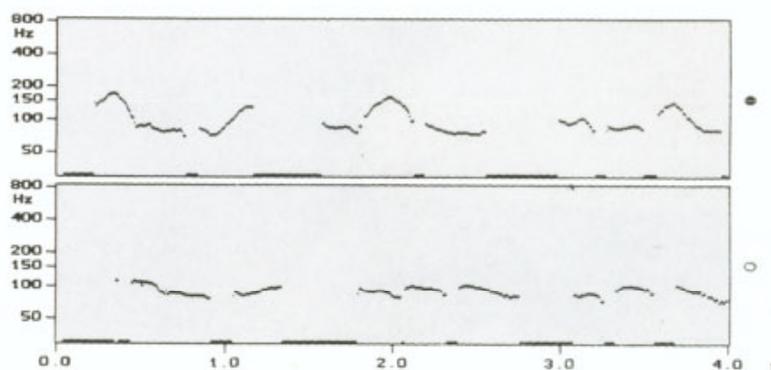
Il se compose de deux logiciels nommés PCWAVE et PCPITCH et d'un électrolaryngographe externe. Ce dispositif est donc particulièrement axé sur l'analyse du signal électroglottographique.

PCWAVE affiche simultanément, en temps réel, le signal acoustique de la parole et la courbe électrolaryngographique.



**Figure 27 : Visualisation en temps réel de la parole et de la courbe laryngographique (LX)**

Les mesures sont prises par des électrodes et/ ou un microphone. On peut en extraire la fréquence fondamentale du patient et le coefficient de fermeture des cordes vocales. PCPITCH permet la visualisation du contour de la fréquence fondamentale à partir du signal acoustique ou de la courbe laryngographique, ainsi qu'une mesure de la période. Pour la rééducation vocale, on peut dans ce logiciel séparer l'écran en deux parties pour créer une courbe cible et un espace pour les productions du patient.



**Figure 28: Sur un écran séparé en deux pour la rééducation, Visualisation du contour de la fréquence fondamentale, pour un travail sur l'intonation et la qualité de la voix**

Les diverses analyses peuvent être présentées sous forme d'histogrammes ou de tableaux statistiques contenant les pourcentages d'irrégularité et les données chiffrées qui serviront de références dans le suivi du patient. Ces analyses sont :

- DX1, qui présente un échantillon des fréquences utilisées durant la lecture d'un texte standard : la fréquence moyenne, les fréquences extrêmes et la fréquence fondamentale F0,
- DX2, qui s'affiche simultanément à DX1 mais ne sélectionne que les fréquences qui se suivent 2 à 2,
- CX, qui est une projection des fréquences utilisées sur un diagramme bidimensionnel. Si les points sont circonscrits dans une zone étroite à pente oblique, la voix étudiée ne possède pas trop d'irrégularité.

PCLX 2 présente en plus la spectrographie en temps réel avec l'affichage simultané du signal de la parole, l'électrolaryngographe et le spectrogramme ; le phonétogramme en temps réel ; l'évaluation du rapport signal/ bruit à partir de 4 cycles choisis sur l'électrolaryngographe.

#### **6.2.4. Phonos 1**

[SLIWA-96]

Phonos 1 est un système constitué d'une série de logiciels regroupés en modules. Ils sont appliqués de façon globale à la thérapie du langage (voix, intonation, compétence linguistique, phrases, couleurs dessins, graphiques...). Seuls deux de ces modules sont particuliers à la voix: le module « TV » ou thérapie de la voix et le module « CI » ou contrôle de l'intonation.

Ces deux modules proposent : l'édition du signal de la parole, l'extraction de la fréquence fondamentale, une analyse spectrale, une courbe mélodique, une courbe d'intensité visualisable en temps réel, la durée maximum phonatoire, des représentations du rythme, une représentation de la durée expiratoire et enfin une visualisation de l'articulation des phonèmes fricatifs.

#### **6.2.5. SIRENE 2**

[SIRENE-96], [SIRENE-02]

Sirène2 est un Système Interactif de REéducation des Non Entendants. Il a été conçu par le Centre de Recherche en Informatique de Nancy (CRIN) et Thomson ASM. Deux étudiantes de l'Ecole d'Orthophonie de Nancy M.AMBARD ET C.POPARD, ainsi

qu'une enseignante ont élaboré la progression pédagogique dans le cadre de leur mémoire de fin d'études (*SIRENE II : Système Interactif de Rééducation des Non-Entendants. Élaboration et premières expérimentations*. Nancy, 1996). Sa validation et son expérimentation ont été réalisées auprès d'adolescents et d'adultes sourds dans le cadre des activités de l'Union Régionale des Associations de Parents d'Enfants Déficiants Auditifs, par ces mêmes étudiantes. Sirène 2 a fait l'objet d'un projet européen, mais il est toujours resté à l'état de prototype.

Il propose une démarche d'éducation de la voix, de la parole et de ses éléments prosodiques en valorisant la parole comme outil d'interaction. Cet outil permet de gérer la voix en aidant à en apprécier la qualité, à en percevoir la dégradation et à entrer dans un protocole de correction.

Bien que ce logiciel soit donc destiné à la prise en charge de la voix en surdité, il nous a semblé intéressant de le présenter ici. Il est en effet doté d'un système d'analyse et de reconnaissance de la voix et de la parole, qui permet d'effectuer une évaluation vocale assistée par ordinateur et de disposer d'appuis visuels pour le travail rééducatif sur les paramètres acoustiques de la voix. En outre, contrairement à Speech Viewer et faisant suite à Sirène1 qui s'inscrivait dans la prise en charge précoce de la surdité, il s'adresse spécifiquement aux adolescents et aux adultes.

Il présente trois grandes parties : le travail de la voix, le travail du rythme et de l'intonation et le travail de l'articulation.

Dans le travail de la voix, les exercices concernent :

- le travail du souffle,
- le passage du souffle à la voix avec une visualisation du pourcentage de voisement,
- la maîtrise du fondamental avec la recherche d'une stabilisation de la voix sur une voyelle tenue,
- des exercices de variations de hauteur dirigées par un modèle visuel,
- des exercices de « parcours vocaux » où des notes-cibles, repérées sur des portées musicales, doivent être suivies en faisant varier la hauteur de la voix.

Si nous détaillons brièvement ces exercices, c'est qu'ils nous semblent pouvoir être adaptés à la rééducation des dysphonies dysfonctionnelles. Dans le travail sur le

rythme et l'intonation, une sensibilisation à la durée des syllabes est proposée, ainsi que des exercices de reproduction de rythme. Quant au travail de l'articulation, les exercices portent sur l'articulation des voyelles, puis des consonnes et des mots. Ces exercices s'accompagnent de références visuelles aux zones fréquentielles des phonèmes et à l'amplitude de la voix par rapport à l'amplitude vocale totale, ce qui permet la visualisation de la présence de souffle et de vérifier la qualité des sons émis. De nombreuses fenêtres sont disponibles pendant l'utilisation du logiciel pour apprécier les différents paramètres du son, savoir pourquoi un mot ou un phonème n'a pas été reconnu par l'ordinateur, etc...

### **6.2.6. Speech Viewer III**

[SPVIII-02], [CALBOUR-97]

Speech Viewer III est la troisième version, éditée en 1997, d'un logiciel développé par le centre scientifique d'IBM France à Paris en 1988. Il s'agissait d'apporter un support répondant spécifiquement aux besoins des orthophonistes pour la rééducation de la voix, de la parole et de l'articulation. Ce logiciel convient aux patients de tout âge, mais le graphisme simpliste des animations s'adapte plus particulièrement aux enfants.

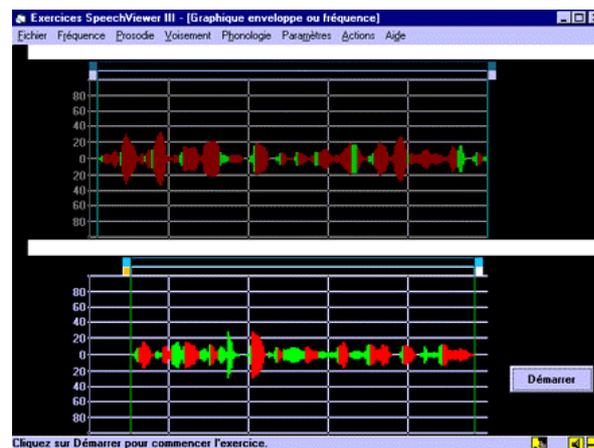
Ce logiciel s'appuie sur le contrôle interactif de l'émission vocale, grâce à un rétro-contrôle auditif et visuel. Il permet de mettre en évidence un ou plusieurs paramètres acoustiques. Les 13 exercices se regroupent en trois grandes catégories :

- la prise de conscience des phénomènes acoustiques (présence d'un son, présence du voisement, registre de la fréquence fondamentale, registre d'amplitude du son, rythme),
- le contrôle et la maîtrise de ces paramètres, ainsi que de l'articulation des phonèmes stables,
- l'analyse des composantes de la voix et de la parole à l'aide de représentations graphiques.

Le logiciel présente des images animées ludiques, des fonctions de manipulations directes avec la souris, et un fichier de création de modèles de phonèmes. Cette dernière application permet de travailler sur les propres productions du patient comme cible, afin de ne pas le placer en échec avec des modèles trop difficiles. Le thérapeute peut aussi enregistrer un échantillon de parole pour l'analyser et l'exploiter.



**Figure 29: Ecran de présentation des différentes fonctionnalités du logiciel Speech Viewer III**



**Figure 30: Exemple de résultats dans la fonctionnalité « graphique enveloppe ou fréquence » dans Speech Viewer III**

Ce logiciel est l'un des plus répandus dans les cabinets des orthophonistes, mais il est essentiellement utilisé pour la rééducation de la parole et de l'articulation, plus que pour la voix. Les formations d'IBM proposées concernaient en effet cette utilisation du logiciel.

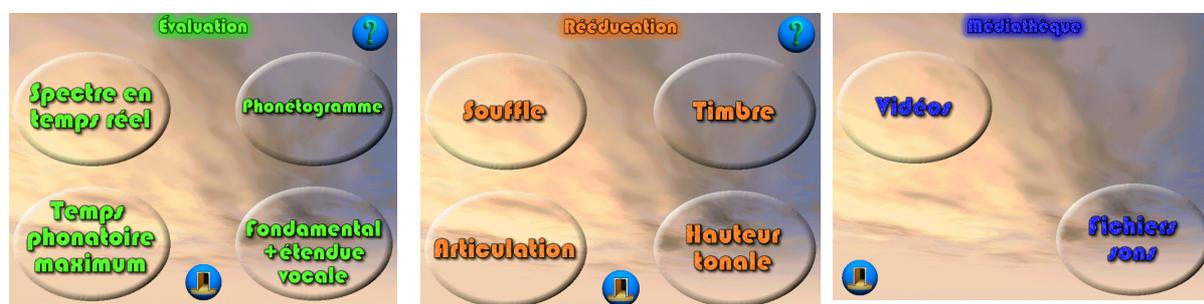
### 6.2.7. Vocalab2

[SICARD-01]

Vocalab2 est un logiciel qui permet d'objectiver les paramètres de la voix lors de l'évaluation et de les travailler individuellement en rééducation. Les exercices permettent

d'évaluer et de rééduquer la qualité harmonique de la voix et sa puissance relative, le fondamental de la voix parlée et chantée, le temps maximum phonatoire, l'étendue vocale, les caractéristiques du timbre en temps réel, la régularité, la gestion du souffle et l'attaque, l'articulation et la parole.

Ce logiciel présente 3 modules : l'évaluation, la rééducation et la médiathèque. Le module « Evaluation » propose des outils nécessaires au bilan vocal. Le module « Rééducation » est centré sur la prise en charge de la voix mais aussi à celle des troubles d'articulation, retard de parole et troubles perceptifs auditifs. Dans le module « Médiathèque » sont présentées des vidéos de cordes vocales normales et pathologiques dans l'acte de phonation, ainsi que des échantillons sonores variés.



**Figure 31: Les différentes fonctionnalités présentées par Vocalab2**

Le module « Evaluation » comprend 4 fonctionnalités : le spectre en temps réel, le phonélogramme, le temps maximum phonatoire, le fondamental et l'étendue vocale.

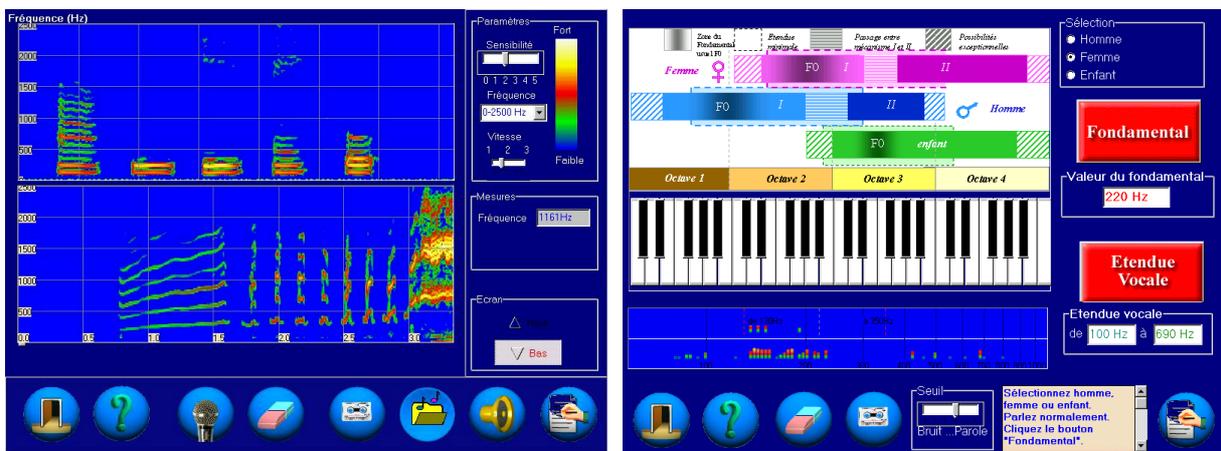
Le spectre en temps réel permet de visualiser la voix ou la parole en couleur. En bilan, il permet d'obtenir l'enregistrement et l'analyse de différents échantillons de voix qui permettront une comparaison objective ultérieure. On peut par exemple obtenir la valeur de la fréquence fondamentale en positionnant le curseur sur la "raie" la plus grave. En rééducation, l'orthophoniste peut s'y appuyer pour expliquer les différents paramètres vocaux ; pour comparer différentes productions grâce à la visualisation des effets suite aux modifications apportées.

La fonctionnalité « Puissance Vocale » de la première version est remplacée dans la version actuelle par une fonctionnalité « Phonélogramme ». Cet outil permet d'obtenir un phonélogramme beaucoup plus rapidement qu'avec un clavier et un sonomètre, afin d'évaluer la dynamique vocale du patient. Le logiciel affiche en temps réel sur un graphique les valeurs de hauteur et d'intensité relative sur l'ensemble des notes émises

par le patient. L'apparition de couleurs correspond à un calcul cumulatif des fréquences retrouvées.

La fonctionnalité « Temps Phonatoire Maximum » comprend un chronomètre qui calcule les moyennes des tenues phonatoires sur le /a/, le /s/ et le /z/. Il calcule automatiquement le rapport S/Z et A/Z. Des repères normatifs selon le sexe du patient sont proposés grâce à un petit bonhomme sourire qui modifie son expression au fur et à mesure de la performance. On peut aussi utiliser cette fonctionnalité en rééducation pour travailler la capacité respiratoire.

La fonctionnalité « Fondamental et Etendue vocale » permet de mesurer le fondamental usuel par le moyenné d'un échantillon de voix conversationnelle, projetée, ou d'appel selon les modalités d'examen. On peut aussi mesurer les possibilités d'étendue fréquentielle de la voix du patient. Des repères normatifs pour les hommes, les femmes ou les enfants sont disponibles sur l'écran, ainsi qu'un clavier qui permet de jouer des vocalises, de donner une note avec la correspondance en fréquence, et de vérifier les données obtenues par le calcul statistique ...



**Figure 32 : Fonctionnalité « Spectre en temps réel »** **Figure 33 : Fonctionnalité «FO + étendue vocale»**

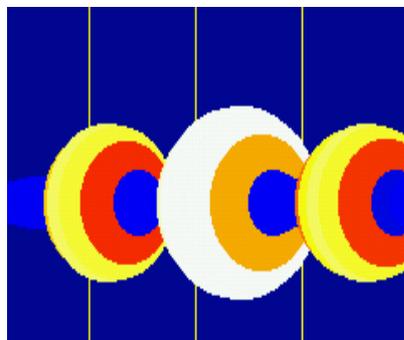
Dans le module rééducation, on dispose de 4 autres fonctionnalités : le souffle, le timbre, l'articulation et la hauteur.

La fonctionnalité « Souffle » permet de visualiser la notion de souffle et de travailler sa tenue. On demande au patient d'émettre un souffle pendant un temps décidé au préalable et matérialisé par l'avancée de la tortue vers la salade, représentant l'objectif à atteindre.

La fonctionnalité « Timbre » présente une représentation simplifiée et schématique du spectre en temps réel, en deux dimensions. Les paramètres de la voix sont représentés sous forme de ronds : la taille et la couleur signifie l'intensité, la position sur l'axe horizontal la fréquence. Cette visualisation simplifiée est destinée aux patients présentant des troubles de discrimination auditive, un déficit auditif ou une dysphonie chez l'enfant. Elle permet de travailler les notions de timbre et de résonance. Afin d'offrir une production-cible au patient, l'écran est divisé en deux parties.

La fonctionnalité « Articulation » permet le travail des phonèmes vocaliques et constrictifs, en apportant un feedback visuel pour ajuster la position articuloire et intégrer les traits distinctifs. Une animation sous les graphiques montrant la périodicité du son crée un élément ludique et motivant à l'exercice répétitif. Cette animation est déclenchée à mesure par l'orthophoniste lorsque l'enfant produit le résultat attendu et non nécessairement une production parfaite.

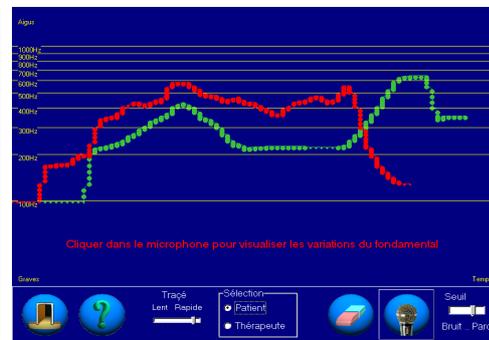
La fonctionnalité "Hauteur Tonale" permet le travail sur la hauteur de la voix, grâce à la visualisation des variations mélodiques de la voix. Cet écran peut être utilisé dans le travail des paramètres intonatifs et mélodiques de la parole, la stabilité du Fondamental chez les patients dysphoniques ou les chanteurs.



**Figure 34: Exemple de représentation dans la fonctionnalité "Timbre"**



**Figure 35: La fonctionnalité "Souffle"**



**Figure 36: La fonctionnalité "Hauteur tonale"**

Ce logiciel est sans doute le plus adapté à une utilisation en libéral, que ce soit par rapport à son prix, ou à son emploi simple et intuitif grâce aux icônes dans chaque fonctionnalité. Il propose de plus une documentation en ligne symbolisée par un point d'interrogation pour être guidé dans son utilisation. Ses limites résident dans la récence de cet outil, qui expliquent les améliorations progressives, ainsi que dans les problèmes de réglages et de fiabilité d'analyse du fait de l'absence de hardware. Il faut donc

respecter des conditions d'environnement et des protocoles identiques à chaque enregistrement. On mentionnera aussi qu'il s'agit du seul logiciel pour lequel des formations sont actuellement proposées pour optimiser son utilisation en rééducation de voix.

### **6.3. Conclusion**

Ainsi, il existe différents logiciels d'aide à la rééducation de la voix à la disposition des orthophonistes. Ces outils apportent un support objectif à l'évaluation et à la rééducation vocale. Ils offrent des possibilités qui permettent à l'orthophoniste d'adapter l'outil à sa pratique, selon ses patients et ses compétences en acoustique notamment.

Pourtant ces logiciels semblent peu connus et peu utilisés par les orthophonistes. Le manque d'information et de formation semblent en être l'une des principales causes, comme nous le verrons au cours des différentes enquêtes de ce mémoire.

logiciels	matériels		Evaluation de la voix	Rééducation de la voix			Popula- tion visée	Domaines ciblés
	Hard- ware	Soft- ware		Exercices spécifiques	Ecran divisible en 2	Fichier patient		
Dr Speech	X	X	X	X	X	X	toutes	Voix, parole, articulation.
Eva 2	X	X	X	-	-	X	adultes	Examen phoniatrique, recherche
Diana	X	X	X	-	-	X	adultes	Voix, linguistique, recherche
Phonédit	-	X	X	-	-	X	adultes	Recherche, voix
PCLX	X	X	X	X	X	?	adultes	Voix, phonétique, linguistique
Phonos	-	X	X	X	X	?	adultes	
Sirène2	-	X	X	X	X	X	adultes	Voix, parole
Speech Viewer3	-	X	Pas de manière spécifique	X	X	X	enfants	Voix, parole, articulation
Vocalab 2	-	X	X	X	X	X	toutes	Voix, parole, articulation

## **7. Apport du bio feedback visuel dans la rééducation de la voix**

### **7.1. Introduction**

Le feedback visuel reste la principale motivation quant à l'utilisation d'un logiciel en rééducation de voix. Cette modalité de rétrocontrôle a été relativement peu étudiée en orthophonie, malgré quelques travaux sur la surdité et la voix. C'est en pédagogie dans le domaine de l'apprentissage des langues étrangères que l'on retrouve le plus d'études à ce sujet. C'est pourquoi, étant donné la similarité de l'emploi de la visualisation des courbes sonores en pédagogie et en orthophonie, nous allons exposer les avantages et les limites mentionnés par les pédagogues quant à la visualisation de la voix et de la parole.

Plusieurs études sur le bio-feedback visuel ont été menées en kinésithérapie uro-génitale notamment, mais elles nous semblent inappropriées ici. En effet, elles intéressent surtout le contrôle musculaire volontaire, ce qui ne nous semble pas adapté à la voix. Si en rééducation de la voix, on cherche, comme en rééducation uro-génitale, à améliorer les sensations proprioceptives par un rétro-contrôle visuel afin de produire un mouvement plus approprié, on essaie avant de tout par le feedback d'agir sur une production vocale qui ne doit pas tout au contrôle musculaire. La visualisation permet une prise de conscience de phénomènes parfois autres que physiques. La dimension psychologique n'est absolument pas la même dans les deux rééducations. Donc, les résultats ne nous semblent pas corrélatifs.

### **7.2. Le feedback visuel étudié dans le domaine de la santé**

#### **7.2.1. Etudes de cas en surdité**

La plupart des techniques de prise en charge de l'individu sourd utilisent la vue pour suppléer l'audition à l'aide de gestes et de dessins. Les progrès techniques ont

permis d'y ajouter des outils de rétrocontrôle exploitant ce canal visuel, essentiellement dans le cadre de l'éducation de la voix et de la parole. En effet, les thérapeutes disposent d'outils qui permettent de rendre l'aspect dynamique des paramètres de la parole, de faire prendre conscience de l'effet produit par la voix en temps réel, et d'assurer un meilleur auto-contrôle vocal par le patient.

Auparavant, les rééducateurs proposaient aux patients déficients auditifs ayant des difficultés à maîtriser l'intensité d'émission de leur voix, l'aide d'une échelle lumineuse. Il s'agissait d'une colonne verticale avec 12 voyants lumineux de couleurs, reliée à un micro et à un potentiomètre pour faire varier le gain. La progression d'allumage d'un voyant par 2.5dB mettait en évidence le facteur d'intensité et de la dynamique de la parole. Actuellement, l'informatique permet une participation plus active de la part du patient, des éléments d'information visuels plus complets, plus précis et plus nombreux. Mais surtout, elle permet aussi grâce aux animations de fournir un cadre précis et strict.

A Nancy, le CRAN (Centre de Recherche en Automatisation de Nancy) a conçu au début des années 1980 le système SAVANE, Système d'Aide Visuelle Aux Non Entendants. Il avait pour but de permettre l'exploitation et le renforcement des premières vocalisations du très jeune enfant sourd. Il présente donc des jeux pour exercer, corriger et contrôler l'intensité, la hauteur et les autres aspects de la prosodie. Ce système de visualisation de la voix et de la parole propose pour l'intensité par exemple, un jeu où le modèle de production du rééducateur est matérialisé sous la forme d'une route, alors que les productions de l'enfant sont rendues par le trajet d'une petite voiture sur cette route. [DUTEL et al-85]

Lors de son expérimentation, M.M. Dutel [DUTEL et al-85] insiste sur les conditions de visualisation pour un feedback efficace. On va extraire du signal vocal et visualiser les paramètres d'intensité, de hauteur et de rythme en respectant les points suivants [DUTEL et al-85, p6] :

- une quasi-simultanéité de l'affichage visuel correspondant au signal sonore pour un véritable « feedback visuel de suppléance »,
- une image de qualité,
- plusieurs représentations d'un même paramètre pour pouvoir l'aborder sous différents aspects,

- dans la mesure du possible, présenter des visualisations d'action pour une compréhension immédiate,
- une simplicité de manipulation pour l'accès de n'importe quel utilisateur.

Le système SAVANE a été aussi utilisé auprès d'enfants ayant un retard de parole sans déficience sensorielle, car il permettait de renforcer de manière visuelle les éléments de rythme, de syllabation, et les mécanismes articulatoires.

SAVANE a fait l'objet de trois mémoires d'orthophonie à l'école de Nancy, mais, ne fonctionnant pas sur un environnement informatique, il n'a pas été développé et est resté à l'état de prototype. Il n'est plus utilisé actuellement.

Après l'abandon des projets SAVANE et SIRENE 2, les travaux du laboratoire de Nancy ont cependant été poursuivis avec le logiciel Speech Viewer. Dans l'article [RYALLS et al-91] sont relatées deux études de cas qui décrivent l'efficacité du feedback visuel, obtenu à partir du logiciel Speech Viewer, chez deux patientes.

La première patiente est une dame de 40 ans, déficiente auditive profonde et bénéficiant d'un implant cochléaire. Elle a amélioré sa prosodie de manière significative grâce à la visualisation de l'intonation dans les modules « découverte de la fréquence fondamentale » et « graphique de l'enveloppe ou fréquence » du logiciel. Le rétrocontrôle visuel lui a permis de prendre conscience de ce sur quoi elle travaillait ; et ainsi d'adopter rapidement et définitivement la fréquence fondamentale qui lui correspondait le mieux, l'abaissant de 304Hz à 251Hz.

La seconde patiente est une fillette de 8 ans, déficiente auditive profonde, qui utilise une communication totale (français signé et langage articulé) mais elle restait difficilement intelligible. L'utilisation des modules « contrôle d'une voyelle » et « contrôle de 4 voyelles » a permis en six semaines d'améliorer la précision de la voyelle (i) et de rendre sa production spontanée plus fréquente. Grâce au spectre, on a pu constater que si les positions des deux premiers formants n'ont pas varié, la dispersion fréquentielle autour de ces deux formants avait considérablement diminué.

### **7.2.2. Feedback visuel et dysphonie**

Dans son article [DEJONCKERE-01, p339], Ph Dejonckère conclut à des applications thérapeutiques de l'électromyographie de surface grâce au bio-feedback qu'il

apporte. En effet, l'électromyographie permet une visualisation de l'activité électrique musculaire de la région péri-laryngée en phonation. Ainsi, un patient présentant une dysphonie hyperkinétique peut prendre conscience des excès de tension musculaire. Cela va lui permettre un meilleur contrôle de la tension musculaire et faciliter l'apprentissage de la relaxation active. Ph Dejonckère écrit que le pourcentage de réussite du traitement (amélioration qualité voix et diminution taille nodules) est évalué à 50%.

Il s'agit malheureusement de la seule étude rencontrée à propos de l'utilisation et de l'apport du feedback visuel en rééducation vocale. C'est pourquoi, il nous a semblé nécessaire de poursuivre ce chapitre avec les données de la pédagogie.

### **7.3. Le feedback visuel étudié en pédagogie**

#### **7.3.1. Introduction du feedback visuel en pédagogie**

Dans l'apprentissage de la langue maternelle, la prosodie est l'aspect de la parole qui est acquis en premier, donc le plus anciennement installé dans les habitudes de perception et de production chez l'individu. Lors de l'apprentissage d'une langue étrangère, ces habitudes perceptives se projettent sur la seconde langue et provoquent un effet de filtrage. De fait, les pédagogues assimilent celui qui apprend une langue étrangère à un « sourd phonologique ».

C'est pourquoi, depuis les années 1960, la recherche s'est intéressée à la visualisation du signal et de la mélodie, ainsi qu'à l'importance des indices visuels dans le processus d'apprentissage d'une deuxième langue. Le principe était d'utiliser la visualisation de l'onde sonore pour remplacer « l'ouïe défaillante » de l'apprenant en faisant apparaître des phénomènes difficilement perceptibles du fait du filtrage.

[GERMAIN et al-02] cite certaines études menées à ce sujet par des phonéticiens, qui ont développé plusieurs applications basées sur le feedback audio-visuel pour modifier le mode de perception acquis par l'apprenant.

R.M. Vardanian, qui fut l'un des premiers à enseigner les variations mélodiques de l'anglais à des Brésiliens à l'aide d'un écran cathodique, conclut en 1964 que la visualisation perturbait l'attention des étudiants et leur apprentissage.

K. de Bot (1973, 1980, 1984) montre dans ses expériences que la visualisation de la mélodie permet plus de progrès chez les étudiants faibles, et apporte un réel facteur de motivation pour tous.

Après une étude sur « l'apport de la rétroaction visuelle dans les processus d'acquisition des schémas prosodiques d'une langue seconde » à partir du visualiseur de mélodie de Ph. Martin (1973), E. James conclut en 1977 à l'efficacité des modèles de visualisation pour la phonétique appliquée et l'enseignement de l'intonation. Il remarque aussi que la visualisation de sa propre courbe, mise en parallèle à la courbe modèle est un élément très important dans le processus d'acquisition, contrairement à la simple visualisation de la courbe modèle.

### **7.3.2. Le contenu des logiciels d'apprentissage des langues**

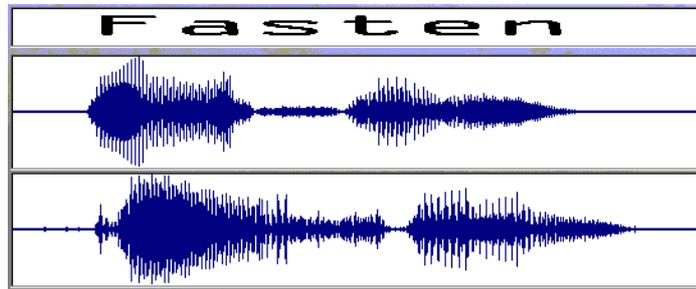
En général, les logiciels d'apprentissage d'une langue étrangère présentent deux graphiques l'un en dessous de l'autre : le modèle et la reproduction de l'apprenant. Il y a comparaison automatique entre les deux courbes pour permettre un repérage immédiat par l'apprenant des différences, notamment en ce qui concerne la durée et la forme de la courbe mélodique. La comparaison s'effectue grâce au programme de reconnaissance de la parole, qui agit ainsi :

« Les logiciels de Reconnaissance Automatique de la Parole sont des programmes qui analysent les données acoustiques et tentent de les comparer à des sons et modèles prédéfinis. Typiquement, ils convertissent un modèle sonore (les données parlées) en une série de chiffres dans une base de données pré-existante qui représente l'ensemble des énoncés spécifiés enregistrés par une variété de locuteurs natifs. » [KOMATSU-03, p106]

On rencontre dans les nombreux logiciels d'apprentissage de langues différentes formes d'affichages :

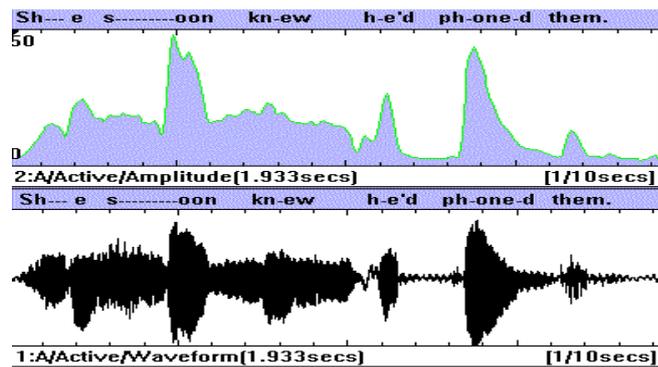
- le graphe vocal : il indique l'intensité en fonction du temps. Souvent gadget, il n'a d'autre avantage que de donner une motivation à s'enregistrer car il ne permet pas une analyse des déviations par rapport au modèle.
- l'oscillogramme : (en anglais *waveform*), il traduit visuellement les variations d'amplitude des vibrations causées par une source sonore dans l'air. Il est utile

pour faciliter la sélection partielle en vue d'une ré-audition d'une portion limitée d'un item. Cf. figure 1



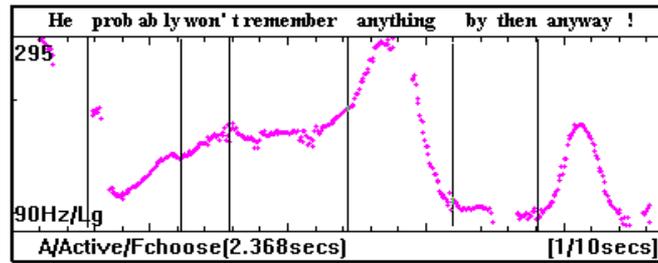
**Figure 1 : Détail d'affichage proposé par "Tell Me More" (1998). Affichage supérieur = modèle, affichage inférieur = production de l'apprenant. (source [CAZADE-99])**

- la courbe d'amplitude : elle remplit les mêmes fonctions que l'oscillogramme. cf. figure 2

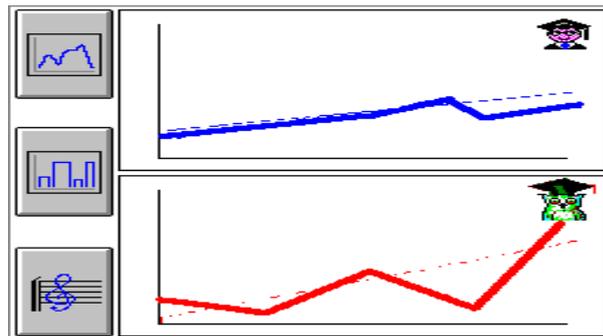


**Figure 2 : Courbe d'amplitude et oscillogramme pouvant être affichés en parallèle dans Wincecil (1997) (source [CAZADE-99])**

- la courbe mélodique : elle affiche l'évolution de la fréquence fondamentale en fonction du temps. Cela permet de mieux comprendre les intonations expressives, de donner des références à l'étudiant par rapport à la notion de hauteur tonale, et de travailler sur l'intentionnalité du message. Cf. figures 3 et 4

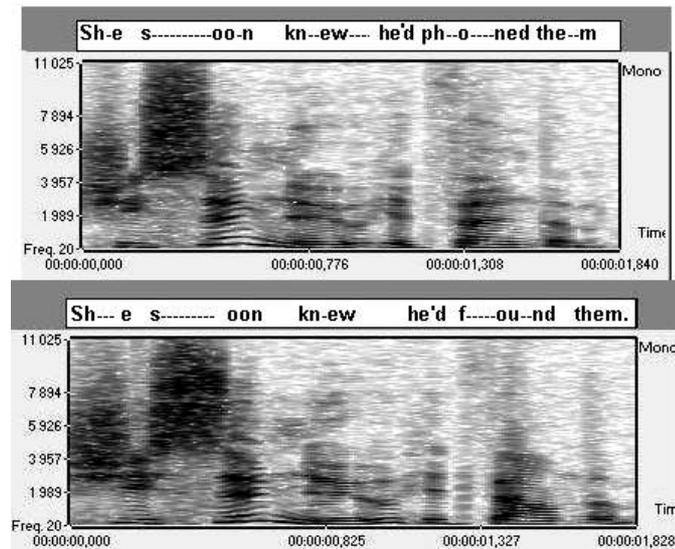


**Figure 3 : Courbe F0 (Fondamentale) affichée par Wincecil (1997). (source [CAZADE-99])**



**Figure 4 : Progression de la courbe mélodique pour la phrase : "This is a car, of course.". En haut, la production de l'apprenant, en bas, le modèle. version 3.0 de Speaker (source [CAZADE-99])**

- le spectrogramme/sonagramme : il visualise les harmoniques de la voix. Il permet de ralentir le débit sans modifier la hauteur du son, d'appliquer différents filtres pour atténuer ou supprimer les plosives et autres fricatives trop fortes, d'isoler des plages de fréquences et de distinguer les phonèmes. Il est cependant inadapté pour les apprenant en langue. A.Cazade [CAZADE-99] souligne cependant que s'il était possible d'obtenir des réglages et des cadrages automatiques avec un affichage en temps réel du phonème prononcé selon plusieurs positions buccales, cela aurait un impact positif sur la motivation et sur la prononciation de l'apprenant. cf. figure 5



**Figure 5 : Deux sonagrammes réalisés avec Sound Forge (1998), qui présente l'avantage de pouvoir choisir entre une représentation colorée ou non, pour séparer plus finement les différents niveaux d'amplitude. (source [CAZADE-99])**

### **7.3.3. Les avantages pédagogiques du biofeedback visuel apporté par les supports multimédias**

La visualisation des courbes produites par l'apprenant apporte plusieurs avantages dans l'apprentissage d'une nouvelle langue.

Tout d'abord, l'apprentissage devient actif et réfléchi grâce à l'interactivité offerte par le CD-Rom. En effet, la reconnaissance vocale permet de réaliser une approche plus engageante avec des exercices de formes orales et de dépasser la passivité de certains exercices traditionnels. Le support multimédia entraîne l'apprenant dans des expériences simulées de langue orale ; ce qui a pour effet de développer la confiance du sujet en sa propre performance. L'ordinateur permet ainsi à l'apprenant de s'exprimer en toute liberté par rapport à une grande variété de contenus, le libérant de la gêne que peut occasionner un passage à l'oral devant une classe entière et la sensation d'un jugement.

De plus, le logiciel offre l'intérêt de pouvoir s'attarder sur ses propres difficultés. La visualisation permet de transformer la production orale en « objet symbole » et donc d'avoir prise sur lui. Ainsi, l'apprenant peut comparer ses productions de manière auditive et visuelle avec le modèle, et ensuite manipuler les courbes obtenues pour isoler telle portion du signal, redéfinir le contour mélodique ou la durée des segments choisis, par exemple, pour effectuer un travail plus analytique sur les points qui lui semblent

intéressants. La représentation simultanée du modèle et de la production donne une base de comparaison et des objectifs à atteindre, tout en restant sur un mode ludique.

[CAZADE-99, p14] : « Il faut reconnaître que l’affichage de courbes sonores permet de présenter de façon lisible et non subjective (avec la supériorité d’impact que le visuel a sur le sonore pour beaucoup) une transcription du problème, que l’apprenant rencontre dans son travail d’approche de la production orale, processus mal maîtrisé dans notre société (...) »

Ensuite, l’apprentissage de la signification des courbes et la visualisation des paramètres de la voix va permettre à l’apprenant d’enrichir progressivement sa grille de perception par interactions d’indices visuels et auditifs qu’il apprend à identifier. Ce qui est important, c’est le va et vient que l’oreille effectue entre la forme acoustique et sa représentation visuelle, de manière à les associer. Cela apporte une meilleure compréhension des phénomènes mis en jeu.

Enfin, si le logiciel permet un travail autonome de l’apprenant, le rôle de l’enseignant n’en est pas moins exclu. Ce dernier va pouvoir s’appuyer sur les difficultés objectivées par le logiciel pour amener l’apprenant à porter un regard auto-évaluatif sur son discours oral. Le professeur a en charge de préciser et de compléter le feedback rendu par les courbes, qui va lui permettre d’individualiser concrètement son discours.

#### **7.3.4. Les limites de l’utilisation des supports multimédias**

Comme nous l’avons déjà abordé au cours de ce mémoire, la limite majeure dans l’utilisation de la visualisation de courbe sonore reste sa haute technicité. Il est effet indispensable aux enseignants et aux apprenants de s’initier à l’interprétation des représentations graphiques de l’onde sonore et à la manipulation de divers paramètres relevant de l’analyse acoustique du signal. Sans cet apprentissage, il est impossible de reconnaître différentes variations objectivées par les courbes. Celles-ci peuvent d’une part dépendre du type et de la qualité du micro, ainsi que de la carte son de l’ordinateur : le matériel employé peut fausser l’acquisition du signal et donc son interprétation. D’autre part, il existe des paramètres phonatoires intra- et interindividuel qui font qu’une même phrase produite pourtant de la même manière aura des formes sonores différentes. Les constantes ne sont pas toujours simples à repérer. L’apprenant n’obtiendra donc jamais une courbe superposable au modèle.

Aussi, sans explications claires et expertes, il est difficile à l'apprenant de tirer profit d'une courbe d'oscillographe ou d'un spectre pour améliorer sa prononciation, et de comprendre quelles variations perturbent réellement la compréhension et la bonne transmission du message.

Ensuite, si l'utilisation de l'informatique apporte une certaine autonomie à l'apprenant, elle ne peut remplacer les apports d'un travail de prononciation en interaction avec un professeur. Ce dernier intervient pour créer une ambiance positive et introduire de nouveaux sons et rythmes. Surtout, il apporte des explications fines sur les différences entre la langue cible et celle de l'apprenant, en faisant références aux différences culturelles. La simple utilisation de l'imitation et du feedback sonore et visuel ne peut aboutir efficacement à un apprentissage de la prononciation d'une langue. Les logiciels restent des outils au service d'un projet pédagogique.

Enfin, on retrouve là encore les limites liées à l'interférence visuelle sur le travail d'écoute. Certaines études remarquent que l'apprenant reste concentré sur ce qu'il voit et oublie d'écouter.

#### **7.4. Conclusion**

Malgré les différents avantages et les apports indéniables de la visualisation dans l'apprentissage des langues, ces supports multimédias ne sont que peu employés actuellement dans l'enseignement. Outre les limites observées, certains mettent en cause le manque d'intérêt pour la prosodie, dont le rôle linguistique est ignoré par la plupart des enseignants, la relative technicité et le coût financier. De plus, pour apprendre à différencier les variations intonatives pertinentes de celles qui ne sont que de simples variantes individuelles, il faudrait enseigner le système prosodique d'une langue.

A.Cazade [CAZADE-99, p21] récapitule les différents outils nécessaires à un logiciel de langue idéal pour apporter un réel feedback de qualité. Il faudrait pour lui associer :

- Une analyse et un guidage automatisés des productions orales, avec étalonnage de la production de l'apprenant, proposition d'améliorations

possibles et de schémas préférentiels à imiter, présentation visuelle avec des graphiques à recouvrir au plus près.

- Un affichage simultané du texte à partir de la reconnaissance vocale, pour aider l'étude et le déchiffrement des courbes. Cela permettrait en outre à l'apprenant de prendre conscience de la manière dont le système aura reconnu sa production et de pouvoir la modifier en conséquence.
- Une visualisation iconographique contextuelle, avec la proposition d'un travail plus fin appuyé par des séquences animées illustrant le geste phonatoire adapté à la production du phonème.
- Un affichage superposant différentes données dans un même graphique par couleurs et effets de transparence, avec la possibilité pour l'apprenant de choisir ce qu'il pense lui être utile.
- La possibilité de pouvoir manipuler les différents modes de restitutions de tous les items sonores : réécoute, effet de ralenti ne modifiant pas les hauteurs de sons...

Ce logiciel idéal pourrait tout aussi bien être destiné à la rééducation vocale. En effet, on retrouve une certaine analogie entre la position de l'apprenant et celle du patient en rééducation vocale. Tous deux cherchent à modifier leur production vocale pour la faire rejoindre un certain modèle. La nécessité d'obtenir un feedback de qualité qui s'adapte à celui qui l'utilise est valable dans les deux cas.

Les données de la pédagogie sont très intéressantes ici car, contrairement à celles obtenues avec les patients sourds, la visualisation ne vient pas remplacer l'audition mais réellement la suppléer. Même si l'apprenant ou le patient dysphonique entend sur un enregistrement sa voix, il lui est difficile d'identifier ses difficultés. Tous deux présentent un effet de filtrage qui modifie leur écoute du fait de leurs habitudes perceptives, l'un par rapport à sa langue maternelle, l'autre par rapport à sa boucle audio-phonatoire. La visualisation permet grâce à la référence à un modèle ou non de prendre conscience des « défauts » de production par rapport à ce qui est attendu, notamment par rapport à la répartition en harmoniques.

Aussi, le feedback visuel est un média non négligeable, malgré ses limites, dans le travail sur la voix et ses paramètres. Il permet une prise de conscience qui ne peut se faire sur une simple écoute, une objectivation de l'évolution, une visualisation du but à atteindre, et ainsi un soutien à la motivation.

## **8. Etat des lieux en Midi-Pyrénées : utilisation des logiciels pour la voix**

### **8.1. Introduction**

L'objectif de ce premier questionnaire était de faire un état des lieux de l'utilisation des logiciels d'évaluation et de rééducation de la voix. Nous nous sommes interrogées sur la fréquence d'utilisation de ces outils et les raisons pour lesquelles ils étaient peu utilisés. Ce questionnaire permettait en outre d'identifier les orthophonistes qui les utilisaient afin de leur soumettre un prochain questionnaire ciblé sur leur pratique.

Dans le mémoire [ROUTIER-93], un premier état des lieux sur le sujet était abordé. Les 175 réponses d'orthophonistes exerçant en libéral dans la région Nord - Pas de Calais au questionnaire sur l'utilisation de l'analyse spectrale révélèrent que, sur les 175, 124 orthophonistes avaient des patients dysphoniques en consultation. Parmi ces 124 orthophonistes, 43 connaissaient l'existence de l'analyseur spectral, mais l'utilisaient peu car ils ne bénéficiaient pas systématiquement des courbes et/ou de leurs interprétations. Pour 17 seulement, l'analyse spectrale aidait à mieux objectiver les buts et les résultats de la rééducation. Parmi les 76 qui ne connaissaient pas l'analyse spectrale, 71 souhaitaient mieux la connaître.

Dans son mémoire sur la place de l'informatique en orthophonie [DELMAS-99], S. Delmas présentait quelques résultats dans ce domaine sur la région Midi-Pyrénées. Son enquête faite en 1999 relevait que sur les 232 orthophonistes en libéral qui lui ont répondu 30,6 % d'entre eux étaient informatisés. Parmi ces orthophonistes équipés, 83% l'utilisait plutôt en rééducation. Concernant la rééducation vocale, 33% des orthophonistes utilisant l'informatique en rééducation ne concevaient pas son utilisation pour la voix. Deux raisons principales étaient évoquées : la limitation de la composante relationnelle d'une part, et d'autre part l'ignorance de l'existence d'un outil adéquat. Ce pourcentage passait à 47% pour les orthophonistes qui envisageaient de s'informatiser, car considérant la voix comme étant le reflet de ce que l'on est, l'outil informatique

paraissait peu adapté. Pour ces orthophonistes, une rééducation vocale par informatique leur paraît techniquement impossible. Ce sentiment d'inadéquation apparaît à fortiori chez celles qui ne concevaient pas l'utilisation d'un ordinateur en rééducation (33%). Parmi les orthophonistes interrogés sur les logiciels utilisés en rééducation, 13% utilisaient Speech Viewer et 1% Dr Speech.

Avec ce questionnaire, nous avons voulu déterminer si l'usage de l'informatique en rééducation et en rééducation vocale particulièrement avaient changé depuis 3 ans, sur la région, ainsi que les opinions envers l'utilisation de logiciel de voix.

Il a ainsi fallu élaborer un questionnaire assez court pour être présenté au plus grand nombre d'orthophonistes et obtenir un maximum de réponses. La population ciblée était les orthophonistes exerçant en libéral dans la région Midi-Pyrénées. Leur choix s'est fait tout d'abord selon les facilités de distribution, puis de manière arbitraire sur l'ensemble de la région.

## **8.2. Matériels et méthodes**

### **8.2.1. Attentes du questionnaire**

Le questionnaire devait avant tout nous permettre de savoir si les orthophonistes utilisaient l'ordinateur en rééducation et plus particulièrement en rééducation vocale, et savoir quel logiciel de voix ils utilisaient. Il s'agissait en outre de répondre aux questions suivantes :

- Combien d'orthophonistes sont informatisés ? ( taux d'informatisation sur la région)
- Combien d'orthophonistes utilisent l'ordinateur pour les pathologies vocales ?
- Pourquoi et comment les utilisent-ils ?
- Ou pourquoi ne les utilisent-il pas ?
- Existe-t-il une corrélation entre le nombre de cas de voix traités en rééducation et l'utilisation d'outils informatiques ?
- Qu'en attendent-ils ?

### **8.2.2. Mode de recueil des données**

Une enquête sur une centaine de praticiens a été envisagée et menée selon trois protocoles différents. Le premier concerne 35 questionnaires sur papier distribués selon les facilités de contact aux maîtres de stage des étudiants de troisième année d'orthophonie (30), ainsi qu'aux professeurs de l'école (5). Le second s'est basé sur un envoi de mails via internet aux 180 orthophonistes connectés de la région par l'intermédiaire du secrétariat du SDORMP (Syndicat Départemental des Orthophonistes de la Région Midi-Pyrénées), dans le but d'obtenir des réponses rapides et de faciliter le dépouillement. Mais devant le nombre limité de réponses ainsi obtenues, nous avons choisi de contacter les orthophonistes directement par téléphone, dont les numéros étaient choisis de manière arbitraire dans les pages jaunes des annuaires de la région.

### **8.3. Résultats**

100 réponses ont été obtenues entre début décembre 2001 et fin avril 2002, réparties comme suit :

- 28 par les maîtres de stage et professeurs de l'école d'orthophonie
- 56 par téléphone
- 16 par mails

#### **8.3.1. Répartition départementale des réponses**

A titre indicatif voici la répartition par département des réponses obtenues à ce questionnaire. On peut ainsi les corrélérer au nombre d'orthophonistes en exercice par département dans la région. Cela permet de justifier la supériorité en nombre de réponses obtenues en Haute-Garonne.

département	Nombre d'orthophonistes dans le département	Nombre d'orthophonistes en libéral ou en exercice mixte dans le département	Nombre de réponses obtenus dans le département sur les 100 orthophonistes interrogés
Haute-Garonne – 31	403	325	58
Tarn – 81	68	53	4
Aveyron – 12	46	34	7
Tarn et Garonne – 82	45	38	3
Hautes-Pyrénées– 65	44	22	6
Ariège – 09	37	28	6
Lot – 46	32	25	7
Gers – 32	31	21	6

**Tableau 1 : Répartition départementale des orthophonistes**

### 8.3.2. Résultats obtenus aux questions

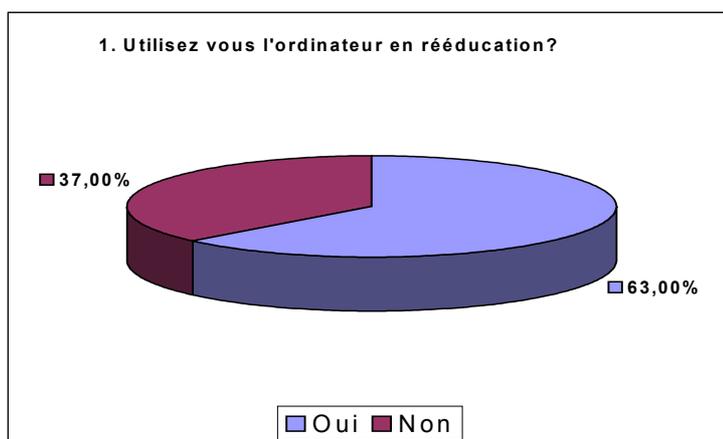
Les résultats aux questions posées sont répertoriés dans le tableau suivant. Suite à chacun des résultats, l'intervalle de confiance est mentionné entre parenthèses.

Questions	Résultats sur la population globale interrogée (100 orthophonistes) - fréquence (IC 95%)	Résultats sur la population concernée (IC 95%)
1- Utilisation de l'informatique en rééducation	Oui : <b>63%</b> (53% - 72%)	
2- Utilisation de logiciel d'évaluation de la voix		Non : 58/ 63 = <b>92%</b> (82% - 97%)
3- Utilisation de logiciel de rééducation de la voix		Non : 57/63 = <b>90%</b> (80% - 96%)
4-Estimation de la fréquence de rééducations vocales	<ul style="list-style-type: none"> <li>- aucune : <b>1%</b> (0.03% - 5.5%)</li> <li>- peu : <b>47%</b> (37%- 57%)</li> <li>- régulièrement : <b>47%</b> (37% - 57%)</li> <li>- beaucoup : <b>5%</b> (1.6% - 11.3%)</li> </ul>	
5-Intérêt pour un logiciel d'aide à l'évaluation et à la rééducation de la voix		<ul style="list-style-type: none"> <li>- pas du tout : 22/91 = <b>24%</b> (16% - 34%)</li> <li>- ne sais pas : 17/91 = <b>18%</b> (11% - 28%)</li> <li>- assez : 41/91 = <b>45%</b> (35% - 56%)</li> <li>- beaucoup : 11/91 = <b>13%</b> ( 6% - 21%)</li> </ul>
6-Attentes vis-à-vis d'un logiciel d'évaluation et de rééducation de la voix	<ul style="list-style-type: none"> <li>- objectivation fiable : <b>74%</b> (64% - 82%)</li> <li>- médiateur : <b>20%</b> (13% - 29%)</li> <li>- support motivant : <b>49%</b> (39% - 59%)</li> <li>- autre : <b>13%</b> (7% - 21%)</li> </ul>	

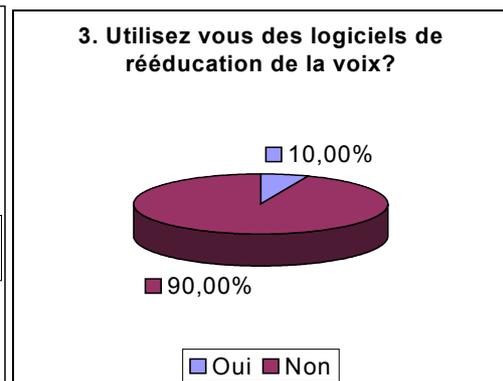
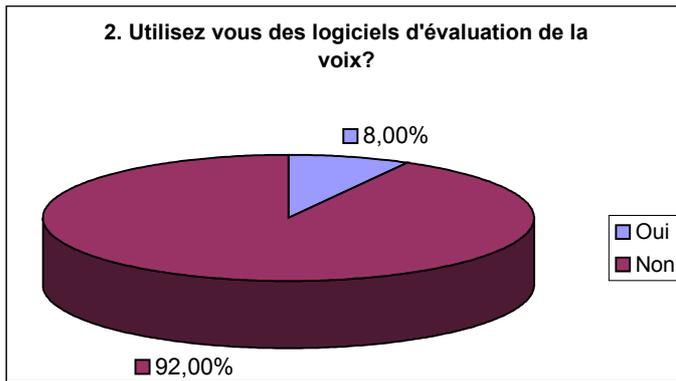
7-Besoin d'un outil permettant de visualiser les paramètres vocaux en temps réel en pratique	<ul style="list-style-type: none"> <li>- non : <b>18%</b> (11% - 27%)</li> <li>- peut-être: <b>30%</b> (21%-40%)</li> <li>- oui : <b>51%</b> (41% - 61%)</li> <li>- ne se prononce pas : <b>1%</b> (0.03 - 5.5%)</li> </ul>	
8- Raison de la non utilisation d'un logiciel de voix		<ul style="list-style-type: none"> <li>- trop cher : 37/91 = <b>41%</b> (30% - 51%)</li> <li>- trop complexe : 9/91 = <b>10%</b> (5% - 18%)</li> <li>- inutile : 11/91 = <b>13%</b> (6% - 21%)</li> <li>- nuit à la relation : 9/91 = <b>10%</b> (5% - 18%)</li> <li>- n'en connaît pas : 48/91 = <b>53%</b> (42% - 63%)</li> </ul>

**Tableau 2: Réponses obtenues lors de l'enquête**

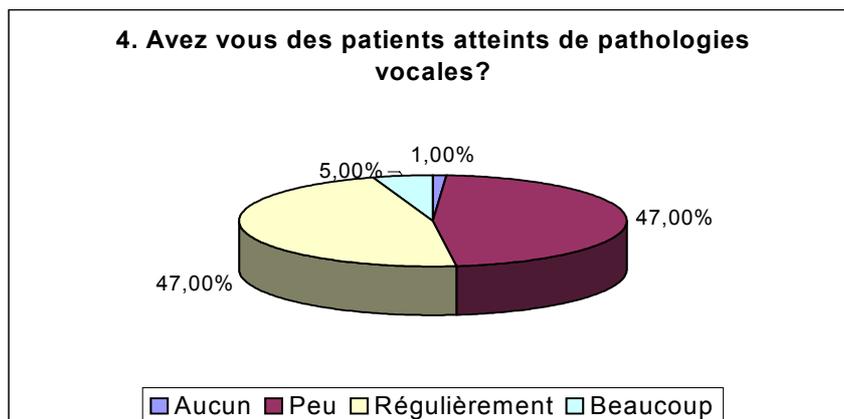
Nous allons maintenant reprendre ces résultats en les accompagnant des commentaires donnés par les orthophonistes.



63% utilisent l'ordinateur en rééducation, surtout avec les enfants. Les pathologies concernées sont essentiellement les pathologies du langage écrit, les retards de parole et de langage. Les orthophonistes qui l'utilisent travaillent essentiellement l'écrit, la discrimination visuelle et auditive, ainsi que les fonctions cognitives telles que l'attention, la mémoire ou encore les repères spatio-temporels. L'ordinateur est surtout utilisé pour son aspect ludique, la motivation qu'il insuffle aux enfants est maintenant reconnue par tous. Il offre d'autre part un support interactif et varié appréciable notamment pour des exercices particuliers difficilement réalisables en support papier (lecture flash par exemple). Les autres orthophonistes interrogés utilisent l'ordinateur pour la télétransmission seulement, ou ne sont pas équipés.

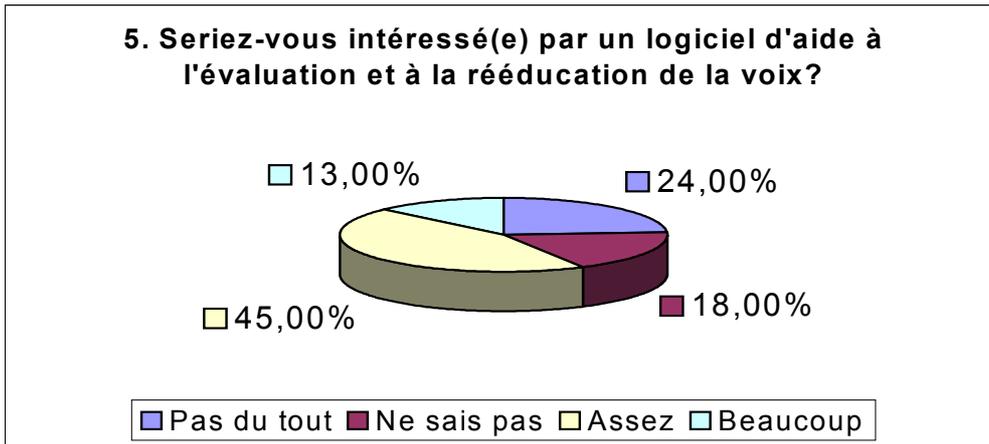


Parmi les utilisateurs de l'informatique en rééducation, rares sont ceux qui utilisent actuellement des logiciels d'évaluation (8%) et de rééducation (10%) de la voix. Les logiciels cités sont Dr Speech, Speech Viewer et Vocalab. Certains les ont essayés mais rapidement abandonnés du fait de la complexité d'utilisation, ou parce qu'ils les jugeaient inadaptés à la pratique en libéral. D'autres ne les ont utilisés qu'en milieu hospitalier et en centre de rééducation.



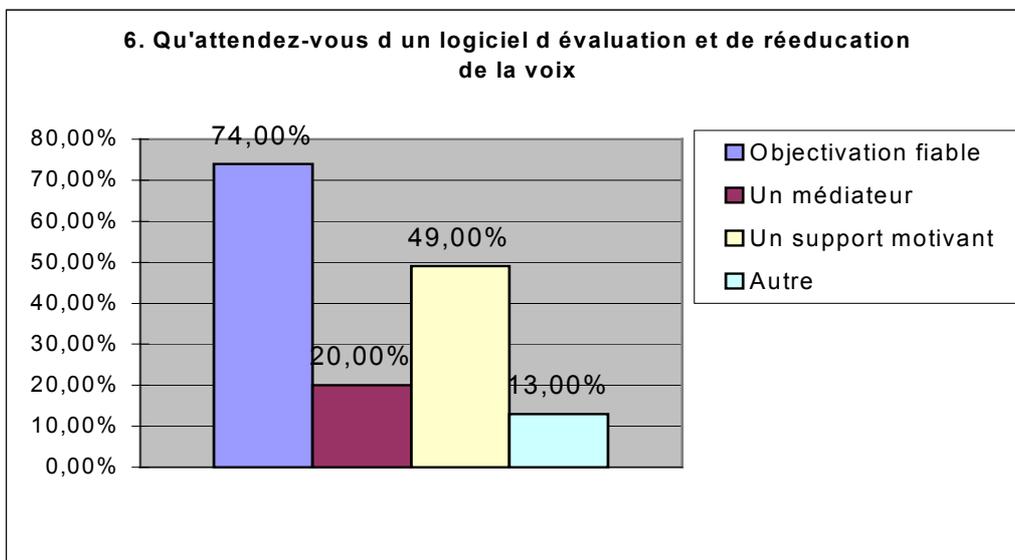
52% d'entre eux ont régulièrement voire beaucoup de patients qui sont pris en charge pour une pathologie de la voix. Pour la majorité cependant, les orthophonistes interrogés jugent avoir trop peu de patients ayant un trouble de la voix en rééducation pour s'être interrogés sur la nécessité d'acquérir ce type de logiciels. Plusieurs avouent ne pas s'intéresser assez à la voix pour penser investir dans ce domaine.

**5. Seriez-vous intéressé(e) par un logiciel d'aide à l'évaluation et à la rééducation de la voix?**



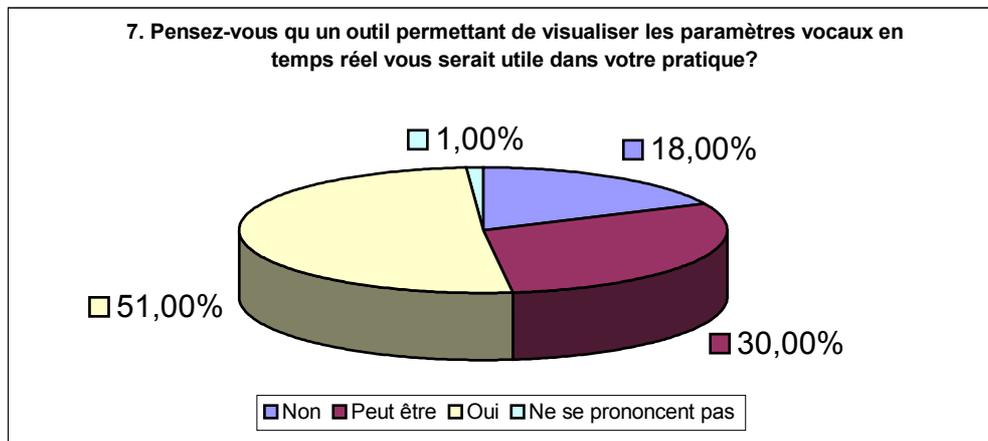
58% seraient pourtant intéressés par un logiciel d'aide à l'évaluation et la rééducation de la voix. Les orthophonistes interrogés ont manifesté de la curiosité pour un tel logiciel, avec un intérêt plus particulier cependant pour une utilisation en bilan comme support et pour la rééducation avec les enfants, plus difficiles à motiver. 18% ne se prononcent pas, ne s'étant pas penchés sur la question du fait du peu de cas de voix qu'ils ont ou du manque actuel d'équipement informatique. Les 24% d'orthophonistes réfractaires à l'utilisation du logiciel de voix préfèrent axer leur rééducation sur une approche plus corporelle et « humaine ».

**6. Qu'attendez-vous d'un logiciel d'évaluation et de rééducation de la voix**

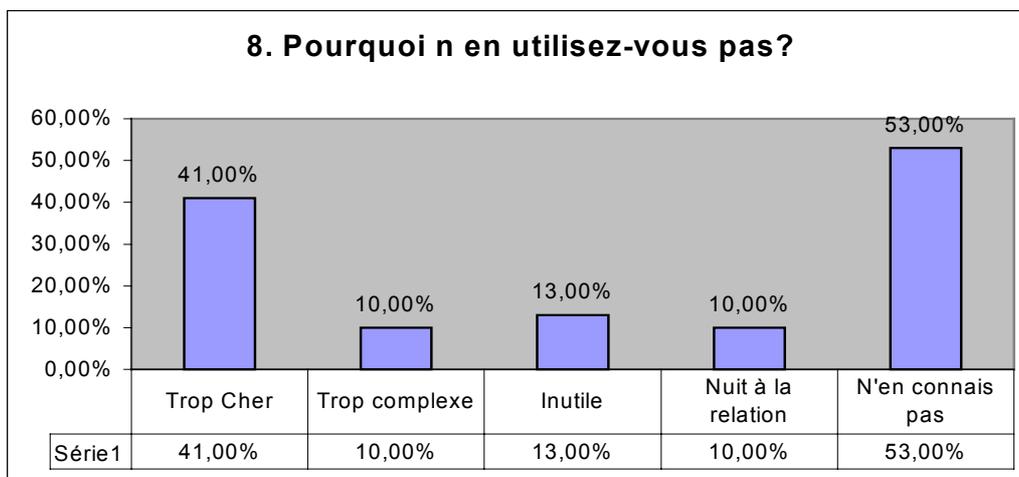


Les attentes retenues quant à l'utilisation d'un logiciel d'évaluation et de rééducation de voix sont avant tout une objectivation fiable (74%), puis un support motivant (49%), enfin un médiateur dans la relation orthophoniste/ patient et patient/ pathologie (20%). La possibilité de comparer les performances entre le bilan initial et

différents moments de la rééducation intéressent particulièrement les orthophonistes, l'objectivation de l'évolution leur semblant motivante pour le patient. Un certain nombre n'en attend cependant rien, faisant confiance à leur oreille et à leur jugement clinique basé sur leur expérience.



81% des orthophonistes interrogés seraient intéressés par un logiciel permettant de visualiser les paramètres vocaux en temps réel. Des réserves sont cependant émises quant à la présentation, la fiabilité technique et la complexité d'utilisation. Certains ajoutent qu'un tel outil peut se révéler utile pour des patients qui recherchent cette technique, cette objectivation, du fait de leur exigence vocale (pour les chanteurs particulièrement), mais qu'il ne serait pas nécessaire de le proposer au tout venant. D'autres ne se sont pas prononcés, par manque d'informations sur le produit ou ayant des difficultés à en cerner les fonctionnalités.



La non utilisation de logiciels dans le domaine de la voix vient en grande partie du fait de la méconnaissance de l'existence de tels produits (53%) ainsi que du prix prohibitif des logiciels de voix existant (41%). En effet, peu d'orthophonistes parmi ceux interrogés connaissent ce type de logiciel, mais beaucoup savent ou supposent qu'il est coûteux. La complexité de ces logiciels est aussi un frein à son acquisition (10%). Fréquemment, on remarque que le nombre de rééducations de voix pratiquées ne justifiait pas l'achat d'un tel logiciel, ni à prendre le temps de se former à son emploi. On reproche aussi à ce genre de logiciels d'être trop limité dans leur utilisation courante. Certains (10%) les trouvent inutiles, voire nuisibles à la relation patient/thérapeute. La rééducation de la voix est en effet souvent abordée comme un travail personnel du patient où l'orthophoniste ne serait qu'un guide. L'ordinateur est alors vécu - par l'orthophoniste - comme une intrusion et un danger pour l'appropriation kinesthésique des perceptions, le logiciel risquant de créer une focalisation sur l'image externe de la voix. De nombreux orthophonistes encore ne sont pas équipés en informatique et donc ne s'intéressent pas aux logiciels, étant mal à l'aise avec l'outil en lui-même.

## **8.4. Discussion**

### **8.4.1. Autocritique de la méthode et de la portée du questionnaire**

Le choix des orthophonistes s'étant fait en partie parmi les enseignants et les maîtres de stage et le nombre des interrogés s'étant limité à 100, la population ayant répondu au questionnaire n'est que peu représentative de la région. L'étude se base de plus sur trop peu de réponses pour avoir une réelle portée objective sur la région, mais elle permet cependant d'avoir une idée générale.

On notera l'échec de l'envoi par courrier électronique, sans savoir s'il faut le corréler aux non-réponses que l'on retrouve souvent avec les auto-questionnaires, ou si c'est le mode de réponse mal connu et inhabituel qui a dérouté les orthophonistes contactés.

Par contre, il est intéressant de noter que l'interview par téléphone a été accueillie favorablement. Aucun refus n'a été essuyé. Cela a permis en outre d'éclairer les orthophonistes sur les questions et les possibilités de réponses pour s'assurer une compréhension des questions uniformes. Ce mode de contact direct a donc permis d'obtenir des réponses rapides et sûres.

### **8.4.2. Commentaires des résultats**

L'utilisation de l'informatique en rééducation orthophonique se développe, mais reste surtout dans le domaine du langage écrit et oral, et proposée quasi exclusivement à un public d'enfants. Peu d'orthophonistes sont équipés actuellement en logiciels d'évaluation et de rééducation de voix car une majorité méconnaît voire ignore l'existence de tels logiciels, leurs fonctions et leurs intérêts réels. Ceux qui les utilisent ou ceux qui en ont « entendu parler » leur reprochent un prix excessif, et le faible pourcentage de patients rééduqués pour la voix incite peu à un investissement aussi lourd par rapport au matériel et au temps de formation nécessaires.

La demande pourtant semble réelle. Beaucoup seraient vivement intéressés par une aide à l'évaluation et à la rééducation des pathologies vocales, ainsi que par l'utilisation de la visualisation spectrale de la voix et des paramètres vocaux en temps réel. En effet, les bilans et les techniques de rééducations actuellement les plus utilisés sont jugés par un grand nombre de thérapeutes trop empiriques. Les attentes sont essentiellement centrées sur le besoin d'une objectivation fiable et d'un support motivant même si l'aspect ludique que revêt l'ordinateur pour plusieurs orthophonistes leur paraît plus adapté aux enfants. Une minorité seulement parmi ceux interrogés ne voit pas l'intérêt de l'utilisation de logiciels dans leur rééducation de voix.

Ainsi, par rapport aux résultats obtenus en 1999 par S. Delmas, on note une évolution encourageante. En effet, si on retrouve un fort taux d'orthophonistes qui méconnaissent l'existence de tels logiciels, s'il reste des réticences du fait du prix et de la complexité, il semble que les orthophonistes de la région soient plus sensibilisés et intéressés en théorie par leur utilisation en rééducation vocale. Le plus faible taux d'informatisation en rééducation obtenu (ce taux s'élevait à 83% en 1999, alors qu'il atteint statistiquement pas plus de 72% en 2002) est à corréliser avec le nombre d'orthophonistes interrogées (232 en 1999 contre seulement 100 en 2002). Comme nous ne connaissons pas le taux d'informatisation réel actuel en orthophonie, il est donc difficile de tirer des conclusions à partir de ces chiffres.

Par rapport au mémoire de C. Routier, on note que l'intérêt pour connaître l'analyse spectrale est toujours observé chez les non-utilisateurs, mais qu'il ne s'accompagne pas nécessairement d'une envie d'acquérir le matériel.

## **8.5. Conclusion**

En conclusion, à l'heure où les orthophonistes sont de plus en plus confrontés à une demande de résultats chiffrés en bilan, on peut signaler le manque d'information, ainsi que le manque de logiciels de voix adaptés à une pratique en libéral sur le marché. L'ordinateur est de plus en plus présent en rééducation orthophonique et les demandes sont de plus en plus précises. Les orthophonistes ressentent le besoin de s'appuyer sur une objectivation fiable dans un domaine où il est souvent difficile de quantifier précisément les troubles.

## **9. Enquête auprès des orthophonistes :**

### **« utilisation du logiciel et ressenti des orthophonistes »**

#### **9.1. Introduction**

Le but de ce deuxième questionnaire est de cerner l'utilisation des logiciels de voix par les orthophonistes exerçant en cabinet libéral, ainsi que d'analyser leur ressenti, l'intérêt et les limites que l'utilisation d'un tel outil leur inspire en rééducation de dysphonies dysfonctionnelles.

Suite à un questionnaire soumis à 175 orthophonistes en libéral de la région Nord-Pas de Calais, C.Routier [ROUTIER-93] concluait que l'analyse spectrale était une aide appréciable lors du bilan vocal, pour distinguer les problèmes de hauteur et de placement vocal des troubles du timbre. L'analyse spectrale permettait d'établir un projet thérapeutique adapté en quantifiant et qualifiant les paramètres vocaux. Lors de la prise en charge, elle se révélait utile pour guider la rééducation, apprécier la normalisation de la voix, et faire visualiser au patient les progrès réalisés. C.Routier terminait en disant que l'analyse spectrale devait devenir de plus en plus courante, et que l'on observait un développement des logiciels en ce sens.

Une étude similaire a été conduite par D.Sliwa [SLIWA-96] auprès de 13 orthophonistes en milieu hospitalier et 2 orthophonistes en milieu libéral, utilisant des logiciels de voix. Les résultats ne sont pas significatifs du fait du peu de réponses, mais on notera pour information que le logiciel le plus répandu était Speech Viewer II. Les orthophonistes en libéral l'utilisaient majoritairement pour des dysphonies dysfonctionnelles, mais aussi dans une moindre mesure, pour les dysarthries, les bégaiements et les dyslalies. La totalité des orthophonistes interrogés considérait que le patient comprenait mieux son trouble en le « voyant » de façon objective. Ils déclaraient que le logiciel était une aide à la réalisation des exercices, grâce à la visualisation des propres productions du patient, du but à atteindre ou de la mise en corrélation des deux. L'efficacité du traitement s'en trouvait alors accrue. L'emploi de l'outil informatique ne

semblait cependant pas faire varier la durée de la prise en charge. Cette étude concluait que l'utilisation de l'informatique avait un réel impact sur la prise en charge, qui devenait plus diversifiée et plus objective, grâce à la quantification des troubles et des résultats. Quelques remarques étaient cependant formulées : l'objectivité des résultats nécessitait néanmoins l'interprétation du thérapeute, et l'utilisation de la visualisation complétait la prise en charge classique de manière agréable mais non indispensable. Par rapport aux patients, les orthophonistes en libéral interrogés relevaient qu'ils se montraient surtout curieux, flattés et rassurés, jamais inquiets face au logiciel.

Le présent questionnaire s'adresse aux orthophonistes qui possèdent et utilisent un logiciel de voix en rééducation de dysphonie dysfonctionnelle. Nous retiendrons les orthophonistes exerçant en libéral au plan national car une sélection régionale ne permettait pas d'obtenir suffisamment de réponses pour avoir une idée générale sur notre sujet d'étude.

## **9.2. Matériels et méthodes**

### **9.2.1. Attentes du questionnaire**

Ce questionnaire a été conçu pour nous permettre de répondre à plusieurs interrogations. Tout d'abord, nous avons voulu connaître les motivations d'achat d'un logiciel pour la voix. Puis, nous nous sommes intéressées à son utilisation générale. Enfin, les questions ont ciblé le ressenti des orthophonistes quant à leur utilisation du logiciel en rééducation, leurs impressions concernant l'outil en lui-même, ce qu'ils en retiraient et enfin, leur avis sur l'apport du logiciel au patient.

### **9.2.2. Mode de recueil**

Comme le premier questionnaire n'avait pas permis de recenser un nombre suffisant d'orthophonistes possédant un logiciel pour la voix, la majorité des contacts s'est effectuée grâce aux listings fournis par la société Gérip, qui commercialise actuellement les logiciels Speech Viewer III et Vocalab 2. Les orthophonistes ont été pour la plupart joints par téléphone, afin d'établir une relation directe et d'obtenir plus efficacement leurs réponses. Le choix leur était ensuite proposé de répondre au questionnaire lors d'un entretien téléphonique convenu ensemble, ou de recevoir le

questionnaire par courrier électronique. Les orthophonistes présents à la formation « Vocalab 2 » le 15 février 2003 à Toulouse se sont aussi vus proposer le questionnaire.

170 orthophonistes sur toute la France ont été contactés:

- 48 orthophonistes ont été appelés d'après le listing des acquéreurs de Speech Viewer III (fourni par la société Gérip) ;
- 104 orthophonistes ont été appelés d'après le listing des acquéreurs de Vocalab2 (fourni par la société Gérip) ;
- 13 orthophonistes ont reçus directement le questionnaire lors de la formation Vocalab, menée sur Toulouse le 15 février 2003 ;
- 5 orthophonistes, maîtres de stage et professeurs à l'école d'Orthophonie de Toulouse, ont aussi été contactés directement.

### **9.3. Résultats**

56 orthophonistes ont répondu au questionnaire entre janvier et mars 2003. Parmi eux, 35 orthophonistes ont répondu par mail ou par courrier, 21 orthophonistes ont répondu lors d'un entretien téléphonique.

25 orthophonistes n'ont pas voulu répondre au questionnaire. Parmi eux, 15 n'avaient jamais utilisé leur logiciel (Vocalab), le plus souvent pour des problèmes de matériel (mauvaise configuration ou manque de puissance de l'ordinateur, microphone inadapté...). 10 (6 possédant Vocalab, 4 possédant Speech Viewer III) ne l'utilisaient pas pour la rééducation vocale mais plutôt pour la parole et l'articulation, d'autres par manque de temps. Enfin, 2 orthophonistes, ayant acquis Vocalab récemment, jugeaient n'avoir pas assez de recul par rapport à leur utilisation du logiciel pour répondre aux questions.

Voici les résultats obtenus aux différentes questions, accompagnés des commentaires des orthophonistes.

#### **9.3.1. Motivations de l'achat d'un logiciel**

**1- Combien avez-vous eu de patients présentant une dysphonie dysfonctionnelle en rééducation au cours de cette année ?**

Nombre de personnes ayant répondu :	<b>55</b>	Ce qui représente	<b>98%</b>	des sondés
Nombre de personnes n'ayant pas répondu :	<b>1</b>	Ce qui représente	<b>2%</b>	des sondés

Réponses	N'a pas répondu	Moins de 5	entre 5 et 10	entre 10 et 20	Plus de 20
pourcentage	2%	34%	30%	23%	11%

La majorité des orthophonistes interrogés (64%) suivent ou ont suivi en rééducation au cours de l'année 2002-2003 moins de 10 patients présentant une dysphonie dysfonctionnelle. Ce pourcentage passe à 23% pour les orthophonistes qui prennent en charge entre 10 et 20 patients présentant cette pathologie. Seulement 11% des orthophonistes interrogés voient plus de 20 patients en rééducation vocale par an.

**2- Quel(s) logiciel(s) utilisez-vous/ avez vous acheté ?**

Nombre de personnes ayant répondu :	<b>56</b>	Ce qui représente	<b>100%</b>	des sondés
Nombre de personnes n'ayant pas répondu :	<b>0</b>	Ce qui représente	<b>0%</b>	des sondés
Nombre de personnes ayant plus d'un logiciel :	<b>10</b>	Ce qui représente	<b>18%</b>	des sondés

Réponses	N'a pas répondu	Vocalab	Speech Viewer	Dr Speech	Autre
pourcentage	0%	80%	32%	5%	13%

Les orthophonistes interrogés sont majoritairement équipés avec le logiciel Vocalab 2 (80%). 32% ont acheté le logiciel Speech Viewer III, et 5% possèdent Dr Speech. Outre ces trois logiciels, certains orthophonistes possèdent : Praat, disponible en freeware sur internet ; Sesane ; Phonédit ; Kay CSL ; Signalyse d'E.Keller ; Phonoprint, logiciel de bilan de F.Le Huche et A.Allali. Parmi les logiciels non spécifiques à la voix mais utilisés en rééducation vocale, ont aussi été cités : Sons et images, chez Hop Toys et le CD d'anatomie du corps humain, chez Nathan.

On remarque que 18% des sondés possèdent plus d'un logiciel pour la voix. L'achat de plusieurs logiciels concernent des orthophonistes qui suivent généralement plus de 10 patients en rééducation de voix cette année (6 orthophonistes sur les 10 orthophonistes qui possèdent plusieurs logiciels).

Les motivations de ces achats sont multiples. Parmi les commentaires des orthophonistes, on retrouve trois raisons principales. Tout d'abord, l'orthophoniste s'est bien approprié un premier logiciel pour la voix et en achète un autre plus performant ou

plus ciblé. C'est le cas de ceux qui possèdent un logiciel très spécifique à l'analyse vocale et un logiciel plus axé sur la rééducation. Pour d'autres, l'achat d'un premier logiciel s'est fait pour répondre à un besoin ou une envie du moment, mais ce logiciel se révélant trop complexe ou inadapté, un second est acquis. Enfin, certains orthophonistes se laissent tenter par la curiosité, l'envie d'essayer un nouveau matériel.

### 3- Pourquoi avez-vous choisi un logiciel pour la voix?

Nombre de personnes ayant répondu :	56	Ce qui représente	100%	des sondés
Nombre de personnes n'ayant pas répondu :	0	Ce qui représente	0%	des sondés

Réponses	N'a pas répondu	Pour l'analyse objective	pour disposer d'un médiateur	pour disposer d'un support en bilan	pour disposer d'un support rééducatif
pourcentage	0%	79%	29%	57%	66%

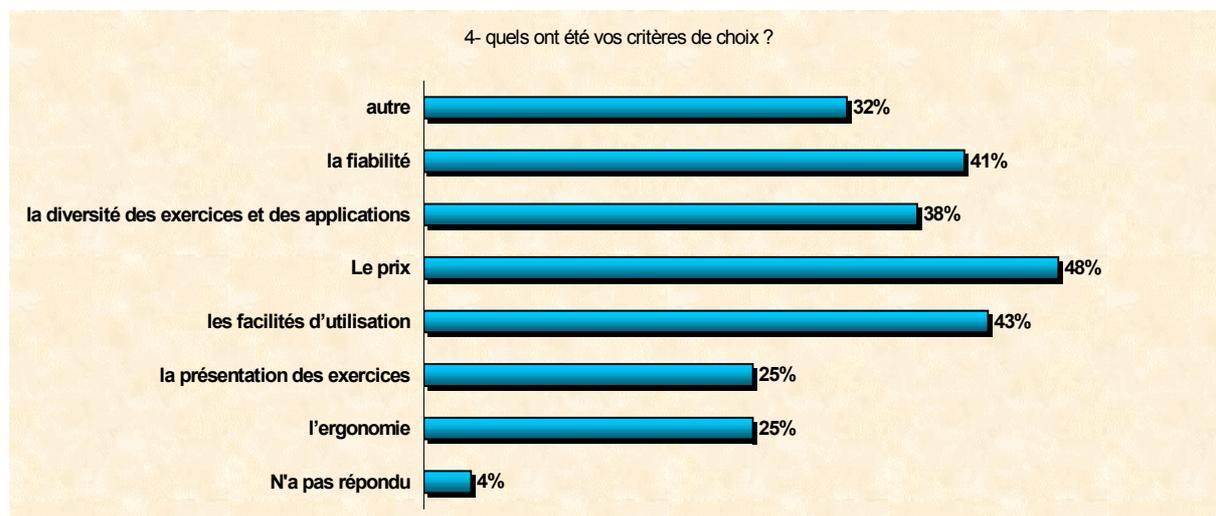
	pour disposer d'un outil de comparaison de bilans	pour donner des modèles en rééducation	pour expliquer les paramètres vocaux au patient	autre
	30%	48%	80%	27%

L'achat d'un logiciel pour la voix reste essentiellement motivé par le besoin d'avoir un support objectif et explicatif. Pouvoir expliquer les paramètres vocaux au patient (80%) et disposer d'une analyse objective (79%) restent en effet les raisons principales de cette acquisition. Ensuite, le besoin d'avoir un support en rééducation (66%) et en bilan (57%) sont aussi majoritairement rapportés. Les apports spécifiquement liés à l'ordinateur font aussi partie des motivations d'achat : donner un modèle à suivre en rééducation (48%), pouvoir comparer différents bilans pour suivre objectivement l'évolution (30%), et dans une moindre mesure, pouvoir disposer d'un médiateur (29%).

Les autres raisons motivant l'achat d'un logiciel pour la voix concernent :

- la pluridisciplinarité du logiciel (traitement de la voix mais aussi de la parole et de l'articulation),
- la prise de conscience de l'apport d'un feedback visuel pour renforcer le feedback auditif,
- la possibilité de faire découvrir au patient ses capacités vocales, à l'aide d'un retour objectif,
- le pouvoir d'attraction sur les enfants,
- la présence de la médiathèque pour Vocalab 2,

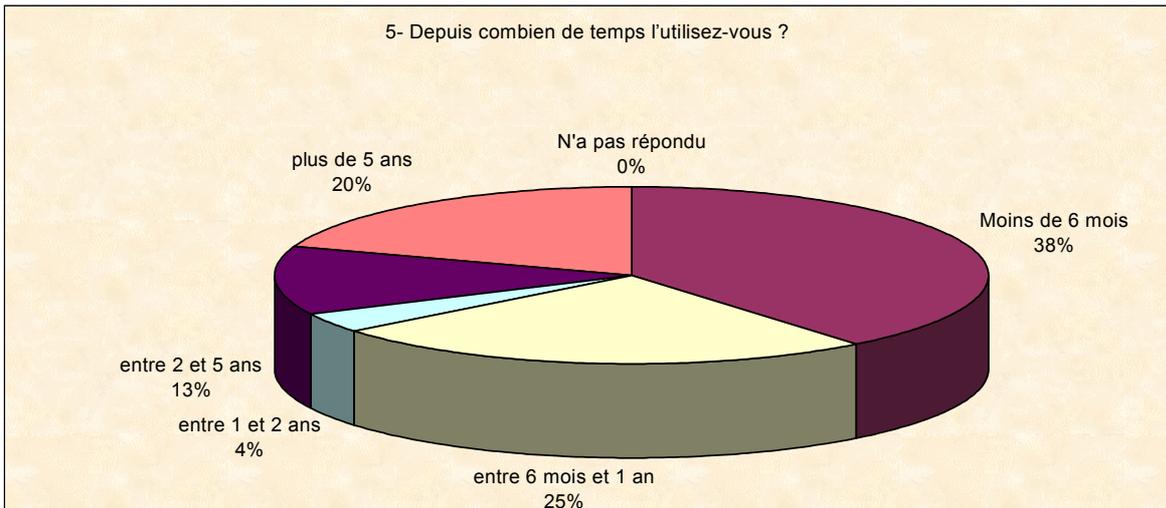
- et enfin, deux orthophonistes interrogés les utilisent aussi pour l'enseignement et la recherche.



Le choix du logiciel se fait essentiellement par rapport au prix (48%) pour Vocalab 2 qui est le moins cher du marché. Pour les autres logiciels, le tarif élevé est subi et ce sont les autres apports du logiciel qui séduisent et le font accepter. La facilité d'utilisation s'est révélée un critère important, puisqu'elle a convaincu 43% des orthophonistes interrogés, ainsi que la diversité des fonctionnalités (37%). Quant à la fiabilité, connue par le bouche à oreille, réputée ou encore espérée, elle a motivé 41% des acheteurs. L'ergonomie et la présentation des exercices n'étaient pas des critères de choix primordiaux en général.

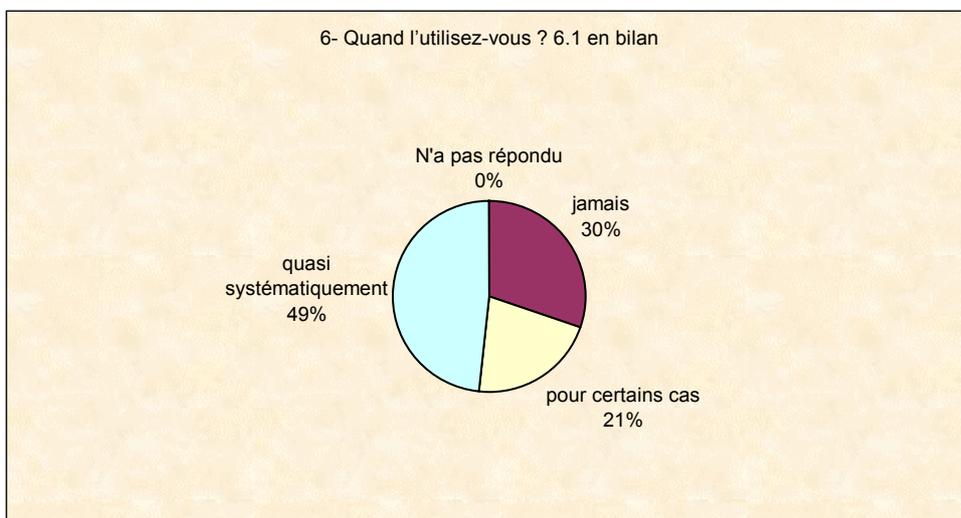
Les autres critères relevés par les orthophonistes ont été, concernant exclusivement l'achat de Vocalab, la curiosité, "le coup de foudre" lors d'une présentation, la découverte. Puis, la notoriété des auteurs, la réputation, le bouche à oreille ont été des facteurs non négligeables dans le choix du logiciel. La rigueur scientifique n'est avancée que pour des logiciels d'analyse comme le Signalyse ou le Kay CSL, mais aussi pour le Dr Speech.

Il faut cependant signaler que la remarque "on prend ce qui existe" est revenue maintes fois, notamment par ceux qui n'ont pas répondu car ils n'ont pas eu l'impression de pouvoir choisir.



La majorité des orthophonistes interrogés ont acquis leur logiciel depuis moins d'un an (64%). Relativement peu d'orthophonistes disposent d'un logiciel pour la voix depuis 1 à 5 ans (17%). 20% des orthophonistes interrogés en possèdent depuis plus de 5 ans.

### 9.3.2. Utilisation générale du logiciel



La majorité des orthophonistes (70%) ayant fait l'acquisition d'un logiciel pour la voix l'utilise en bilan d'évaluation.

Parmi les orthophonistes qui n'utilisent pas l'ordinateur en bilan, la volonté de faire de ce moment un contact privilégié, direct et humain est souvent avancée. Dans ce

contexte de prise de contact avec le patient, les orthophonistes disent vouloir mettre tout d'abord l'accent sur le relationnel et non les confronter directement à un ordinateur.

Ensuite, la mise en route laborieuse pour certains, le manque de maîtrise de l'outil, et le fonctionnement de la machine ressenti comme aléatoire représentent aussi des obstacles à une utilisation en bilan. En effet, le manque de formation par rapport à l'outil reste l'une des causes principales à son emploi restreint.

Le manque de confiance en la fiabilité et la reproductibilité des résultats, l'insuffisance de temps en séance d'évaluation, la préférence pour des épreuves de bilan plus habituelles, ont aussi été cités.

Point particulier à Speech Viewer 3, les orthophonistes possédant ce logiciel le jugent inadapté à une utilisation en évaluation. Son paramétrage serait complexe et lourd à gérer.

Enfin, 3 orthophonistes n'avaient pas effectué de bilan vocal depuis l'achat du logiciel.

#### 6- Quand l'utilisez-vous ? 6.1 en bilan, pour différentes raisons :

Nombre de personnes <b>NON concernées</b> par la question:	17	Ce qui représente	<b>30%</b>	des sondés
Nombre de personnes concernées par la question:	39	Ce qui représente	<b>70%</b>	des sondés

réponses	objectiver les paramètres vocaux	autre
<b>pourcentage</b>	87%	23%

Réponses / pourcentages concernées	pour permettre au patient de visualiser les caractères pathologiques de sa voix	pour avoir une image de référence en vue d'une comparaison ultérieure
<b>n'a pas répondu</b>	0%	3%
<b>jamais</b>	13%	28%
<b>rarement</b>	5%	5%
<b>souvent</b>	38%	26%
<b>toujours</b>	44%	38%

Les orthophonistes qui utilisent leur logiciel comme aide à la passation du bilan, s'en servent tout d'abord pour objectiver les paramètres vocaux (87%). Cependant, on

observe une disparité entre les différents paramètres. En effet, 88% des orthophonistes utilisent le logiciel pour objectiver la hauteur de la voix et l'étendue vocale. Ensuite, 79% mesurent avec l'outil informatique le temps maximum phonatoire. Ceux qui n'utilisent pas cette fonctionnalité en bilan le justifient par l'utilisation plus simple d'un chronomètre. En ce qui concerne Vocalab, deux orthophonistes ne l'utilisent pas car, pour eux, la présence d'un bonhomme sur l'écran fausse les résultats car motive le patient. Puis, 62% évaluent le timbre. Enfin, l'intensité est mesurée par 56% des orthophonistes interrogés.

Une orthophoniste, qui dispose de logiciels spécifiques, ajoute à ces différents paramètres l'objectivation du singing formant (formant du chanteur), du vibrato, des transitions formantiques...

Pour la majorité des orthophonistes concernés (82%), le logiciel leur sert aussi principalement à permettre au patient de visualiser les caractères pathologiques, et non pathologiques, de sa voix. Ces orthophonistes trouvent la visualisation sur l'ordinateur plus convaincante que des explications orales ou à l'aide de schémas. Cela permet en outre de convaincre parfois le patient de tel ou tel élément pathologique. Certaines réserves ont cependant été émises. En effet, pour certains orthophonistes interrogés, le patient n'a pas toujours besoin d'explications techniques sur son trouble, ou ne se sent pas intéressé.

Quant à l'utilisation des capacités de l'ordinateur pour conserver une image du bilan en vue d'une comparaison ultérieure, elle n'est systématique que pour 39% des orthophonistes interrogés. Plusieurs orthophonistes ont remarqué avoir des difficultés pour fixer et sauvegarder les résultats obtenus. D'autres l'envisagent mais n'ont pas eu encore le temps de s'y pencher.

Les réflexions complémentaires concernent essentiellement les avantages que peuvent apporter l'emploi d'un ordinateur par rapport à un simple magnétophone. Il s'agit du feedback sur les aspects pathologiques plus prégnant qu'une simple écoute, mais aussi de l'illustration plus concrète du discours explicatif de l'orthophoniste à l'aide des données du logiciel et des vidéos de la médiathèque de Vocalab. Par rapport au déroulement du bilan, l'introduction d'un aspect ludique a aussi été mentionné. Enfin, un orthophoniste dit s'appuyer sur ce bilan objectif pour débiter un contrat rééducatif. Un autre apprécie le fait de pouvoir transmettre au médecin des résultats objectifs dans son compte-rendu de bilan. Pour un troisième, PhoniPrint permet de matérialiser et de systématiser l'anamnèse.

Plusieurs personnes ont cependant pondéré leur utilisation des données du logiciel en relevant le fait de devoir toujours reprendre avec le patient les différents résultats et de les relativiser. Le manque de formation et de pratique reste encore un obstacle majeur à une utilisation optimale de l'outil.

#### 6- Quand l'utilisez-vous ? 6.2 en rééducation

Nombre de personnes ayant répondu :	<b>56</b>	Ce qui représente	<b>100%</b>	des sondés
Nombre de personnes n'ayant <b>pas</b> répondu :	0	Ce qui représente	<b>0%</b>	des sondés

Réponses	n'a pas répondu	jamais	pour certains cas	quasi systématiquement
<b>pourcentage</b>	0%	18%	57%	25%

La majorité des orthophonistes ayant fait l'acquisition d'un logiciel l'utilise en rééducation (82%).

#### 6- Quand l'utilisez-vous ? 6.2 En rééducation jamais. Pourquoi?

Nombre de personnes <b>NON concernées</b> par la question:	<b>46</b>	Ce qui représente	<b>82%</b>	des sondés
Nombre de personnes concernées par la question:	10	Ce qui représente	<b>18%</b>	des sondés

Réponses	n'a pas répondu	inutile	mal à l'aise avec l'informatique	l'informatique nuit à la relation patient/ thérapeute
<b>pourcentage des personnes concernées</b>	10%	20%	30%	0%

outil trop complexe à utiliser	outil peu adapté à la rééducation	par manque de formation	autre
20%	40%	90%	60%

Parmi les 10 orthophonistes qui n'utilisent pas leur logiciel en rééducation de voix, le manque de formation en est la cause principale (90%), voire exclusive pour 30% d'entre eux. Ensuite, 40% le trouvent inadapté à la rééducation vocale. La nécessité de faire prendre conscience au patient de ses sensations proprioceptives et de travailler sur le corps demeure, pour ces orthophonistes, incompatible avec l'utilisation de l'ordinateur en rééducation. Un orthophoniste pense que l'utilisation de repères visuels peut empêcher l'auto-écoute, et la prise de repères corporels personnels. La visualisation pourrait aussi induire une focalisation sur la représentation graphique et non sur le geste en lui-même.

La relation de l'orthophoniste à l'ordinateur joue aussi une part importante dans la non-utilisation du logiciel. 30% des 10 orthophonistes concernés avouent être mal à l'aise avec l'informatique, et 20% jugent l'outil trop complexe à utiliser.

Seulement 20% des orthophonistes qui ont acheté un logiciel le trouvent inutile en rééducation vocale. Mais personne n'a relevé que l'informatique pouvait nuire à la relation patient/ thérapeute.

Dans les commentaires annexes, on retrouve le manque de temps pour s'approprier et se former à l'outil, mais aussi en séance pour lancer le logiciel et s'en servir. Certains jugent les exercices décevants, peu précis et ne répondant pas à leurs attentes.

#### 6- Quand l'utilisez-vous ? 6.2 Oui, en rééducation, à quel moment?

Nombre de personnes <b>NON concernées</b> par la question:	10	Ce qui représente	18%	des sondés
Nombre de personnes concernées par la question:	46	Ce qui représente	82%	des sondés

Réponses	n'a pas répondu	En début de rééducation	En milieu	En fin
pourcentage des personnes concernées	9%	54%	70%	67%

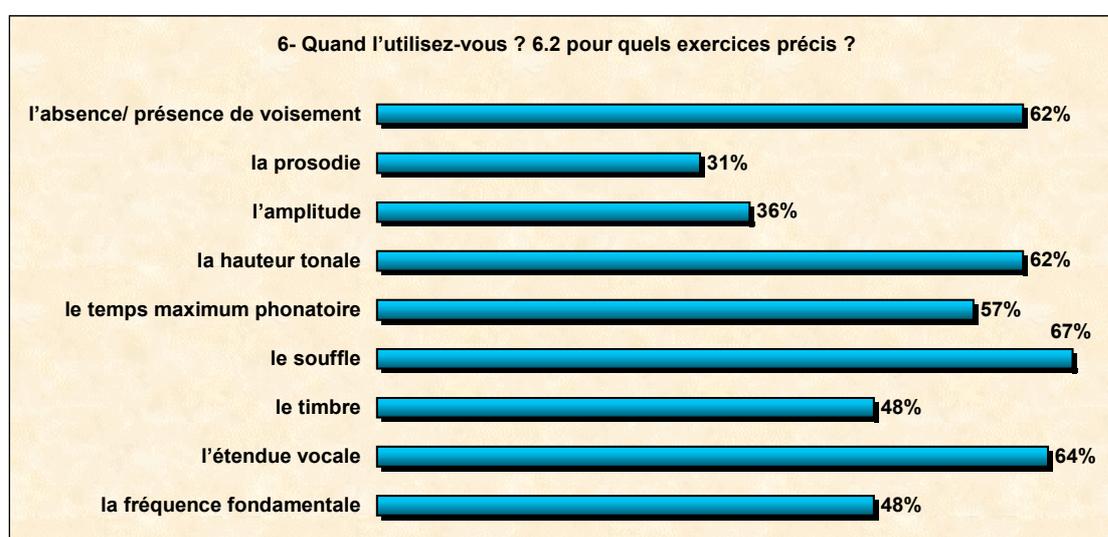
Le logiciel est essentiellement utilisé en milieu (70%) et fin (68%) de rééducation. Il est un peu moins exploité en début de prise en charge (60%). Le moment importe souvent peu pour les orthophonistes qui considèrent le logiciel comme un support et une aide à leur pratique. Ils l'utilisent quand ils sentent que cela peut apporter un plus à leur approche habituelle et au patient. Ils insistent souvent d'ailleurs sur le fait que l'emploi du logiciel n'est pas systématique à chaque séance. Le logiciel est plus souvent considéré comme une aide ponctuelle pour répondre à des demandes précises, plutôt qu'une base de travail. L'utilisation du logiciel se fait essentiellement pour certains orthophonistes après avoir choisi un paramètre précis et l'avoir expliqué.

Le début de la prise en charge est consacré, pour tous les orthophonistes ne l'utilisant pas à ce moment de la rééducation, à un travail sur le comportement vocal, la relaxation, la posture, la mise en place de la respiration. Cette phase de prise de conscience doit se faire, pour eux, à un niveau exclusivement proprioceptif où le logiciel n'a pas sa place.

## 6- Quand l'utilisez-vous ? 6.2 Oui, en rééducation

Nombre de personnes <b>NON</b> concernées par la question:	10	Ce qui représente	18%	des sondés
Nombre de personnes concernées par la question:	46	Ce qui représente	82%	des sondés

Réponses	Pour des exercices précis	pour faire comprendre les paramètres de la voix à l'aide du spectre
pourcentage de OUI des personnes concernées	91%	67%
pourcentage de NON des personnes concernées	9%	33%



La grande majorité des orthophonistes (91%) utilise le logiciel pour des exercices précis, qui concernent essentiellement le travail du souffle (67%), de l'étendue vocale (64%), la hauteur tonale (62%) et l'absence/ présence de voisement (62%).

Pour les exercices de souffle, les orthophonistes concernés les trouvent plus prégnants grâce à la visualisation. Elle aiderait la prise de conscience et soutiendrait la motivation des patients, notamment pour les personnes âgées. Il en va de même pour celle de la présence de voisement, qui renforce entre autre le feedback auditif. Une orthophoniste a tenu à signaler qu'elle n'utilisait jamais les exercices de façon identique, afin de ne pas s'enfermer dans une façon de faire, et que chaque fonctionnalité était employée dans un but précis, selon les besoins et la demande de chaque patient.

67% des orthophonistes exploitent aussi le spectre à visée didactique, pour faire comprendre les paramètres vocaux au patient. Parmi ceux qui ne le font pas, certains

remarquent que cela leur est difficile à mettre en évidence, et qu'il n'est pas toujours évident de faire comprendre au patient ces caractéristiques. Deux orthophonistes relèvent que les patients, non professionnels de la voix, s'y intéressent peu ; d'autres plus nombreux ne le proposent qu'aux patients adultes. Une orthophoniste admet se sentir incapable d'expliquer un spectre et ne regarder que la régularité des harmoniques.

#### 6- Quand l'utilisez-vous ? 6.2 pour quelles pathologies dysfonctionnelles

Nombre de personnes <b>NON concernées</b> par la question:	10	Ce qui représente	18%	des sondés
Nombre de personnes concernées par la question:	46	Ce qui représente	82%	des sondés

Réponses	Dysphonie dysfonctionnelle primaire	dysphonie dysfonctionnelle compliquée (nodule, polype...)	dysphonie d'origine psychogène	pathologies du chant
pourcentage de "pas répondu" des personnes concernées	9%	11%	50%	48%
pourcentage de "jamais" des personnes concernées	7%	0%	13%	9%
pourcentage de "rarement" des personnes concernées	11%	7%	13%	4%
pourcentage de "souvent" des personnes concernées	39%	48%	7%	17%
pourcentage de "toujours" des personnes concernées	35%	35%	17%	22%

Les pourcentages des orthophonistes n'ayant pas répondu sont à interpréter comme représentant des orthophonistes n'ayant pas eu cette pathologie à traiter depuis qu'ils utilisent le logiciel. Alors que le pourcentage de personnes ayant répondu « jamais » renvoie à un refus d'utiliser le logiciel dans ce cadre pathologique.

On observe ainsi que l'utilisation de l'ordinateur avec des patients présentant une dysphonie dysfonctionnelle simple (74%) ou compliquée (83%) ne pose en général pas de problème. Par contre, avec les patients présentant une dysphonie psychogène, les orthophonistes semblent plus réticents : 24% l'utilisent souvent ou toujours, contre 26% qui refusent ou le font rarement. On notera que 50% des orthophonistes n'ont pas été confrontés à cette situation et ne se sont pas prononcés à ce sujet. Quant aux pathologies du chant (dysodies), qui peuvent aussi être d'origine dysfonctionnelle, 39% des orthophonistes qui ont traité ces pathologies ont utilisé leur logiciel comme pour toutes les autres pathologies vocales. 13% se sont montrés réticents ou contre. Comme pour les pathologies psychogènes, on remarque que les orthophonistes interrogés ont eu à prendre en charge très peu de patients chanteurs.

## 6- Quand l'utilisez-vous ? 6.2 pour quelle tranche d'âge

Nombre de personnes <b>NON concernées</b> par la question:	<b>10</b>	Ce qui représente	<b>18%</b>	des sondés
Nombre de personnes concernées par la question:	46	Ce qui représente	<b>82%</b>	des sondés
Nombre de personnes concernées par la question n'ayant pas répondu	0	Ce qui représente	<b>0%</b>	des personnes concernées

Réponses	enfants	adultes	personnes âgées
pourcentage de "pas répondu" des personnes concernées	7%	7%	28%
pourcentage de "jamais" des personnes concernées	0%	2%	11%
pourcentage de "rarement" des personnes concernées	11%	9%	22%
pourcentage de "souvent" des personnes concernées	41%	43%	15%
pourcentage de "toujours" des personnes concernées	41%	39%	24%

L'utilisation du logiciel avec les enfants ne pose en général pas de difficulté pour 83% des orthophonistes interrogés. Ils ont d'ailleurs souvent l'impression que les logiciels s'adressent plutôt à cette tranche d'âge, notamment pour Speech Viewer, qui est beaucoup moins utilisé avec les adultes ou les personnes âgées. De plus, de nombreux orthophonistes s'aident du logiciel pour donner un aspect plus attrayant et ludique à la rééducation vocale, celle-ci ne motivant pas toujours les enfants.

L'emploi du logiciel avec les personnes âgées soulèvent plus de commentaires. En effet, les orthophonistes insistent sur les réactions de ces patients, qui parfois se bloquent devant cet outil qu'ils connaissent peu. Le niveau intellectuel, ainsi que les sentiments de valorisation et de plaisir entrent beaucoup en ligne de compte.

Pour les orthophonistes qui utilisent le logiciel quel que soit l'âge des patients, ce critère entre en compte dans le choix des exercices, la manière de les présenter et les buts à atteindre.

### 9.3.3. Utilisation du logiciel en rééducation

#### 7- L'utilisation du logiciel en rééducation vous est-elle facile ?

Nombre de personnes <b>NON</b> concernées par la question:	10	Ce qui représente	<b>18%</b>	des sondés
Nombre de personnes concernées par la question:	46	Ce qui représente	<b>82%</b>	des sondés

Réponses	n'a pas répondu	oui	non
pourcentage des personnes concernées	0%	83%	17%

D'une manière générale, les orthophonistes (83%) ne rencontrent pas de difficultés dans leur utilisation du logiciel. Parmi les orthophonistes qui disposent de plusieurs logiciels, on note différents commentaires selon l'aisance que l'orthophoniste avait avec son plus ancien logiciel. Si l'orthophoniste était formé et habitué à utiliser un premier logiciel, il dit souvent avoir plus de mal avec le second. Si, au contraire, l'usage du premier logiciel posait problème, l'utilisation du second semblait plus facile.

Les orthophonistes, dont l'utilisation du logiciel leur est peu facile (17%) attribuent cette difficulté au manque de pratique et de formation et pour une orthophoniste au dysfonctionnement matériel. La lecture du manuel d'utilisation ou des aides en ligne, ainsi que les formations se sont révélées souvent nécessaires pour une utilisation plus aisée du logiciel.

#### 8- Comment jugez-vous la mise en route du logiciel ? (lancement des exercices, explication au patient...)

Nombre de personnes <b>NON</b> concernées par la question:	10	Ce qui représente	<b>18%</b>	des sondés
Nombre de personnes concernées par la question:	46	Ce qui représente	<b>82%</b>	des sondés

Réponses	n'a pas répondu	rapide	normale	longue	complexe
pourcentage des personnes concernées	0%	28%	54%	15%	4%

Une petite moitié des orthophonistes interrogés (54%) jugent la mise en route du logiciel normale. Seulement 28% la jugent rapide. Comme pour les questions précédentes, les orthophonistes relèvent que la pratique et le temps qu'ils y ont au préalable consacré permettent une mise en route facilitée. Pour Vocalab particulièrement,

la manipulation générale du logiciel est souvent dite simple avec un accès facile aux exercices et une présentation agréable. Un bémol est parfois ajouté selon les fonctionnalités.

Ceux qui jugent la mise en route longue (15%) imputent cette lenteur aux difficultés de paramétrage pour Speech Viewer, au manque de familiarisation avec les subtilités de l'informatique, aux applications parfois peu explicites et au lancement des exercices souvent long.

L'explication des exercices sur ordinateur ne pose aucun souci particulier, ni ne prend plus de temps que pour des exercices plus traditionnels.

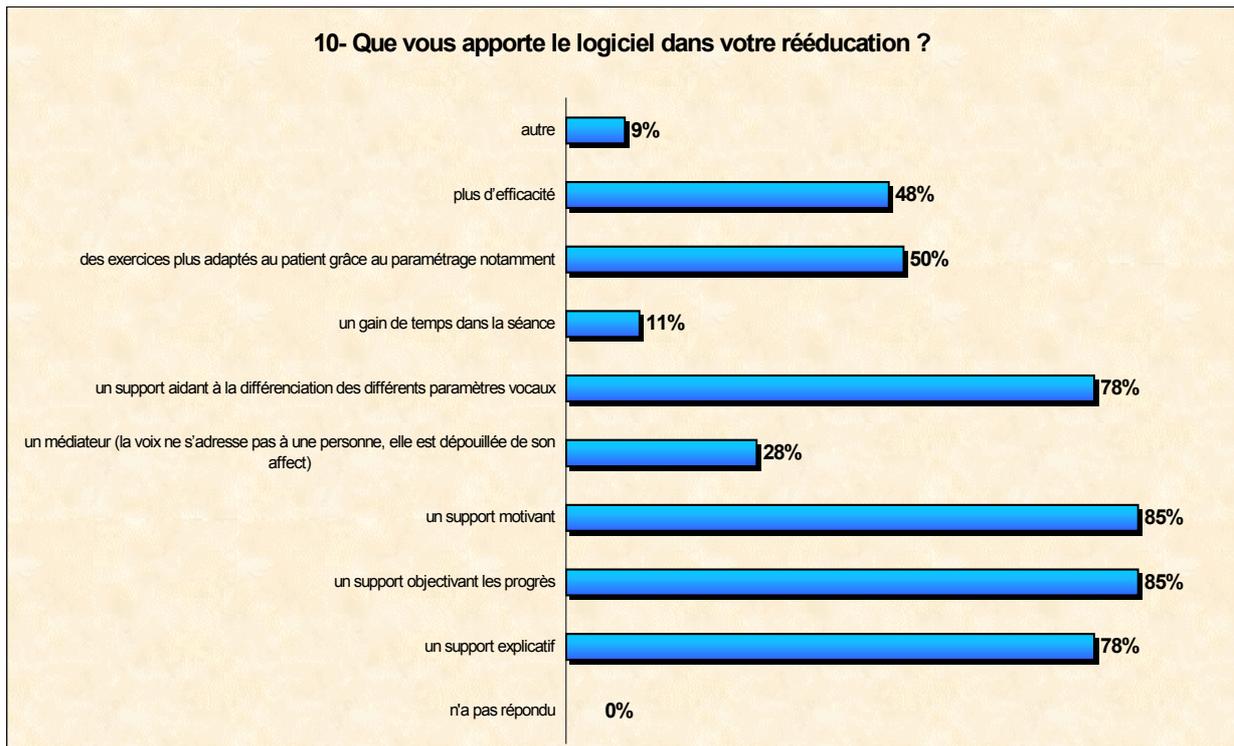
### 9- Comment jugez-vous la fiabilité du logiciel ?

Nombre de personnes <b>NON</b> concernées par la question:	10	Ce qui représente	<b>18%</b>	des sondés
Nombre de personnes concernées par la question:	46	Ce qui représente	<b>82%</b>	des sondés

Réponses	n'a pas répondu	Pas du tout satisfaisante	peu satisfaisante	Satisfaisante	très satisfaisante
pourcentage des personnes concernées	4%	4%	13%	67%	11%

Une majorité d'orthophonistes (67%) pensent que la fiabilité de leur logiciel est satisfaisante, tout en tempérant leur jugement par leur manque de pratique et de comparaison avec d'autres moyens de mesure ou d'autres logiciels. Un orthophoniste ajoute que cette fiabilité est satisfaisante par rapport aux possibilités informatiques actuelles, mais non par rapport à une exigence pointue. Une autre orthophoniste, qui utilise les logiciels aussi dans un but de recherche scientifique, confirme la fiabilité de logiciels comme Kay CSL et Sésane, mais qu'elle est peu satisfaisante pour les logiciels non scientifiques, c'est-à-dire ceux destinés à la rééducation comme Speech Viewer et Vocalab.

Ceux qui ne sont pas satisfaits de la fiabilité de leur logiciel (17%) mettent en cause des problèmes liés notamment au matériel : compatibilité et sensibilité du micro, vérification de la distance bouche/ micro et des protocoles d'enregistrement. Une orthophoniste reste méfiante, car « ce n'est qu'un outil ».



Les apports du logiciel, pour les orthophonistes interrogés, concernent avant tout l'objectivation des progrès (85%) et un support motivant (85%), notamment pour les enfants grâce au changement de support. Puis, l'utilisation du logiciel sert pour 78% des orthophonistes concernés comme support aidant à la différenciation des différents paramètres vocaux et comme support explicatif. L'adaptation des exercices au patient grâce au paramétrage est utilisée par 50% des orthophonistes. Enfin, le logiciel a augmenté l'efficacité de la rééducation pour 48% des orthophonistes. Cette efficacité accrue serait due, pour une orthophoniste, à l'analyse plus précise et plus scientifique que le logiciel apporte.

11% des orthophonistes pensent que le logiciel leur apporte un gain de temps dans la séance, car il permettrait une compréhension plus rapide des exercices, surtout en début de prise en charge. Cependant, la majorité pense que cela induit un certain ralentissement dans la séance, qui s'estompe à mesure que l'orthophoniste maîtrise mieux l'outil, sans pour autant arriver à un gain de temps par rapport à la proposition d'exercices plus traditionnels.

Des orthophonistes ont aussi noté que le logiciel facilitait la production de vocalises. Pour une autre, cet outil lui permet d'affiner son écoute.

## 11- Quelles limites observez vous cependant ?

Nombre de personnes <b>NON concernées</b> par la question:	10	Ce qui représente	<b>18%</b>	des sondés
Nombre de personnes concernées par la question:	46	Ce qui représente	<b>82%</b>	des sondés

Réponses	n'a pas répondu	lassitude du patient	focalise trop le patient sur l'aspect visuel	le patient a tendance à ne plus s'écouter
<b>pourcentage des personnes concernées</b>	<b>41%</b>	<b>13%</b>	<b>41%</b>	<b>17%</b>

entraîne un décalage entre la voix comme objet travaillé, dépouillé de son intentionnalité, de son affect et la voix dans son utilisation quotidienne	empêche la mise en situation proche du quotidien du patient	autre
<b>17%</b>	<b>20%</b>	<b>7%</b>

59% des orthophonistes interrogés ont constaté des limites à l'utilisation du logiciel. Ces limites concernent essentiellement une focalisation du patient sur l'aspect visuel de la voix (41%) et une tendance à ne plus s'écouter (17%). Cela reste cependant du "cas par cas" et non une généralité sur l'ensemble des patients pris en charge par ces orthophonistes.

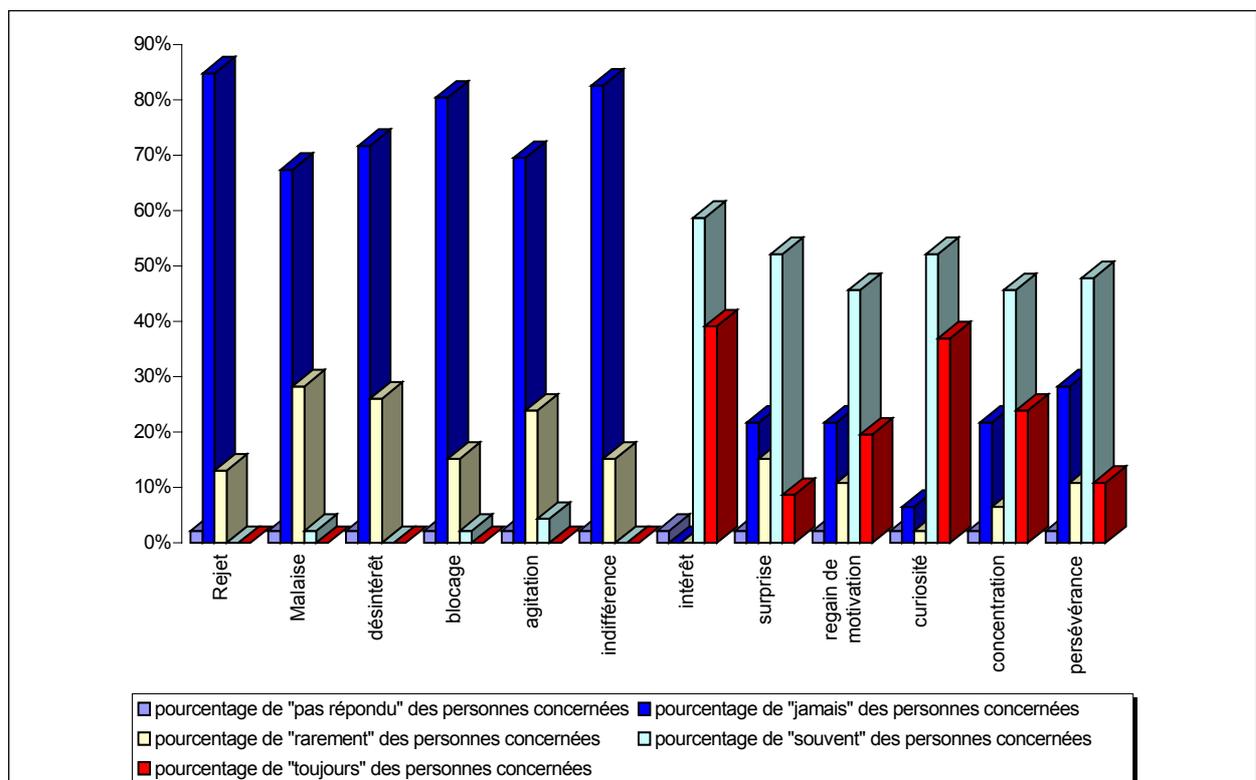
Une lassitude est remarquée chez certains enfants. Cependant, un orthophoniste indique que cette lassitude concerne plus la rééducation en général que l'utilisation du logiciel en lui-même. Autre limite reconnue par une orthophoniste par rapport aux enfants, le logiciel introduit une forte dimension de jeu, et les jeunes patients ont alors tendance à rester dans le jeu et refuser tout travail, notamment en dehors de l'ordinateur.

Une orthophoniste dit n'avoir pas confiance dans les réglages de l'ordinateur et vouloir se concentrer sur ses impressions subjectives et les progrès ressentis par le patient plus que ceux objectivés par le logiciel. Une autre souligne que le logiciel n'est qu'un support à un moment donné de la rééducation, mais qu'il ne peut remplacer la nécessité pour le patient de s'écouter et de ressentir son corps pour pouvoir modifier un comportement vocal inadapté. Ce sentiment est relayé par un autre orthophoniste qui insiste sur le fait que tout ne peut être travaillé avec le logiciel.

Enfin, un orthophoniste pense que le logiciel réduit la liberté d'attitude du patient, du fait du micro qui le fige devant l'écran.

Cependant, 41% des orthophonistes, hormis deux personnes qui n'ont pas souhaité répondre faute de recul, ne trouvent aucune limite dans l'utilisation d'un logiciel en rééducation de voix. Si les propositions présentées sont parfois reconnues possibles, la gestion de la rééducation, de la séance et de l'outil par l'orthophoniste viennent les pallier ou les éviter. En effet, le logiciel est souvent introduit dans la rééducation à des moments précis, et non en utilisation continue et systématique. Cela évite les phénomènes de lassitude et les différents décalages possibles. L'explication au patient du rôle de cet outil, celui de la situation d'exercice et de ses enjeux permet aussi d'éviter bon nombre d'écueils. L'importance de la relation thérapeute/ patient et la place de l'ordinateur comme outil d'aide à la rééducation sont souvent mis en avant. Parfois, le logiciel sert seulement d'illustration ou pour répondre à une demande précise, ce qui limite les risques évoqués.

## 12- Quelles réactions observez-vous le plus fréquemment chez vos patients face au logiciel?



Aucun orthophoniste n'a observé, ou rarement, d'attitude de rejet, de désintérêt ou encore d'indifférence de la part de patients face au logiciel de voix.

Un cas de malaise et un cas de blocage ont été rapportés. Le malaise a été observé chez une personne âgée qui ne connaissait pas l'outil informatique, et présentait d'importants problèmes de santé. Souvent, cependant, certains orthophonistes ont remarqué une appréhension de certains patients lors de la première utilisation du logiciel. Le blocage total s'est produit pour une personne qui redoutait de changer de registre vocal ; ce patient anticipait beaucoup et angoissait de « rater sa courbe ». Là encore, quelques orthophonistes disent que certains de leur patients se sont sentis un peu bloqués au début par l'utilisation du micro et le stress d'être enregistrés, mais ce malaise se dissipait rapidement.

Une agitation face au logiciel a été observée par deux orthophonistes chez des enfants.

61% des orthophonistes ont remarqué une certaine surprise chez leurs patients, quand ils introduisaient les exercices sur ordinateur.

65% des orthophonistes notent un regain de motivation chez certains de leurs patients, lorsque le logiciel est utilisé en milieu ou fin de rééducation. Certains observent, non pas un regain, mais une motivation qui transparait au cours de l'utilisation du logiciel. Une orthophoniste l'explique par le fait que cela concrétise les explications apportées dans un premier temps au patient. De même, l'utilisation du logiciel favorise pour 59% des orthophonistes la persévérance, et pour 70% la concentration des patients au cours des exercices sur ordinateur par rapport aux mêmes effectués sans le support de la visualisation.

Enfin, 98% des orthophonistes remarquent un réel intérêt des patients pour les exercices sur ordinateur. Les patients s'adaptent souvent très vite, et les enfants le réclament.

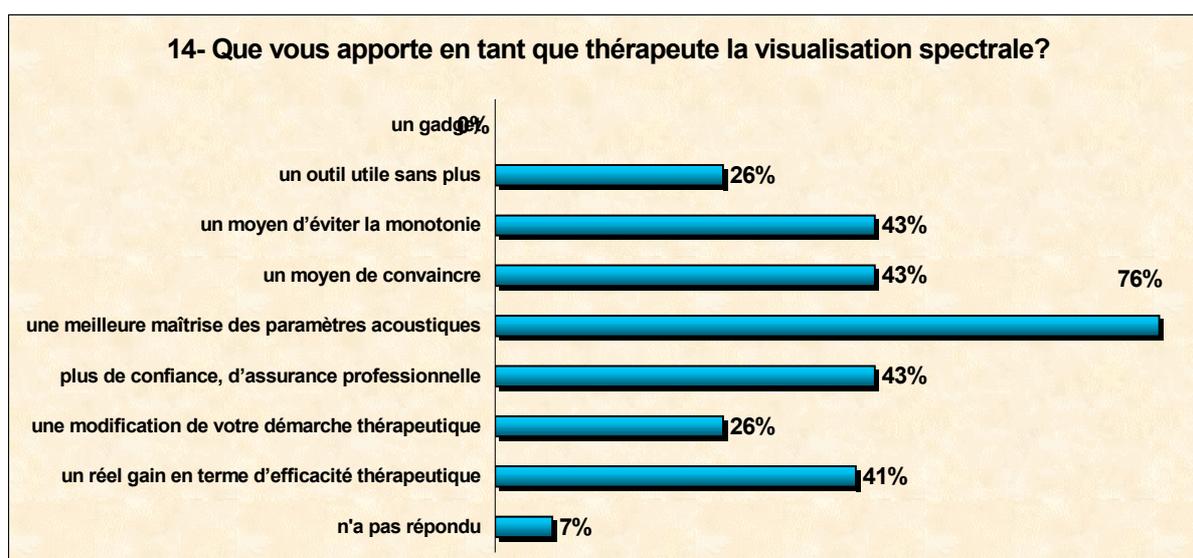
Parmi les autres réactions observées, certains orthophonistes ont rajouté la fierté des enfants de pouvoir réaliser de « beaux dessins colorés » avec leur voix ; le fait que cela suscitait de très nombreux commentaires chez les patients ; et enfin, que l'ordinateur relançait significativement la dynamique de la rééducation pour nombre de patients.

### 13- Vous est-il aisé de proposer les exercices de voix sur ordinateur ?

Nombre de personnes <b>NON</b> concernées par la question:	10	Ce qui représente	18%	des sondés
Nombre de personnes concernées par la question:	46	Ce qui représente	82%	des sondés

Réponses	n'a pas répondu	toujours difficile	difficile avec la plupart des patients	généralement facile	jamais de difficultés
pourcentage des personnes concernées	4%	2%	2%	63%	28%

Pour 91% des orthophonistes, la proposition d'exercices sur ordinateur leur est généralement facile ou ne leur pose aucune difficulté. Comme l'ordinateur est largement utilisé en famille, très apprécié des enfants et répandu dans notre société, l'outil semble facile à intégrer dans la prise en charge. Les deux praticiens qui ressentent des difficultés le mettent sur le compte d'un manque de maîtrise de l'outil informatique.



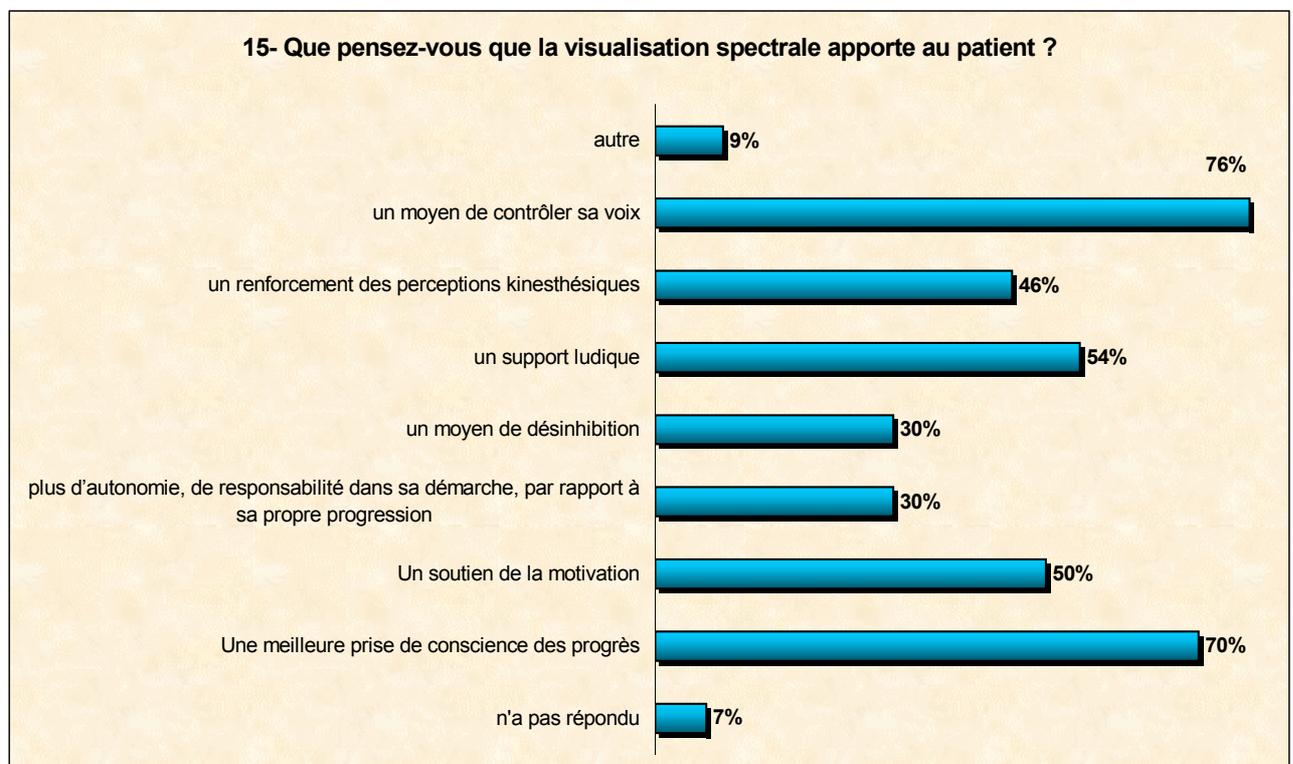
Pour 76% des orthophonistes, la visualisation spectrale leur a permis de mieux maîtriser les paramètres acoustiques de la voix. Ensuite, pour 43%, elle leur a donné plus de confiance et d'assurance professionnelle, le moyen d'éviter la monotonie et celui de convaincre. Une orthophoniste dit utiliser de plus en plus le spectre vocal pour montrer au patient à quel point la respiration et la posture corporelle enrichissent le timbre en harmoniques et en énergie.

41% des orthophonistes interrogés pensent que la visualisation spectrale leur a apporté un réel gain en terme d'efficacité thérapeutique. Certains insistent sur le fait que c'est un outil très efficace.

Les possibilités de visualiser le spectre de la voix ont modifié la démarche thérapeutique de 26% des orthophonistes interrogés.

26% jugent cette fonctionnalité utile mais sans plus. Une orthophoniste précise qu'elle ne l'exploite cependant pas assez pour en juger autrement, par manque de temps pour approfondir ses apports possibles.

7% des orthophonistes n'ont pas désiré répondre à cette question, car ils jugent que leurs manques de pratique et de maîtrise ne leur permettent pas de le faire.



7% des orthophonistes n'ont pas répondu à cette question. Pour l'une d'entre eux, il lui semblait trop complexe de percevoir ce que la visualisation spectrale en elle-même apportait à ses patients. Une autre n'y avait pas réfléchi.

Pour 76% des orthophonistes interrogés, la visualisation spectrale permet avant tout au patient de contrôler sa voix. Ensuite, pour 69% des orthophonistes, elle lui permet une meilleure prise de conscience de ses progrès. Trois orthophonistes ajoutent que cette meilleure prise de conscience intéresse aussi les paramètres vocaux, leur mécanisme et leur maîtrise, notamment en ce qui concerne la hauteur et ses

modulations. Pour 54% des orthophonistes, la visualisation spectrale introduit un aspect ludique auprès des enfants principalement. La moitié des orthophonistes interrogés pensent que cet outil agit sur la motivation du patient.

Le renforcement des perceptions kinesthésiques au moyen du feedback visuel est efficace pour 46% des orthophonistes, mais il est loin d'être évident pour les autres. Une orthophoniste insiste sur le fait que les perceptions kinesthésiques s'acquièrent et s'affinent au fil des séances, mais pas à l'aide de l'ordinateur. Une autre rappelle que la visualisation gênant l'écoute et les sensations, elle ne peut intervenir qu'en complément. Enfin, l'importance de toujours relier ce qui est visualisé à ce qui est ressenti est précisée par plusieurs orthophonistes.

Les autres apports de la visualisation spectrale pour le patient que retiennent 9% des orthophonistes interrogés sont, par ordre de prévalence :

- une plus grande confiance dans les compétences de l'orthophoniste,
- une meilleure compréhension des différents exercices proposés en rééducation,
- une observation logique des moyens d'investigation et des stratégies,
- une observation des outils au même titre qu'un exercice oral ou écrit.

Suite à ce questionnaire, de nombreux orthophonistes ont rajouté quelques commentaires sur leur expérience et leur réflexion quant à leur utilisation du logiciel en rééducation.

Par rapport à leur pratique tout d'abord, une orthophoniste a écrit que le logiciel n'avait pas modifié son abord du travail vocal, mais qu'il lui avait apporté un autre support explicatif. Une autre voit dans le logiciel un outil supplémentaire, qui - insiste- elle- ne remplace rien mais vient en plus, dans la prise en charge des dysphonies, et lui sert essentiellement de support à la proprioception. Un autre enfin ajoute que l'utilisation d'un logiciel n'a rien changé par rapport à l'aspect relationnel dans la prise en charge orthophonique.

Par rapport aux patients ensuite, un orthophoniste a mis en garde contre une utilisation du logiciel avec des patients qui ont déjà tendance à tout analyser. La visualisation les renforcerait dans un comportement d'hypercontrôle de leur voix. Pour lui cependant, cet outil n'est ni indispensable, ni permanent, ni unique, mais possible et complémentaire pour mettre en place certaines choses. Il ajoute que l'orthophoniste doit

savoir s'en éloigner pour permettre au patient de s'en séparer et de trouver ses propres moyens d'autocontrôle. Une autre orthophoniste remarque que le patient se rend compte qu'une oreille entraînée est plus performante que l'ordinateur, mais que ce dernier permet de faire le lien entre son écoute, ses sensations et celles de l'orthophoniste.

Par rapport aux logiciels enfin, une orthophoniste dit avoir des difficultés pour utiliser le logiciel Speech Viewer, mais qu'elle est satisfaite de posséder un tel outil bien qu'il lui est difficile de se former seule et de savoir quels partis en tirer. Un orthophoniste apprécie particulièrement dans son logiciel (Vocalab) de pouvoir comparer les données de différents spectres.

## **9.4. Discussion**

### **9.4.1. Autocritique de la méthode et de la portée du questionnaire**

Plusieurs points sont à aborder ici.

Tout d'abord, il est à noter que peu d'orthophonistes utilisateurs du logiciel Speech Viewer III ont pu être contactés à partir du listing. En effet, ce logiciel est beaucoup plus répandu en France que ne le laisse supposer cette enquête et est utilisé depuis de nombreuses années. Or, la société Gérip ne commercialise le logiciel que depuis quelques années, ayant pris la suite de la société Charlemagne. Donc, nous ne disposons que des noms des derniers acquéreurs de ce logiciel. En outre, le prix élevé du logiciel fait qu'il est surtout acheté par des structures hospitalières ou médico-pédagogiques, qui n'entrent pas dans le cadre de cette enquête.

Ensuite, on peut regretter qu'il n'y ait que deux logiciels quasi exclusivement concernés par cette enquête. Pour les raisons précédemment exposées, il n'a pu en être autrement. Mais, on peut cependant signaler que ces deux logiciels, Speech Viewer III et Vocalab 2, sont les plus connus et les plus utilisés en libéral chez les orthophonistes équipés.

La durée d'utilisation des logiciels au moment de l'enquête vient aussi pondérer les résultats obtenus. En effet, notamment pour le logiciel Vocalab disponible depuis mars 2002, les orthophonistes étaient en grande majorité peu rôdés à cet outil, ne

l'ayant acheté que récemment, et utilisé avec un nombre de patients limité. On peut en conclure que les avis changeront très certainement à mesure que les orthophonistes auront eu le temps de mieux s'approprier l'outil, de se former à l'exploitation de ses fonctionnalités et de l'expérimenter plus largement en séance.

Le double mode de recueil des réponses introduit aussi un biais dans le traitement des réponses. Le questionnaire a été élaboré dans le but d'être présenté et mené lors d'un entretien, même s'il est constitué de questions fermées pour en faciliter le traitement. L'avantage d'un contact direct, et de la situation de dialogue qu'il induit, permet d'explicitier les questions lorsqu'elles suscitent de possibles confusions ; mais aussi, cela permet d'inciter l'orthophoniste à préciser sa pensée, à commenter plus largement. Cependant, le manque de disponibilité de certains orthophonistes a motivé un envoi par courrier électronique du questionnaire, après une nécessaire présentation de la problématique du mémoire et des objectifs de ce questionnaire. Aussi, on pourrait penser que les orthophonistes qui ont répondu au questionnaire seuls n'ont pas eu la même approche des questions.

Enfin, nous ajouterons que cette enquête n'ayant concerné qu'un faible nombre d'orthophonistes par rapport à celui de possesseurs de logiciel(s) de voix, sa portée est plus informative que statistique. Elle est cependant très intéressante car elle permet de relever un certain nombre d'avis, d'expériences, qui donnent une base pour une validation scientifique ultérieure ou une étude à plus grande échelle. Elle a déjà permis de faire remonter des critiques qui ont été prises en compte lors de la dernière mise à jour de Vocalab 2, et de mettre en place un planning de formation sur le logiciel en ciblant la demande.

## **9.4.2. Analyse des résultats obtenus**

Nous allons maintenant reprendre partie par partie les différents commentaires et hypothèses que soulèvent les réponses présentées.

### 9.4.2.1 Les motivations d'achat d'un logiciel.

La répartition régionale et l'année de diplôme des orthophonistes interrogés n'ont apporté aucun élément concluant par rapport aux motivations d'achat d'un logiciel pour

la voix. On peut cependant noter une nette majorité d'orthophonistes interrogés en Midi Pyrénées (15 sur 56), que l'on peut expliquer par une information régionale plus spécifique du fait de la présence de l'auteur de Vocalab dans cette région.

Il semble que l'importance du nombre de patients pris en charge en rééducation de dysphonie dysfonctionnelle ne justifie pas l'achat d'un logiciel, malgré ce que nous avait amené à penser le premier questionnaire. Au contraire, l'acquisition d'un logiciel pour la voix semble davantage séduire les orthophonistes qui en voient relativement peu par rapport à d'autres pathologies. On peut émettre l'hypothèse que ces orthophonistes, peu familiers du domaine de la voix par manque de pratique, ressentent davantage le besoin d'une aide au bilan et à la rééducation. Le logiciel leur permettrait de pallier une oreille peu experte, car peu habituée à juger les qualités d'une voix. On peut aussi supposer que les données objectives délivrées par le logiciel faciliteraient les références à la norme et ainsi le diagnostic initial et le jugement de l'évolution du patient.

Ces hypothèses semblent être confirmées par les motivations principales d'achat d'un logiciel : la recherche de supports explicatif et objectif. La voix reste un domaine très spécifique, qui nécessite des connaissances précises.

Le fait qu'il n'y ait qu'une minorité des orthophonistes interrogés suivant plus de 20 patients en rééducation vocale soulève plusieurs hypothèses. Tout d'abord, dans la logique du chapitre 3 de ce mémoire, on peut penser que ces orthophonistes « spécialisés dans la voix » sont particulièrement formés aux méthodes actuelles, centrées sur la proprioception. Ils utiliseraient donc préférentiellement des exercices en ce sens, qu'ils ont appris, testés et maîtrisés lors de ces formations où l'ordinateur n'est pas intégré. Une autre hypothèse est possible, complémentaire. Les orthophonistes qui possédaient plusieurs logiciels pour la voix citaient des outils très spécifiques au traitement vocal. On peut donc supposer que ces orthophonistes, qui poussent très loin leurs investigations dans un but de recherche notamment, utilisent des logiciels d'analyse vocale très pointus et non des logiciels à visée rééducative qui ne sont pas validés scientifiquement. Ils n'ont donc pas été interrogés lors de cette enquête.

L'achat de plusieurs logiciels atteste de la demande précise de ces orthophonistes, et de leur volonté d'exploiter au maximum les différentes possibilités que leur apportent les logiciels. Cela montre aussi qu'il n'existe pas de logiciel idéal, qui répondrait à toutes les demandes et besoins des orthophonistes.

La question du choix du logiciel a souvent soulevé un commentaire ironique. En effet, la majorité des orthophonistes interrogés regrette souvent n'avoir pas eu le choix dans l'acquisition de leur logiciel. Il est vrai que le manque d'information sur ces produits et leurs fonctionnalités, déjà relevé lors de la première enquête, est confirmé ici. Il existe certes peu de produits adaptés à une utilisation en libéral, et le domaine visé, la voix, n'est pas prioritaire dans les préoccupations de la majorité des orthophonistes et des annonceurs. En outre, les orthophonistes semblent disposer de peu d'informations sur le contenu des logiciels. Il semble que les attentes vis-à-vis du logiciel soient le plus souvent floues ; l'orthophoniste ne sait pas réellement ce que le logiciel peut lui apporter, et son achat se fait plutôt sur "l'aura scientifique", la fiabilité supposée et les apports espérés, que sur les réelles possibilités de l'outil et son adéquation à leur demande. Cela se confirme par le fait que les orthophonistes ne semblent pas sensibles à l'ergonomie et la présentation des exercices. Pourtant, ce sont souvent ces critères qui décident généralement à terme de l'utilisation de l'outil.

Dans les critères retenus, on peut noter la pluridisciplinarité du logiciel, qui est recherchée notamment à cause du fort coût de l'outil et du peu de patients suivis en voix pour ces orthophonistes. Les orthophonistes sont à la recherche d'outils polyvalents qui leur évitent une accumulation de matériel, souvent coûteux, qui en outre ne servirait que pour quelques patients.

La difficulté de la rééducation avec les enfants motivent aussi les orthophonistes à investir dans un outil qui permet d'apporter un aspect ludique en séance, et ainsi de remotiver l'enfant. Il n'est en effet pas toujours évident de trouver des exercices qui "parlent" aux enfants, et les motivent assez pour qu'ils persévèrent dans leurs efforts. Il s'agit en outre d'une population qui ne voit pas toujours la nécessité du travail vocal, et qui a tout autant besoin que les adultes de comprendre comment leur voix fonctionne, et les modifications qu'ils peuvent y apporter.

#### 9.4.2.2 L'utilisation générale du logiciel.

Les orthophonistes ayant fait l'acquisition d'un logiciel l'utilisent le plus souvent en bilan et en rééducation. Malgré un manque de formation souvent regretté, la complexité d'utilisation de certaines fonctionnalités et d'interprétation de certains résultats, et l'absence de consignes précises d'utilisation, les orthophonistes arrivent à intégrer facilement cet outil dans leur pratique. On peut supposer que l'achat du logiciel a souvent

été réfléchi et pesé, étant donné le coût, et qu'il a été fait dans un but précis. De plus, les orthophonistes sont de plus en plus à l'aise avec l'outil informatique qu'ils manipulent chaque jour. Ainsi, le logiciel est considéré comme un support supplémentaire, à disposition de l'orthophoniste selon la demande.

L'utilisation massive du logiciel en bilan s'explique par la demande d'objectivité, l'envie d'un état des lieux précis de la voix du patient et de références à la norme nécessaire au diagnostic, mais aussi de plus en plus demandée dans les compte-rendus de bilan. L'objectivation des paramètres vocaux reste en effet la principale utilisation du logiciel en bilan, notamment pour la hauteur. Ce paramètre est souvent significatif dans le diagnostic. En outre, sa mesure précise, difficile à l'oreille, permet de pouvoir évaluer les progrès accomplis en rééducation. L'ordinateur vient ici remplacer l'utilisation d'un piano, dont les orthophonistes ne disposent pas toujours. De plus, tous les orthophonistes n'ont pas l'oreille musicale absolue, qui leur permettrait de juger des notes produites par le patient.

L'objectivation de la durée et du timbre se fait dans une moindre mesure, car ce sont des paramètres que les orthophonistes jugent plus préférentiellement à l'oreille, sans ressentir la nécessité d'avoir des chiffres. Ce sont en effet des paramètres plus subjectifs qui dépendent aussi de facteurs autres que la pathologie et que l'ordinateur ne pourra pas gérer : le bruit ambiant, l'humeur du jour, un léger rhume... Les enregistrements audio sont alors souvent privilégiés pour obtenir un moyen de comparaison. En outre, l'analyse de spectre est encore jugée très complexe pour des thérapeutes peu formés en acoustique. L'orthophoniste sait ce qu'il cherche à entendre dans l'analyse du timbre de la voix : raucité, fatigabilité, souffle... qui sont autant de critères que l'orthophoniste s'est entraîné à reconnaître mais qui ne sont pas aisés à identifier sur un spectre sans une formation spécifique.

Certains orthophonistes n'osent pas encore introduire l'ordinateur lors d'un premier contact avec un patient qu'ils ne connaissent pas encore. L'ordinateur semble ici impensable dans un contexte où l'humain et le relationnel doivent ressortir. De plus, lors d'un premier contact souvent décisif dans la relation de confiance et de soin entre le thérapeute et son patient, le manque de maîtrise de l'outil peut être un frein à son utilisation. Enfin, dans ce cadre pathologique, il n'est pas toujours évident de confronter abruptement le patient à ses difficultés par des résultats objectifs qu'il n'est pas toujours

prêt à entendre. La mise en place d'un espace de discussion pour relativiser les chiffres demande du temps, qui peut manquer lors du bilan.

En rééducation, il est intéressant de remarquer que chaque orthophoniste a une façon bien personnelle d'intégrer l'ordinateur à sa rééducation. Tous n'ont pas toujours les mêmes principes d'utilisation. En effet, sans formation particulière, chaque orthophoniste se "débrouille" selon son ressenti, et - comme nous l'avons vu dans le chapitre sur les méthodes de rééducation - en fonction de sa problématique personnelle et de son éthique, de sa vision des choses, du type de prise en charge. Cette pratique, comme toutes les autres, est amenée à évoluer au fil de l'expérience, des retours des patients, des formations, et des découvertes personnelles.

Par rapport aux exercices sur ordinateur, on remarque que le logiciel vient assister le travail sur des paramètres, tels que le souffle et la hauteur, qui sont difficilement visualisables, conceptualisables même, pour le patient sans retour visuel. Ces exercices sont souvent adaptés à la demande du patient et aux objectifs du moment. En cela, ils ne sont pas si différents des exercices traditionnels, car ils sont tout aussi modulables et adaptables.

Le type de pathologie et l'âge des patients ne sont généralement pas des critères de décision par rapport à l'utilisation ou non du logiciel. En effet, souvent, ce sont les caractéristiques individuelles du patient, la relation thérapeutique et le type de prise en charge qui décident de l'utilisation de l'outil informatique.

#### 9.4.2.3 Utilisation du logiciel en rééducation

L'utilisation et la mise en route des différents logiciels ne semblent pas poser de difficultés majeures, par rapport à celle de tout autre logiciel. Ils sont généralement conçus, notamment Vocalab, pour une utilisation facilitée et intuitive. Le manque de pratique et de formation restent cependant des obstacles majeurs à l'appropriation et à la maîtrise de cet outil. Il est vrai que l'informatique demande parfois des connaissances spécifiques, mais comme tout outil, c'est souvent le temps de le tester et de le manipuler seul qui manque aux orthophonistes. Pourtant, peu d'orthophonistes rencontrent des difficultés à proposer les exercices sur logiciel.

Les logiciels pour la voix ne sont pas inutiles et loin d'être des gadgets pour les orthophonistes qui les utilisent. Leur fiabilité est souvent jugée suffisante pour un emploi en rééducation. Il est vrai que les attentes ne sont pas les mêmes que lors du bilan et que l'on cherche plus un ordre de grandeur, une progression lors des exercices, qu'une mesure très précise. On peut observer que les attentes par rapport au logiciel de voix - un support motivant, une objectivation des progrès, des possibilités de paramétrages - sont semblables à celles pour tout matériel informatique en orthophonie. Certains aspects restent cependant spécifiques à des attentes en rééducation vocale : le support explicatif, la différenciation des paramètres vocaux, et la médiation. Ces trois points rappellent en effet les difficultés particulières à la prise en charge de la voix, la complexité d'un travail sur une entité invisible et sensible, souvent sur-investie émotionnellement.

Pourtant, l'introduction d'un logiciel en rééducation de voix n'est pas sans restrictions. Il est intéressant de noter que les orthophonistes ont souvent identifié ces limites, mais qu'ils les ont intégrées et palliées directement dans leurs progressions de travail. En effet, ce qui aurait pu exclure l'emploi d'un logiciel, telles principalement la focalisation sur l'aspect visuel ou la tendance à ne plus s'écouter, est souvent modéré par un emploi réfléchi, justifié et ponctuel de l'outil informatique. L'utilisation du logiciel se fait comme celle de n'importe quel outil thérapeutique, et ses limites se situent dans un emploi inconsidéré et systématique. Le logiciel de voix n'introduit donc aucune difficulté particulière vis-à-vis de la thérapeutique à partir du moment où il est intégré dans une prise en charge globale et conscientisée, et qu'il n'est considéré que comme un outil possible et non une base de travail.

Par rapport aux patients, on observe dans l'ensemble majoritairement des réactions positives. L'ordinateur est un instrument familier pour la plupart et ce sont surtout ce qu'ils découvrent par le biais du logiciel qui engendrent des réactions de surprise, de motivation et d'intérêt. Le retour visuel, que ce soit par la visualisation spectrale ou les animations des exercices, facilite souvent la compréhension des exercices, la conception de ce qu'est la voix, la prise de conscience de ses limites mais aussi de ses progrès, et permet d'avoir accès à des réalités physiques jusqu'alors inconnues.

L'aspect scientifique introduit par l'ordinateur n'est pas négligeable dans la psychologie de certains patients. C'est ainsi que certains orthophonistes ressentent une meilleure confiance en leurs compétences, grâce à la présence de cet outil. On observe aussi souvent que l'ordinateur permet par son aspect ludique de motiver et concentrer le

patient sur des tâches qu'il aurait jugées rébarbatives sans le secours visuel des animations. L'ordinateur devient ici une aide à la rééducation en devenant un support explicatif et motivant, qu'un autre outil n'aurait pu apporter.

Le spectre est un outil particulièrement intéressant dans la prise en charge de la voix. En effet, il apporte des données objectives et une visualisation de l'évolution de la production vocale qui, malgré des difficultés d'interprétation, servent l'orthophoniste et son patient.

Pour l'orthophoniste, la meilleure compréhension des paramètres acoustiques et leur maîtrise seraient dues au fait de voir l'évolution du spectre simultanément aux modifications du geste ou de la production vocale. Les changements de hauteur par exemple s'illustrent immédiatement et cette illustration permet de faire le parallèle entre la production réalisée et les effets produits sur l'écran. En effet, on peut imaginer que le manque de formation est pallié par les expériences empiriques. Les orthophonistes « jouent » avec leur voix devant le micro de l'ordinateur et analysent les résultats obtenus. Ainsi, ils comprennent mieux ce que le spectre révèle et s'appuient sur leurs expériences pour diriger le patient et lui expliquer ce qu'il peut observer sur l'écran.

De plus, le caractère objectif et indubitable des résultats affichés sur l'écran permet aux orthophonistes d'avoir un moyen de convaincre de l'efficacité de tel geste, d'affirmer un progrès sans que le patient ne puisse remettre en cause son jugement. Cela permet aussi de conforter l'assurance professionnelle du thérapeute qui y trouve un justificatif à sa démarche et une preuve de son efficacité.

L'apport de la visualisation spectrale modifie rarement la démarche thérapeutique de l'orthophoniste. Cela se justifie par le fait que le thérapeute introduit cet outil dans sa démarche, préalablement réfléchi, et non qu'il définit sa manière d'agir selon les outils à sa disposition. Cela se confirme par le pourcentage des orthophonistes qui le considèrent comme un simple outil. On peut émettre l'hypothèse que les orthophonistes, pour qui l'introduction de la visualisation spectrale a modifié l'approche thérapeutique, ont dû repenser leur manière de faire en considérant les possibilités qu'offraient le logiciel. Si l'achat a été décidé, c'est qu'il a répondu à de nouvelles demandes, à une remise en question d'une démarche qui ne convenait plus à l'orthophoniste. Aussi, plus qu'une modification de la démarche thérapeutique, c'est une réflexion plus profonde qu'a déclenchée l'utilisation du logiciel.

Par rapport aux patients, l'importance du feedback visuel dans le travail vocal est ici confirmé. En effet, les patients y puisent surtout un moyen de contrôler leur voix. La production vocale reste pour la majorité des patients présentant une dysphonie dysfonctionnelle quelque chose d'aléatoire, de subi. La visualisation spectrale leur offre la possibilité d'agir sur leur émission et de constater simultanément les effets produits consciemment. La voix devient alors une entité maîtrisable sur laquelle ils ont une influence ; et non plus un phénomène inconnu qui leur échappe. Par la prise de conscience que cela implique, on pourrait penser que c'est une première étape vers une appropriation et une acceptation de sa voix ; et, une fois ce phénomène connu et reconnu, le patient pourrait plus facilement l'identifier dans son corps. Cette hypothèse n'est cependant confirmée que par 46% des orthophonistes, qui pensent que la visualisation du spectre renforce les sensations kinesthésiques. Peut-être l'attitude de guide du thérapeute jouerait un rôle majeur dans ce retour au corps.

La visualisation des productions vocales serait aussi pour un tiers des orthophonistes interrogés un moyen de désinhibition. Ce fait est à corréliser avec le rôle de médiateur de l'outil informatique. En effet, si le patient n'est pas à l'aise avec sa voix, il aura plus de facilité à la donner à une machine plutôt qu'à une personne, qui peut la juger. Cette relativement faible proportion est sans doute à mettre sur le compte de la relation patient/ thérapeute. Effectivement, la relation de confiance suffit généralement à libérer le patient de sa réserve et de ses complexes (notamment pour le chant), et la nécessité d'un médiateur intervient peu fréquemment. On peut observer que chez les enfants surtout, le face-à-face avec le logiciel et la visualisation des performances peut engendrer un véritable esprit de compétition. L'enfant se prend alors au jeu et donne le meilleur de lui-même, comme pour un jeu vidéo.

Ainsi, par rapport aux précédents mémoires cités en introduction, plusieurs remarques sont à faire.

Dans son mémoire, C.Routier avait montré l'exploitation de l'analyse spectrale en rééducation, mais cela ne concernait que les données objectives pour un contrôle des progrès et de la normalisation de la voix. Dans notre enquête, on a pu remarquer que le spectre pouvait être aussi utilisé lors des exercices comme feedback visuel par le patient. La visualisation spectrale serait donc plus importante en rééducation, où elle peut servir de support et de moyen de contrôle de la production vocale, que l'analyse précise des différents paramètres vocaux, utile en bilan.

Comme l'avait supposé C.Routier, l'analyse spectrale est de plus en plus utilisée en orthophonie, que ce soit en bilan ou en rééducation. Pourtant, elle n'est pas encore aussi répandue qu'on aurait pu le croire malgré les différents avantages mis en avant par quelques mémoires d'orthophonie et de rares études, ainsi que l'intérêt exprimé par nombre d'orthophonistes. Les causes formulées lors de la première enquête de ce mémoire restent toujours les mêmes : coût important du matériel, manque de formation à ces outils, complexité de l'analyse..., malgré les efforts faits pour le logiciel Vocalab.

Par rapport à l'enquête de D.Sliwa qui n'avait pu interroger de nombreux orthophonistes en libéral, on peut observer que de plus en plus de cabinets d'orthophonie sont équipés. L'apparition du logiciel Vocalab en est un facteur important. C'est en effet le seul logiciel véritablement abordable pour les orthophonistes en libéral, qui n'ont pas les mêmes moyens que les structures hospitalières ou médico-pédagogiques.

Enfin, notre enquête confirme les résultats qu'il avait déjà relevés auprès des deux orthophonistes interrogées : l'utilisation d'un logiciel de voix met à disposition de l'orthophoniste les apports du feedback visuel – meilleure compréhension du trouble, aide à la réalisation des exercices, mais cet outil n'est cependant pas indispensable à la prise en charge de patients dysphoniques.

## **9.5. Conclusion**

Ainsi, les logiciels pour la voix sont des outils efficaces, qui peuvent se révéler de réels atouts dans la prise en charge de patients présentant une dysphonie dysfonctionnelle. Outre l'indispensable objectivation des paramètres vocaux lors du bilan, le logiciel est un outil qui peut compléter efficacement la démarche thérapeutique. Bien pensé et intégré dans la rééducation, il peut révéler de nombreux atouts, à partir du moment où son emploi est justifié par des attentes précises et adapté à la situation.

Cependant, il ne reste qu'un outil possible, qui peut ne pas correspondre à certains professionnels. Ainsi, il est important pour l'orthophoniste au moment de l'achat de savoir précisément quelles sont ses motivations et ses attentes. Un essai préalable de l'outil semble indispensable pour connaître l'adéquation du produit avec ses attentes, étant donné le peu d'informations dont disposent les orthophonistes au moment de leur choix.

Il a été très intéressant de voir les avantages du logiciel mis en évidence par une utilisation empirique de la part d'orthophonistes le plus souvent non formés à son emploi. Cela prouve, à mon sens, les atouts d'un tel outil, plus efficacement qu'un article rédigé par un spécialiste qui sait exactement comment s'en servir et ce qu'il peut en obtenir. De plus, si cela montre l'utilisation relativement intuitive des logiciels, cet enthousiasme est cependant modéré par la nécessité d'une formation spécifique, notamment aux notions d'acoustiques élémentaires, pour une utilisation optimale.

« Le logiciel ne remplace pas la compétence de l'orthophoniste, il l'étaye. »

A.Sicard

## CONCLUSION

L'objectif de ce mémoire était de cerner l'utilité des logiciels pour la voix en rééducation de dysphonies dysfonctionnelles.

Nous avons donc tout d'abord repris ce qu'était la dysphonie dysfonctionnelle d'un point de vue physiologique, mais aussi quelle était sa traduction acoustique. L'exposé des méthodes de rééducation vocale actuelles et l'image de l'ordinateur en orthophonie nous ont permis de comprendre les réticences des orthophonistes à employer une « machine » dans une prise en charge qui se veut avant tout humaine. Cependant, cela nous a aussi permis d'observer que les logiciels pouvaient avoir leur place et être des outils efficaces à partir du moment où leur utilisation était intégrée à une démarche réfléchie et justifiée.

Ensuite, nous avons voulu donner des éléments de références et d'information en expliquant les notions d'acoustiques élémentaires et le fonctionnement de la visualisation spectrale, avant de présenter les différents logiciels à la disposition des orthophonistes pour la rééducation vocale. Cette information nous a semblé nécessaire à une réflexion sur les réels avantages de ces logiciels en rééducation et sur ce que l'on pouvait en attendre. Les apports du feedback visuel ont pu ainsi logiquement apparaître.

Enfin, après cette étude théorique, les deux enquêtes auprès des orthophonistes en libéral ont permis de confirmer l'intérêt que suscitaient l'analyse spectrale et les logiciels pour la voix. La première enquête mettait en évidence les freins à son expansion (coût, manque de formation et d'information). La seconde a montré l'utilisation ponctuelle, peu structurée, intuitive, presque anarchique de cet outil parmi les orthophonistes qui le possédaient. Elle a aussi prouvé l'efficacité ressentie de cet outil et tous les avantages qu'il offrait à l'orthophoniste et à son patient.

Ce mémoire se veut donc un premier pas vers une étude plus approfondie de l'efficacité de l'outil informatique en rééducation de dysphonies dysfonctionnelles. En effet, il est ici prouvé que les logiciels de voix ont une place à prendre et offrent de nombreux avantages pour la prise en charge vocale. Cependant, comme le montre la seconde enquête, il est encore trop tôt pour espérer pouvoir mener une étude scientifique de validation de cet outil. Les orthophonistes équipées ont toutes une

utilisation très personnelle de leur outil et aucun protocole n'a encore été mis au point. Le manque de maîtrise de l'outil et de recul des orthophonistes nous a réduit à un simple état des lieux. Une standardisation, ou du moins une homogénéisation des pratiques serait nécessaire à cette validation et elle deviendra possible lorsqu'un nombre suffisant d'orthophonistes seront formées à l'utilisation de leur logiciel.

L'état des lieux effectué ici n'est ainsi qu'une image ponctuelle de la situation. S'il est vrai qu'elle ne semble guère avoir changé depuis le mémoire de C.Routier en 1993, plusieurs indices tendent à faire espérer une évolution plus favorable et rapide. En effet, la mise en place d'un calendrier de formation pour les acquéreurs de Vocalab 2, la présence dans les écoles d'orthophonie de ces logiciels, leur acquisition croissante, entre autres, permettent d'émettre l'hypothèse que cette pratique va se généraliser. Alors seulement, une validation scientifique à plus grande échelle pourra être envisagée.

On peut se poser la question de la place que prendra l'outil informatique. Deviendra-t-il le centre d'une nouvelle approche thérapeutique qui prendra en compte les incontestables apports du feedback visuel et de l'objectivation de la voix ou gardera-t-il son rôle de « béquille » dont l'orthophoniste petit à petit saura se détacher avec l'expérience et l'éducation de son oreille ?

# BIBLIOGRAPHIE

## Monographies et ouvrages généraux

[ALBY et al-90] → JM Alby, C Alès, P Sansoy (sous la direction de), **L'esprit des voix, études sur la fonction vocale**, éditions pensées sauvages, avril 1990

[AMMANN-99] → I. Ammann, **De la voix en orthophonie**, édition solal, collection « le monde du verbe », avril 1999

[AMYBRETEQUE-91]→ B. Amy de la Bretèque, **Le chant : contraintes et libertés. Essais sur les rapports entre l'esthétisme et la physiologie de la voix chantée**, édition JM Fuzeau, 1991

[AMYBRETEQUE-97] → B. Amy de la Bretèque, **L'équilibre et le rayonnement de la voix**, édition solal, collection « Voix Parole Langage », septembre 1997

[ARONSON-83]→ A E Aronson, **Les troubles cliniques de la voix**, édition Masson, Février 1983

[BENZAQUEN-00]→Y. Benzaquen, **SOS Voix, retrouver, comprendre et maîtriser sa voix**, éditions Frison Roche, novembre 2000

[BRIN et al-97] → F brin, C Courrier, E Lederlé, V Masy, **Dictionnaire d'Orthophonie**, édition L'Ortho - Edition, 1997

[CAMPOLINI et al-98] → C Campolini, V van Hövell, A Vansteelandt, **Dictionnaire de logopédie tome 2, les troubles logopédiques de la sphère ORL**, éditions Peeters, 1998

[CASTAREDE-89] → M.F. Castarède, **La voix et ses sortilèges**, édition Les Belles Lettres, collection « confluents psychanalytiques », septembre 1989

[CORNUT-90] → G.Cornut, **La Voix**, édition Presses Universitaires de France, 3<sup>ème</sup> édition, collection « Que sais-je ? », septembre 1990

[CORNUT et al-02] → G.Cornut (sous la coordination), **Moyens d'investigations et pédagogie de la voix chantée**, (Vocalidées), actes du colloque tenu les 8, 9, et 10 février 2001 au Conservatoire national de région de Lyon dans le cadre des rencontres vocales en région Rhône-Alpes, éditions Symétrie, janvier 2002

[DINVILLE-88]→ C. Dinville, **Les troubles de la voix et leur rééducation**, édition Masson 1988

[DINVILLE-89]→ C. Dinville, **La voix chantée sa technique**, édition Masson, janvier 1989

[DUCHE et al-97] → Pr D.J. Duché, Dr C.L. Gérard (sous la présidence du), **Entretiens d'Orthophonie 1997, Entretiens de Bichat**, édition Expansion Scientifique Française, 1997

[ESTIENNE-98]→ F. Estienne, **Voix parlée, voix chantée ; examen et thérapie**, édition Masson septembre 1998

[FRACHET et al-92] → B Frachet, A Morgon, F Legent (sous la direction de), **Pratique phoniatrique en ORL**, éditions Masson, octobre 1992

[HEUILLET et al- 95a]→ G Heuillet Martin, H Garson Bavard, A Legré, **Une voix pour tous, la voix normale et comment l'optimiser**, édition solal, novembre 1995

[HEUILLET et al-95b]→ G Heuillet Martin, H Garson Bavard, A Legré, **Une voix pour tous, la voix pathologique**, édition solal, novembre 1995

[KLEIN et al-01] → C. Klein-Dallant (coordonné par), **Dysphonies et rééducations vocales de l'adulte**, , édition Solal, février 2001

[LEHUCHE-84]→ F. Le Huche et A. Allali, **La voix Volume 1, anatomie et physiologie des organes de la voix et de la parole**, édition Masson, 1984

[LEHUCHE-90]→ F Le Huche et A Allali, **La voix Volume 2, pathologie vocale, fascicule 1, sémiologie dysphonies dysfonctionnelles**, édition Masson, 1990

[LIENARD-77] → J.S.Liénard, **Les processus de la communication parlée, introduction à l'analyse et à la synthèse de la parole**, édition Masson, 1977

[ORMEZZANO-00] → Dr Y. Ormezzano, **Le guide de la voix**, édition Odiles Jacob, mars 2000

[RONDAL et al-99] → J A Rondal et X Seron (sous la direction de), **Troubles du langage, Bases théoriques, diagnostic et rééducation**, , édition Mardaga, 1999

[SARFATI-02] → J. Sarfati, **Soigner la voix**, collection « Voix Parole Langage », édition solal, février 2002

[WEISS-96] → W.Weiss, **La Voix Mobile, méthode des mouvements minimaux et de la spatialisation**, édition Masson, collection « collection d'orthophonie », mai 1996

## Articles

[CAILLAUD-93] → B.Caillaud, **Images numériques des sons**, Le micro Bulletin – CNRS, n°60, 1993 ; [en ligne] <http://www.station-mir.com/kio/imnumdessons/imnumdessons.html> , consulté le 24.10.2002

[CALBOUR-97] → C Calbour, **Nouvelles technologies en pratique orthophonique**, in [DUCHE et al-97], p32-49

[CAZADE-99] → A.Cazade, **De l'usage des courbes sonores et autres supports graphiques pour l'apprenant en langue**, décembre 1999, [en ligne] <http://alsic.u-strasbg.fr/Num4/cazade/default.htm>, consulté le 24.10.2002

[CHAZE-02] → N. Chaze, **Apports et limites de l'utilisation de l'informatique en rééducation orthophonique**, dossier paru sur <http://www.orthomalin.com>, septembre 2002

[CORNUT-02] → G.Cornut, **La vibration laryngée**, in [CORNUT et al-02], p9-17

[DELOCHE-97] → G.Deloche, **Micro-informatique et rééducation neuropsychologique**, in [DUCHE et al-97], p 50-53

[DEJONCKERE-01, a] → Ph.Dejonckère, **Electromyographie**, in [KLEIN et al-01], p327-341

[DEJONCKERE-01, b] → Ph.Dejonckère, **La systématisation du traitement orthophonique en éléments : une méthode pour catégoriser et quantifier les composantes d'un traitement fonctionnel**, in [KLEIN et al-01], p349-356

[DIANA-02] → site **Diana**, [en ligne] <http://www.sqlab.com/dianaRootFR.htm>, consulté le 21.08.2002

[DRSPEECH-02] → Site Dr Speech, [en ligne] <http://drspeech.com> , consulté le 21.08.2002

[DUTEL et al-85] → M.M. Dutel, P. Labaeye, M. Lamotte, **SAVANE : système d'aide visuelle aux non-entendants, première expérimentation d'une approche vocale**, avril 1985 (source : Mme Dutel)

[ESTIENNE-01] → F. Estienne, **Examen et thérapie de la voix, réflexions et actions**, in [KLEIN et al-01], p27-49

[EVA-02,a] → **Un analyseur de voix assisté par ordinateur**, [en ligne] <http://www.cnrs.fr/Cnrspresse/n10a7.html>, consulté le 15.07.2002

[EVA-02,b] → **Le système d'évaluation vocale assistée EVA2**, [en ligne] <http://www.sqlab.com/evaRootFR.htm>, consulté le 19.07.2002

[FAURE et coll-88] → M.A.Faure et coll., **Dynamique respiratoire et qualités acoustiques de la voix**, in Bulletin d'audiophonologie, annales scientifiques de l'université de franche comté « études sur la voix » Société Française de Phoniatrie, vol IV NS 1&2 1988, pp 93-106

[GERMAIN et al-02] → A. Germain et Ph. Martin, **Présentation d'un logiciel de visualisation pour l'apprentissage de l'oral en langue seconde**, [en ligne] <http://www.etudes-francaises.net/portrait/winpitch/ALSIC.htm>, consulté le 10.09.2002

[GOUDAILLIER-97] → J.P. Goudaillier, **Enseignement de l'analyse phonétique assistée par ordinateur dans le cadre de la formation des orthophonistes**, in [DUCHE et al-97], p 192-196

[GRINI et al -02] → M.N.Grini, M.Ouaknine, A.Giovanni, **Modifications posturales et segmentaires contemporaines du forçage vocal**, [en ligne] <http://perso.club-internet/pmgagey/Phonolos.html>, consulté le 15.07.2002

[GUERIN-03] → C.Guérin, **Stage de perfectionnement de l'orthophoniste à la rééducation de la voix, Formation de l'oreille, impédance, couverture, tonification du larynx**, formation donnée à Toulouse, non publiée, janvier 2003

[HABIF-97] → M. Habif, **La Voix Mobile. Méthode des mouvements minimaux et de la spatialisation**, in [DUCHE et al-97], p 121-123

[KLEIN-99] → C. Klein-Dallant, **Adapter au mieux le bilan et la rééducation de la voix**, in L'Orthophoniste, n°187, avril 1999, p17

[KLEIN-01] → C. Klein-Dallant, **Le bilan et la rééducation : du sur mesure**, in [KLEIN et al-01], p9-16

[KOMATSU-03] → S.Komatsu, **L'enseignement/apprentissage de la prononciation des langues assisté par ordinateur : le cas du français langue étrangère**, [en ligne] <http://skomatsu.free.fr/articles/Cef1999.pdf>, p100-112, consulté le 23.02.03

[LEGROS-03] → C.Legros, **Analyse du signal de la parole**, DIU de phonologie, [en ligne] <http://acoustic31.univ-tlse2.fr/~cleghros/diu/diaporama.ppt>, consulté le 14.04.03

[OSTA-00] → A. Osta, **Dysphonies dysfonctionnelles et orthophonie**, texte de la conférence du 28.01.2000, non publié, Toulouse

[OSTA-01] → A. Osta, **Du pélican au sumo : Applications à la rééducation des dysodies** in [KLEIN et al-01], p201-219

[PHONEDIT-02] → site **Phonedit**, [en ligne] <http://www.sqlab.com/phoneditRootFR.htm>, consulté le 15.07.2002

[POULAT-91] → M.P.Poulat, « ... **Des aphasiques et de l'ordinateur** » ; in Glossa, les cahiers de l'UNADRIO, n°25, juin 1991, p44

[REVY-91] → P.Révy, « **un nouvel outil pour l'orthophonie** », in Glossa, les cahiers de l'UNADRIO, n°25, juin 1991, p42-43

[ROCH-01] → J.B. Roch, **Douze clefs pour la rééducation de la voix**, in [KLEIN et al-01], p51-65

[ROUBEAU-02] → B.Roubeau, **Registres vocaux et passages**, in [CORNUT et al-02], p19-31

[RYALLS et al-91] → J.Ryalls, M.Cloutier, D.Cloutier, **Evaluation de l'efficacité de deux interventions orthophoniques réalisées avec le SpeechViewer (IBM)**, in Glossa, les cahiers de l'UNADRIO, n°25, juin 1991, p36-37

[SESANE-02] → site **Sesane**, [en ligne] <http://www.sqlab.com/sesaneFR.htm>, consulté le 15.07.2002

[SICARD et al-95] → E. Sicard et A.Menin, **Analyse spectrale des sons musicaux et de la parole**, in Le Bulletin de l'Union des Physiciens, n°778, Vol.89, p1781-1795, Novembre 1995

[SICARD-01] → E. Sicard, site de **Vocalab2**, [en ligne] <http://intrade.insa-tlse.fr/~etienne/vocalab2/infogene.html>, mis à jour le 11.12.2001, consulté le 24.10.2002

[SIRENE-02] → **Autocontrôle et correction de la voix – sirène 2.htm**, [en ligne] <http://www.inria.fr/rapportsactivite/RA95/syco/node56.html>

[SPVIII-02] → site **IBM accessibilité**, [en ligne] <http://www-3.ibm.com/able/europe/fr/spview.3.html>, consulté le 24.10.2002

[WOISARD-00] → V.Woisard-Bassols, **Bilan clinique de la voix**, Encycl Méd Chir (Editions Scientifiques et Médicales Elsevier SAS, Paris, tous droits réservés), Oto-rhinolaryngologie, 20-753-A-10, 2000, 12p

## **Mémoires pour l'obtention du certificat de capacité d'orthophonie**

[ADAMKIEWICZ-91] → Adamkiewicz C, Bray M, Leclercq E, **Analyse spectrale de la voix**, Lille, 1991

[CHAISTRAGNAT et al-02] → N. Chastragnat et S. Pastor, **Le mouvement sensible de la voix**, Toulouse, 2002

[DELMAS-99] → S. Delmas, **Quelle place pour l'informatique au sein de la pratique des orthophonistes**, Toulouse, 1999

[DOYEN-95] → I. Doyen, **Rééducation vocale : « relativiser l'objectivable en le nuancant, objectiver le subjectif en le maîtrisant »**, mémoire dirigé par Mme Dejong Estienne, Lille, 1995

[DROUILLARD-98] → E. Drouillard, **Intérêts des mesures acoustiques et aérodynamiques de la voix chez les patients dysphoniques. A propos de 12 observations**. mémoire dirigé par Mme Allais, Tours, 1998

[MAILLEFERT-99] → A. Maillefert, **Apports et limites de l'analyse spectrale et acoustique de la voix au moyen d'un système informatique : WinSnorry**, Nancy, 1999

[MICHEL-82] → C. Michel et F. Seignobos, **Etude comparative des différentes méthodes de rééducation des dysphonies fonctionnelles en France**, Montpellier, 1982

[PELOUX-93] → V. Peloux, **Outil informatique et rééducation : intérêt du Speech Viewer**, Montpellier, 1993

[POTTIE-93] → S. Pottié, **A propos d'un programme informatisé concernant l'analyse acoustique de la voix et de la parole**, mémoire dirigé par C Drillet, Tours, 1993

[ROUTIER-93] → C. Routier et A.S. Vanleys, **Analyse objective des troubles de la voix chez l'adulte, apport au niveau de la rééducation orthophonique**, Lille, 1993

[SLIWA-96] → D. Sliwa, **L'informatique comme outil d'évaluation et de rééducation dans la prise en charge orthophonique des troubles de la voix**, mémoire dirigé par Mme Osta, Nice, 1996

## **Thèse**

[MORSOMME-01] → D. Morsomme, **Contribution à la détermination de paramètres subjectifs et objectifs pour l'étude de la voix**, thèse de doctorat en psychologie : Logopédie, Louvain-la-Neuve, 2001

## **Matériels multimédias**

[SIRENE-96] → **SIRENE, Système Interactif de Rééducation des Non Entendants**, Production INRIA UCIS Audiovisuel, Nancy 1996, VHS 12 minutes propriété de l'INRIA