



HAL
open science

La voix en images : comment l'évaluation objectivée par logiciel permet d'optimiser la prise en charge vocale

Stéphanie Perriere

► To cite this version:

Stéphanie Perriere. La voix en images : comment l'évaluation objectivée par logiciel permet d'optimiser la prise en charge vocale. *Rééducation orthophonique*, 2013, 254, pp. 103-119, ISSN 0034-222X. hal-00872413

HAL Id: hal-00872413

<https://hal.science/hal-00872413>

Submitted on 12 Oct 2013

HAL is a multi-disciplinary open access archive for the deposit and dissemination of scientific research documents, whether they are published or not. The documents may come from teaching and research institutions in France or abroad, or from public or private research centers.

L'archive ouverte pluridisciplinaire **HAL**, est destinée au dépôt et à la diffusion de documents scientifiques de niveau recherche, publiés ou non, émanant des établissements d'enseignement et de recherche français ou étrangers, des laboratoires publics ou privés.

La voix en images : comment l'évaluation objectivée par logiciel permet d'optimiser la prise en charge vocale.

The image of voice : how to optimise vocal rehabilitation through objective assesment with IT tools.

Stéphanie Perrière

Orthophoniste

Institut Universitaire de la Face et du Cou – Nice

10 avenue Durante 06000 NICE

Résumé

La prise en charge des troubles vocaux a considérablement évolué avec l'apparition des supports informatiques permettant une évaluation objective de la voix et un feed-back visuel accessible au patient à chaque étape de sa prise en charge. A partir de la mesure des différents marqueurs vocaux est réalisée une analyse dont l'interprétation permet d'objectiver et visualiser des signes pathologiques. Une fois ces signes corrélés aux données perceptives et à l'auto-évaluation, un projet thérapeutique est mis en place. Les progrès peuvent être comparés dans le temps à l'aide de marqueurs pertinents et transmissibles. L'analyse spectrale s'impose ainsi en complément des perceptions kinesthésiques, visuelles et auditives indispensables pour trouver le geste vocal optimal. Le patient s'en trouve rassuré, valorisé et guidé dans la rééducation. Un cas clinique portant sur un patient présentant une paralysie récurrentielle gauche post thyroïdectomie permet d'apporter un éclairage sur l'intérêt de l'utilisation de ces nouveaux outils ou comment voir sa voix peut changer le cours de la prise en charge.

Mots clés : voix, évaluation, comparaisons, rééducation vocale, analyse objective, feed-back visuel, logiciel.

Abstract

The treatment of vocal disorders has been considerably improved by IT tools, allowing an objective voice assessment as well as an accessible visual feedback for the patient at each step of his rehabilitation. The analysis of vocal markers gives objective measurement and viewing of the pathological signs. Once correlated to perceptual data and self-assessment, a therapeutic project could be set. Improvements can be compared over time using relevant and transmissible markers. Spectral analysis is necessary to complete kinesthetic, visual and auditory perceptions which underlie the optimum vocal gesture. The patient feels guided and secured and his reeducation experience is enhanced. A clinical case, based on a patient with a post thyroidectomy left recurrent laryngeal paralysis, allows to shed new light on the interests of those new reeducation tools. It shows us how being able to see its own voice can change the course of speech therapy.

Key words : Voice, assessment, comparaisons, objective analysis, vocal rehabilitation, visual feed-back, IT tools.

I. INTRODUCTION

La voix est un signal dont la description et le traitement font appel au vécu, à la subjectivité, à l'identité, aux perceptions propres à chaque individu. Voir la voix, en fixer l'image dans le temps permet d'en faire une analyse objective en fonction de paramètres précis, comparables et transmissibles. ⁽¹⁾ Les cliniciens s'accordent à dire que les informations objectives apportent une meilleure analyse physiopathologique et s'incluent dans les protocoles d'évaluation clinique ^{(6 (7))}. Les acousticiens et linguistes ont adapté les outils d'analyse en question à la clinique. ⁽⁵⁾ Bien qu'elles ne constituent pas à elles seules un élément diagnostique, elles permettent de comparer objectivement les effets des différents traitements des dysphonies ^{(8) (9)}

Le spectrogramme est un outil en trois dimensions (temps, intensité et fréquence) indispensable pour l'analyse de la qualité de la voix. ⁽⁴⁾ Son interprétation guide le thérapeute et le patient dans la proposition d'axes thérapeutiques spécifiques. Grâce au feed-back visuel et auditif, en temps réel, le patient parvient à modifier son geste vocal et à obtenir un meilleur rendement vocal. Il représente un complément pertinent à notre compétence perceptive et intuitive. Par ailleurs, 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 ». ⁽³⁾

Avec un minimum de pratique, la manipulation des supports permettant cette analyse est très aisée, rapide et accessible à tous. Un logiciel n'est donc pas incompatible avec les différentes méthodes rééducatives et peut se révéler utile, intégré de façon intelligente dans la démarche rééducative. Il reste un outil auquel on se réfère ponctuellement au cours de la rééducation afin d'étayer et de visualiser le propos, tout comme cela est le cas dans le traitement d'autres pathologies relevant de l'orthophonie.

II. LES OUTILS INFORMATIQUES

Un ordinateur fixe ou portable et un micro-voix directionnel (50 euros environ) suffisent à la manipulation des logiciels d'analyse acoustique. En milieu hospitalier, le logiciel EVA permet une analyse acoustique et aérodynamique complète. Dans la pratique de ville, les deux logiciels suivants sont utilisés.



VOCALAB

Anne Menin-Sicard et Etienne Sicard sont à l'origine de cet outil de visualisation spectrale en temps réel ou différé des paramètres de la voix et de la parole. Il représente un intérêt pédagogique certain (facilité d'accès, d'interprétation, enregistrement en temps réel et feed-back). Son coût est de 299 euros. Une nouvelle version, comprenant des indicateurs spécifiques d'instabilité et de bruit, est en cours de validation par l'équipe de recherche Unadreo ERU 15, mise en place en 2012 pour une durée de 3 ans, dans le cadre du laboratoire LURCO avec P. Gatignol, S. Borel, S. Perriere, J. C. Farenc, E. Sicard et A. Menin-Sicard.



PRAAT

Ce logiciel d'analyse et de transcription phonétique, créé par Paul Boersma et Daniel Weenink, est téléchargeable gratuitement à partir du site www.praat.org. Toutes les données sont quantifiées et permettent une évaluation précise des indicateurs pathologiques ainsi qu'une grande transmissibilité puisque son utilisation est largement répandue et validée scientifiquement. Toutefois, Praat bénéficie d'une visée thérapeutique et pédagogique beaucoup plus limitée de par l'absence de traitement de l'information en temps réel et le visuel peu ergonomique.

III. PRESENTATION DU CAS

A. Anamnèse

Monsieur D. est adressé pour une dysphonie avec paralysie récurrentielle gauche en position para-médiane post-thyroïdectomie totale. Le patient est pilote d'hélicoptère et se trouve dans l'incapacité d'exercer au vu de son trouble vocal.

B. Evaluation subjective

L'échelle **GRBASI**⁽⁹⁾ est également cotée en fonction des critères suivants :

- G : *Grade* (grade) : degré de sévérité de la dysphonie
- R : *Rough* (raucité) : fluctuation irrégulière et aggravation de la hauteur
- B : *Breathy* (souffle): en rapport avec une incompétence glottique
- A : *Asthenic* (asthénie): hypotonie, insuffisance de puissance, faible intensité, peu d'harmoniques aigus
- S : *Strained* (serrage): hypertonie, voix aiguë
- I : Instabilité vocale

Pour chacun des traits, 4 niveaux de sévérité ont été définis (0= normal ; 1= légèrement altéré ; 2= moyennement altéré ; 3= sévèrement altéré). Le score du patient au GRBASI initial est le suivant : gravité du trouble = 2 ; raucité = 2 ; souffle et incompétence glottique = 2 ; asthénie, hypotonie, manque de puissance = 2 ; serrage, hypertonie, harmoniques aigues = 1 ; instabilité = 3.

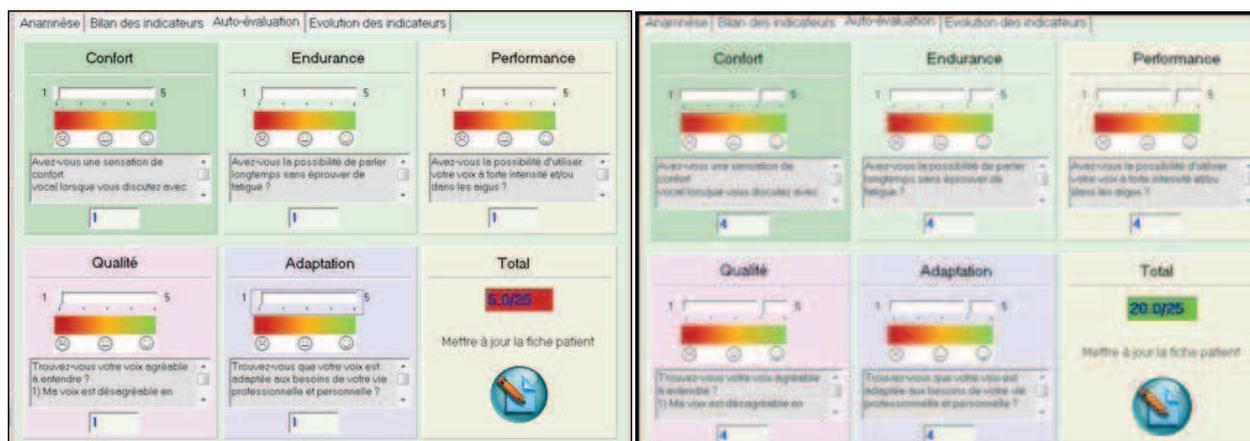
C. Auto-évaluation

L'échelle d'auto-évaluation «**Voice Handicap Index**» est proposée au patient.⁽¹¹⁾ Elle comprend 30 questions cotées en fonction du degré de sévérité du trouble sur une échelle de 0 à 3 (0 correspondant à la voix normale, 1 à la voix légèrement diminuée, 2 à la voix moyennement diminuée, 3 à la voix sévèrement diminuée, 120 = handicap max). Le score obtenu au bilan initial est de 70/120 avec un retentissement sur tous les plans (émotionnel, physique, fonctionnel). La voix est soufflée, bi-tonale et éraillée associée à une dyspnée à la phonation.

La nouvelle version de Vocalab intègre également une interface d'auto-évaluation rapide dont les critères sont estimés par le patient sur une échelle de 1 (très altéré) à 5 (très satisfaisant). Cette échelle, très pragmatique, permet de corréler facilement la perception subjective du patient aux résultats objectifs, de fixer les axes thérapeutiques et d'évaluer avec précision l'apport de la prise en charge. Par ailleurs la comparaison entre bilan initial et final est extrêmement lisible et reflète l'évolution de l'adaptation vocal à l'environnement. Dans le cas présent, le score total passe de 5/25 à 20/25 et la satisfaction du patient induit naturellement l'arrêt de la rééducation.

Au bilan initial

Au bilan final



Interface « auto-évaluation » de Vocalab

D. Geste vocal

Le niveau de tonus général est très tonique avec une posture caractéristique du comportement hyperkinétique (élévation du menton, protraction du cou, participation des épaules, tensions péri-laryngées). On note la présence d'adhérences musculaires autour de la cicatrice. Le geste vocal est très peu canalisé dans un contexte d'hyperactivité, perfectionnisme et anxiété.

E. Parole

Les fonctions oro-faciales et l'articulation sont normales. Le débit de parole rapide et les pauses rares et brèves ne facilitent pas la gestion du trouble vocal. Le module « étendue vocale » de Vocalab permet de chiffrer la prosodie qui est relativement préservée dans le cas présent (77-400Hz).

F. Objectifs thérapeutiques

Vocalab nous a permis d'objectiver des troubles pneumo-phoniques, de la mobilisation laryngée et de la stabilité ondulatoire qui seront travaillés en rééducation. Le contrôle de la hauteur et l'optimisation de la résonance devront également être abordés.

IV. MARQUEURS VOCAUX

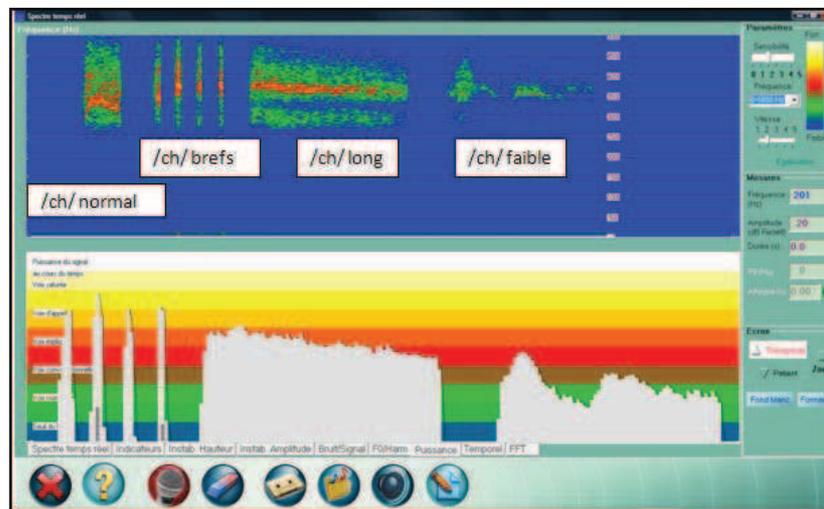
Le cas clinique a été évalué avec les deux logiciels dont les résultats concordent, bien qu'ils soient étalonnés différemment (écart-type par rapport à une norme ramenée à 1 pour Vocalab). Par souci de simplification et également parce que seul Vocalab permet le traitement du signal en temps réel lors de la rééducation, la présentation sera axée sur la nouvelle version de Vocalab.

A. Respiration

D'un point de vue perceptif, on observe un comportement respiratoire anarchique et une dyspnée d'effort. La gestion costo-abdominale et la coordination pneumo-phonique seront travaillées avec l'aide du feed-back visuel.

INDICATEURS	AU BILAN INITIAL	PISTES REEDUCATIVES	AU BILAN FINAL
GESTION DU SOUFFLE COSTO-ABDOMINAL	Dyspnée d'effort à la phonation et pression expiratoire excessive .	<ul style="list-style-type: none"> ♪ Tenue d'une fricative sourde /ch/ /s/ /f/ régulière en temps réel avec le feed-back visuel. ♪ Mise en place de la colonne d'air à la paille puis sans paille (technique de rééducation à la paille de B. Amy de la Bretèque). ♪ Travail de la notion de durée et de pression. ♪ Evaluation et répartition de l'énergie des formants pour la gestion pneumo-phonique. 	<ul style="list-style-type: none"> • Stabilisation de la pression sous-glottique. • Ajustement de la pression sous-glottique • Soutien abdominal et colonne d'air
REPRISES INSPIRATOIRES PASSIVES	Reprises hautes, bruyantes et excessives.	Détente costo-abdominale	<ul style="list-style-type: none"> • Inspiration passive, rapide et silencieuse. • Absence de traces d'inspiration sur le spectre
COORDINATION PNEUMOPHONIQUE	Anarchique	Tenues vocaliques, comptage, mots, phases courtes et pauses inspiratoires régulières.	Mise en lien pression sous-glottique et phonation.
ALLONGEMENT DU TEMPS PHONATOIRE	Mauvaise gestion de la longueur des rhèses.	Amélioration de l'endurance par allongement de la tenue du souffle puis de la tenue des sons.	Absence d'essoufflement à la parole.

Production de /ch/ normal, brefs, long, faible

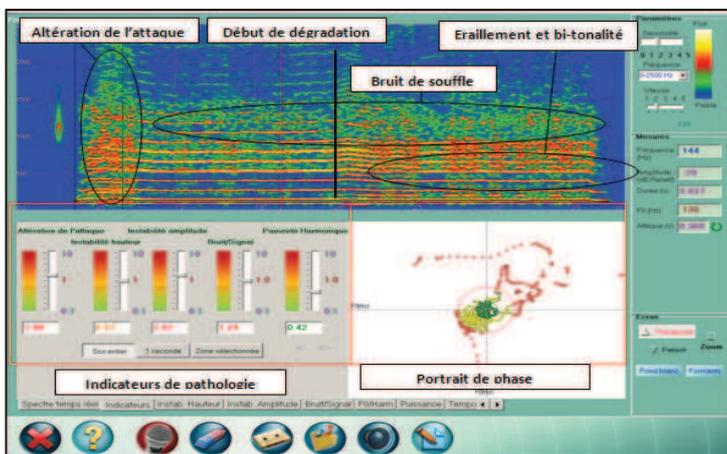


- Afin de mettre en place le souffle costo-abdominal et de canaliser la pression expiratoire, le patient visualise ses productions en terme d'énergie (du vert au rouge sur le spectre ; niveau de l'onglet puissance) et de durée.

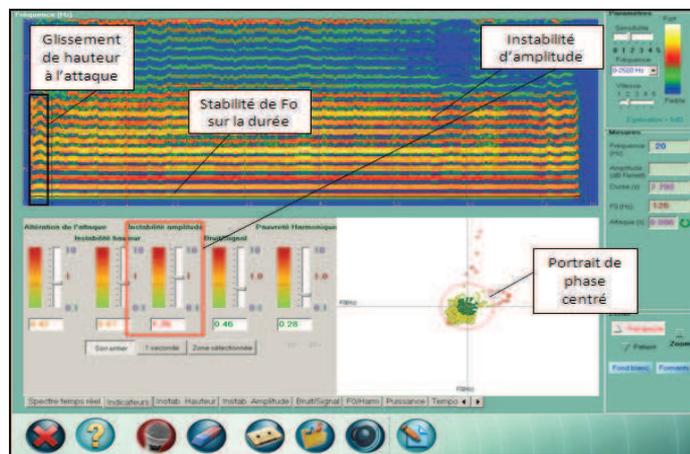
B. Fonctionnement laryngé : niveau d'accolement glottique.

Sur le plan perceptif, le timbre est soufflé, rauque et bi-tonal. Les marqueurs objectifs mettent en évidence un dysfonctionnement glottique dû à la fuite intra-cordale. La prise en charge améliorera la mobilisation laryngée et le rendement vocal.

Spectrogramme /a/ - avant



Spectrogramme /a/ - après



➤ Le spectre permet de visualiser l'intégralité du /a/ mais les indicateurs de pathologie dissocient, mesurent et comparent les paramètres vocaux par rapport à une norme ramenée à 1.

INDICATEURS	AU BILAN INITIAL	PISTES REEDUCATIVES	AU BILAN FINAL
TMP	Altération du temps maximum phonatoire.	Amélioration de l'accolement et donc du temps phonatoire en temps réel, à l'aide du chronomètre.	Allongement du TMP
<i>n=10-15 sec</i>	<i>A : 6 sec</i> <i>S : 18 sec</i> <i>Z : 8 sec</i>		<i>A : 17 sec</i> <i>S : 18 sec</i> <i>Z : 17 sec</i>
RAPPORT s/z	<ul style="list-style-type: none"> Dysfonctionnement glottique. Mauvais rendement laryngé. 	Comparaisons d'endurance à distance.	Meilleur rapport tenue souffle/ tenue vibration.
<i>n=1</i>	<i>s/z = 2.2</i>		<i>s/z = 1</i>
HIGH FREQUENCY POWER RATIO⁽¹⁷⁾ (Praat)	Traces parasites de souffle.	<ul style="list-style-type: none"> Renforcement de la mobilité glottique (glottages soufflés et voisés, constrictives sourdes en saccades et toniques). Voisement grâce à des moyens facilitateurs (consonnes sonores, nasales, paille). 	Nette diminution d'énergie acoustique liée au souffle.
<i>n > -30 dB</i>	<i>HFPR = -24</i>		<i>HFPR = -39 dB</i>

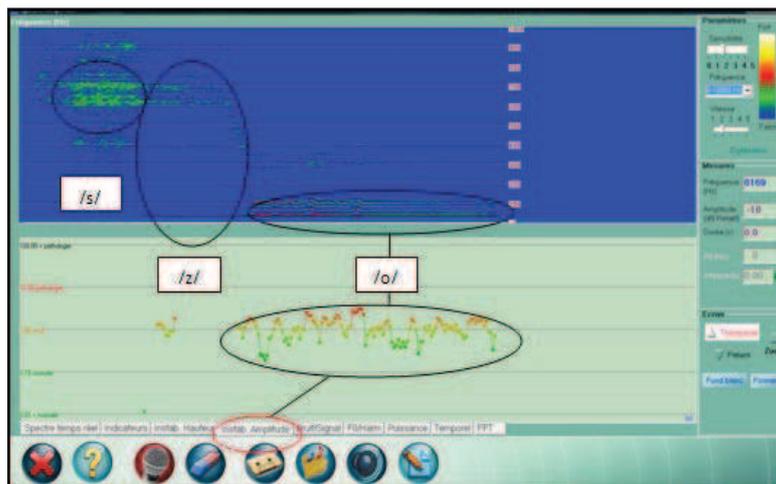
VOICE ONSET TIME ⁽¹⁴⁾	Délai de mise en vibration du larynx.	Réduction du délai de mise en vibration laryngée sur des syllabes type occlusive+voyelle.	Délai de voisement amélioré.
<i>n < 30 ms</i>	<i>VOT = 35 ms</i>		<i>VOT = 25 ms</i>
ATTAQUE	Attaque très bruitée.	Stabilisation et ajustement de l'attaque : voyelles piquées, soufflées, accolées.	Attaque stable, propre et gérée.
<i>n = 1</i>	<i>1.98</i>		<i>0.92</i>
ENDURANCE	Dégradation rapide du spectre qui indique un mauvais rendement vocal dans le temps.	<ul style="list-style-type: none"> ♪ Amélioration de l'endurance et de la capacité à terminer le son proprement (extinction). ♪ Répartition de l'énergie vocale sur la durée afin d'optimiser le rendement. ♪ Etablissement du lien entre soutien et tenue durable du son. 	Conservation de la structure spectrale qui permet d'objectiver une bonne endurance.
	<i>2 secondes</i>		<i>5.5 secondes</i>

Mesure du temps phonatoire



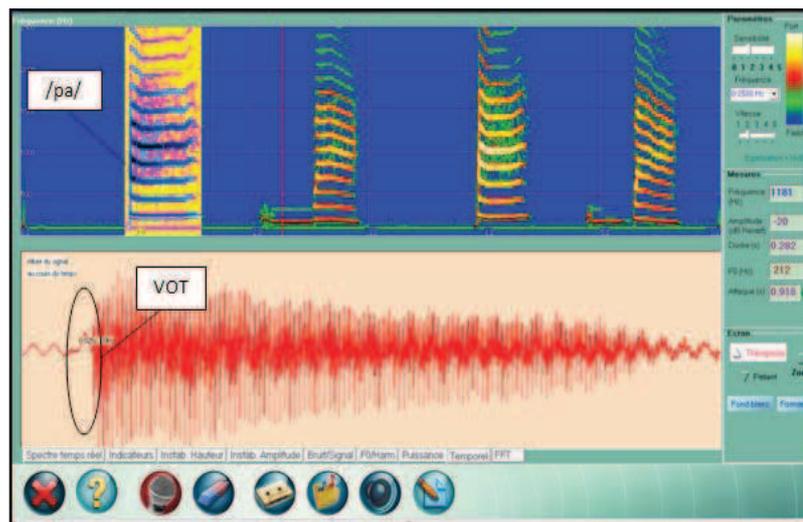
- Le curseur défile à mesure et situe la performance en fonction du code couleur (rouge : pathologique ; vert : normal. Le temps phonatoire est calculé sur /a/, /s/ et /z/ afin de préciser le rapport s/z, indicateur de fonctionnement laryngé.

Transitions souffle-mise en vibration-vocalisation.



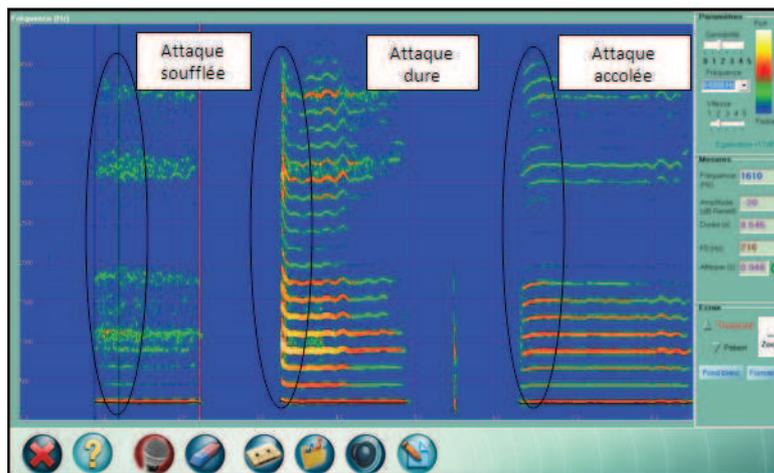
- Grâce au feed-back visuel, le patient peut gérer le soutien abdominal (/s/), améliorer la fermeture glottique et la stabilisation vibratoire (/z/) et optimiser la résonance (/o/).

Production de /pa/- mesure du Voice Onset Time



- Le délai de mise en vibration de larynx représente un marqueur de dysphonie. L'écran montre la superposition du spectrogramme (écran du haut) et d'une portion sélectionnée (/pa/) du son avec son allure temporelle (écran du bas). L'explosion du /p/ est suivie par l'établissement de la voyelle /a/. Le Voice Onset Time définit la distance temporelle entre le /p/ et la portion stable du /a/.

Attaque soufflée, dure, accolée.



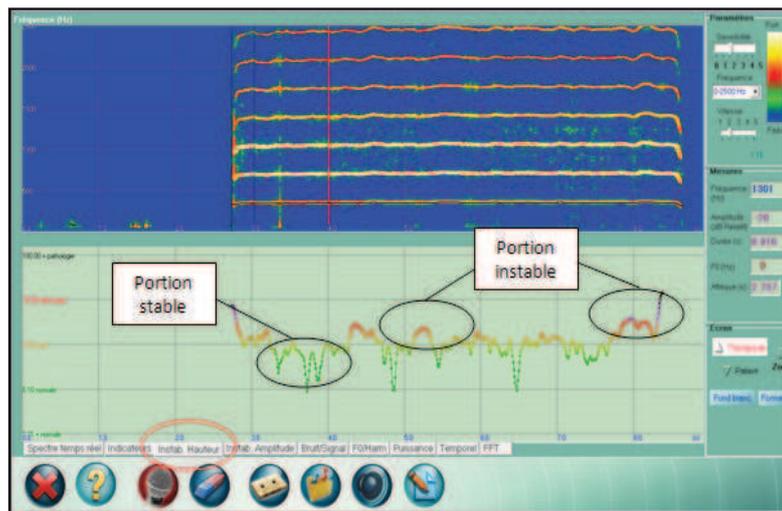
- A partir spectre en temps réel, la patient peut tester les différents niveaux d'accolement glottique et corriger son geste.

C. Stabilité

L'analyse perceptive laisse à penser que les capacités vibratoires sont déficitaires, ce qui sera confirmé par les marqueurs objectifs. Par conséquent, nous travaillerons l'assouplissement de la néo-corde et la stabilisation ondulatoire.

INDICATEURS	AU BILAN INITIAL	PISTES REEDUCATIVES	AU BILAN FINAL
<ul style="list-style-type: none"> ✓ JITTER ✓ PORTRAIT DE PHASE ✓ SIGNAL TEMPOREL D'INSTABILITE DE HAUTEUR 	Stabilité de Fo très variable avec ponctuellement des traces de vibrations asynchrones.	<ul style="list-style-type: none"> 🎵 Renforcement de la qualité vibratoire à partir du signal en temps réel, permettant de d'apprécier la stabilité de hauteur. 🎵 Emissions de syllabes en /b/ :accolement puis voisement pour assouplir la corde. 🎵 production en /ch/ et /l/ et /j/ pour stabiliser l'ondulation. 	Récupération d'une bonne stabilité de hauteur sur la durée.
<i>n=1</i>	<i>Entre 0.97 et 2.6</i>		<i>0.9</i>
<ul style="list-style-type: none"> ✓ SHIMMER ✓ PUISSANCE ✓ SIGNAL TEMPOREL D'INSTABILITE D'AMPLITUDE 	Instabilité d'amplitude et forçage compensatoire.	<ul style="list-style-type: none"> 🎵 Recherche du niveau de puissance engendrant une vibration synchrone sans traces de bi-tonalité. 🎵 Stabilisation et ajustement de l'amplitude à partir du signal en temps réel sans forçage compensatoire. 	Amélioration de la stabilité.
<i>n=1</i>	<i>2.07</i>		<i>1.25</i>

Stabilisation de la hauteur du signal en temps réel



- L'écran montre la superposition du spectrogramme (écran du haut) et l'instabilité en hauteur calculé au cours du temps, la norme étant à 1.0. Une valeur sous le trait horizontal 1.0 indique une faible instabilité apparaissant en vert et au-dessus du trait, une instabilité élevée apparaissant en rouge. L'indicateur d'instabilité en hauteur est la moyenne de ces valeurs instantanées.

D. Hauteur

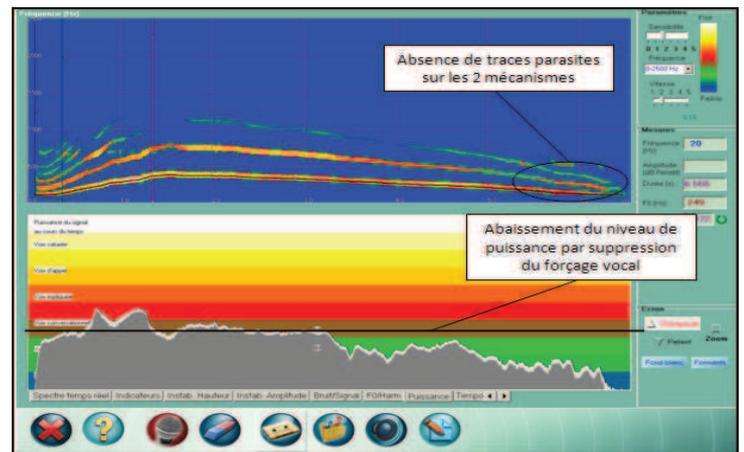
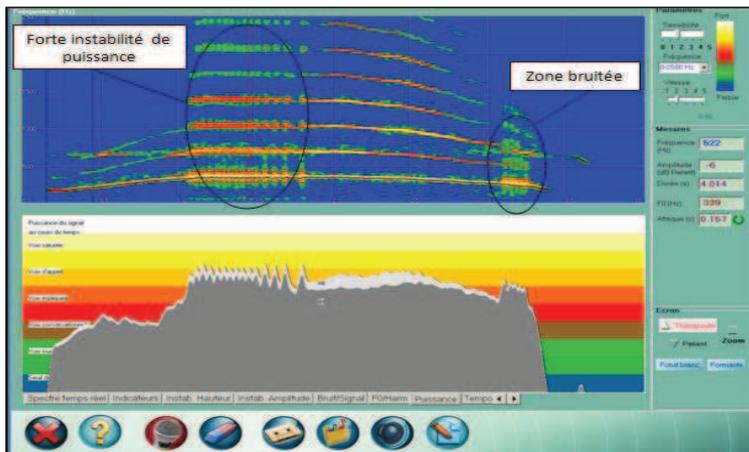
La voix du patient n'est claire que dans les aigus et il ne parvient plus à produire des sons stables en voix de poitrine. Seront donc abordées la gestion de la hauteur tonale et l'étendue vocale.

INDICATEURS	AU BILAN INITIAL	PISTES REEDUCATIVES	AU BILAN FINAL
FONDAMENTAL USUEL MOYEN (Fo)	Elévation pathologique du fondamental.	<ul style="list-style-type: none"> Abaissement du Fo à partir de la zone de résonance optimale et de la voix de tête : glissades descendantes jusqu'en voix de poitrine en maintenant la propreté spectrale. Maîtrise du Fo et stabilisation à l'aide du signal en temps réel. 	Récupération d'un fondamental normal.
<i>n=110-145 Hz</i>	<i>Fo = 130 Hz</i>		<i>Fo = 120 Hz.</i>
REGISTRE DE CONFORT : ZONE DE RESONANCE MAXIMALE	Dans la zone de passage car le patient ne sonorise bien que dans la partie haute de l'étendue.	<ul style="list-style-type: none"> Prise de repères du Fo optimal à partir du clavier et de la note enregistrée sur le portable du patient afin qu'il puisse la ré-entendre à tout moment. 	Le rendement vocal est efficace dans la zone usuelle normale.
	<i>Autour de 330 Hz</i>		<i>Autour de 130 Hz</i>

ETENDUE VOCALE	Etendue vocale réduite dans la portion des graves.	<ul style="list-style-type: none"> ♪ Augmentation de l'étendue vocale et des contours mélodiques à partir de l'histogramme. ♪ Récupération de la tessiture grave. ♪ Sensibilisation à la mélodie et l'intonation par la visualisation des variations mélodiques. 	Abaissement de la fréquence minimale et augmentation de l'étendue vocale.
<i>n=120Hz-400Hz</i>	<i>Fo min = 180Hz Fo max = 340 Hz</i>		<i>Fo min = 115 Hz Fo max = 380 Hz</i>
MECANISMES LARYNGES	Présence des deux mécanismes laryngés sont présents mais la voix de poitrine est très bruitée.	<ul style="list-style-type: none"> ♪ Gestion des 2 mécanismes vocaux et de la zone de passage (phonétogramme). ♪ Etendue de la dynamique vocale à la voix de passage puis au mécanisme 1, à l'aide de glissades et modulations de hauteur. 	Possibilité de passer en cordes épaisses (mécanisme I) et de récupérer la zone des graves.

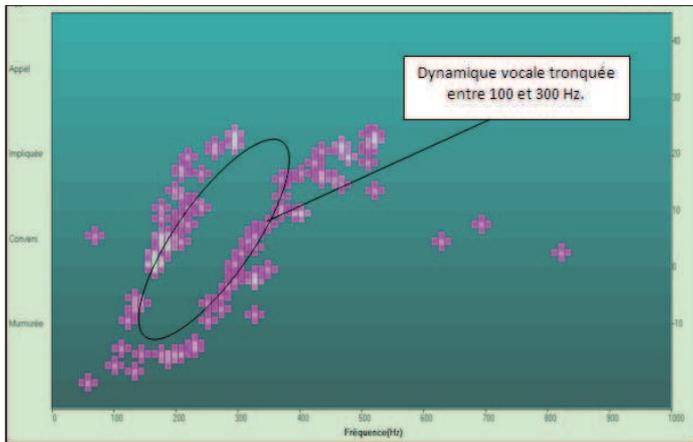
Sirène sur /ou/ -avant

Sirène sur /ou/ - après

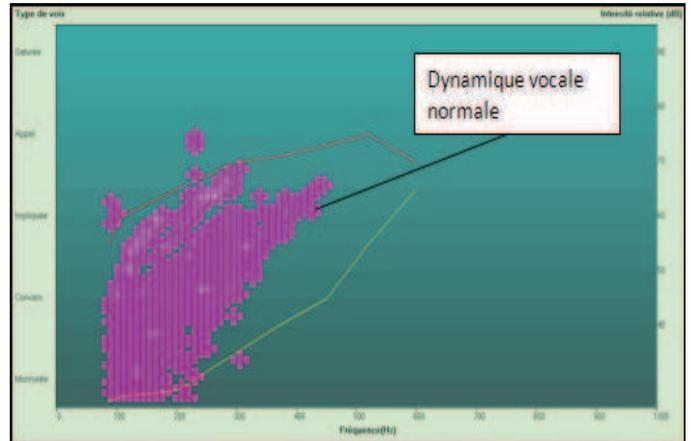


➤ Le spectre en temps réel et l'onglet « puissance » permettent d'objectiver une réelle progression en terme de propreté du son et d'ajustement du geste sans forçage vocal sur toute l'étendue vocale.

Phonétogramme – avant

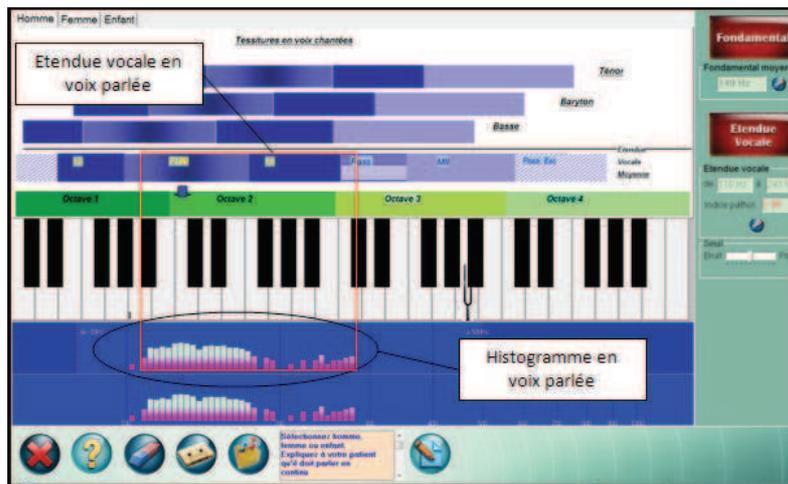


Phonétogramme – après



- La dynamique vocale est ici appréciée dans sa globalité, en terme d'étendue (fréquences en Hz) et d'intensité (niveau de puissance relatif). La zone peu ou pas représentée lors de l'évaluation initiale a été renforcée par le travail vocal.

Etendue vocale



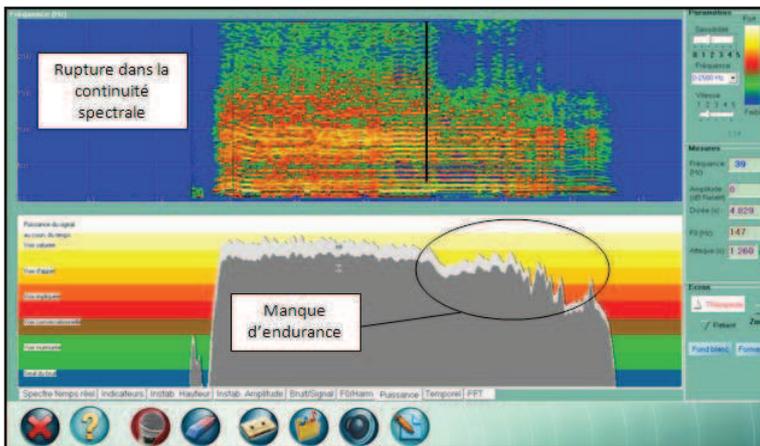
- A partir des interfaces « Fondamental » et « Etendue vocale », l'écart entre F_0 minimum et maximum peut être augmenté selon diverses modalités de parole (lecture, conversation, voix impliquée), en temps réel ou différé.

E. Intensité relative

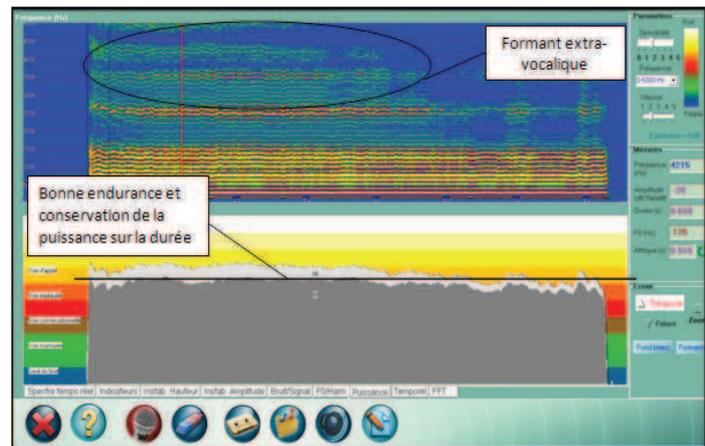
Un comportement de forçage vocal est mis en évidence, tant sur le plan perceptif qu'objectif. La puissance n'est obtenue qu'au détriment du confort et du rendement. La prise en charge portera donc aussi sur le développement du timbre et de l'audibilité afin de privilégier le volume des résonateurs plutôt que l'augmentation de pression sous-glottique.

INDICATEURS	AU BILAN INITIAL	PISTES REEDUCATIVES	AU BILAN FINAL
PUISSANCE VOCALE	<ul style="list-style-type: none"> • Impression subjective de manque de portée provenant davantage de la pauvreté du timbre que de l'intensité puisque le niveau de puissance situe le patient en voix conversationnelle à environ 50-60 dB. • Production du /a/ projeté qui met en évidence un gain de puissance sur les 3 premières secondes puis une baisse d'intensité liée à la faible endurance. • Détérioration de la qualité du spectre par la projection vocale (forçage). 	<ul style="list-style-type: none"> • Différenciation voix conversationnelle, voix impliquée, voix projetée • Distinction du paramètre d'intensité (puissance, pression sous-glottique) de celui de timbre (volume, impédance ramenée sur le larynx). • Ajustement de la puissance vocale à la qualité du timbre à partir du spectre en temps réel. • Répartition de l'énergie vocale sur l'ensemble du spectre. 	<ul style="list-style-type: none"> • Grâce à la récupération de l'audibilité liée à la qualité de la vibration cordale et à l'optimisation de la résonance, le patient n'a plus à fournir autant de pression sous-glottique pour porter la voix. • Stabilité de puissance sur toute la durée de la production.

/a/ fort tenu –avant



/a/ fort tenu - après



- La comparaison entre les deux spectres permet de visualiser la conservation de l'intensité sur la durée, sans forçage.

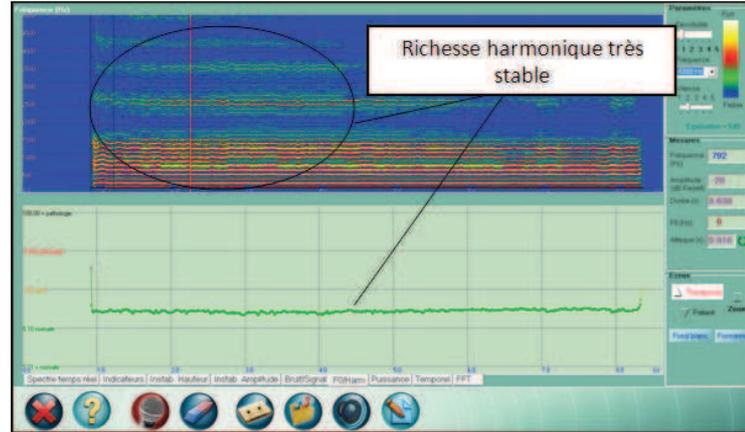
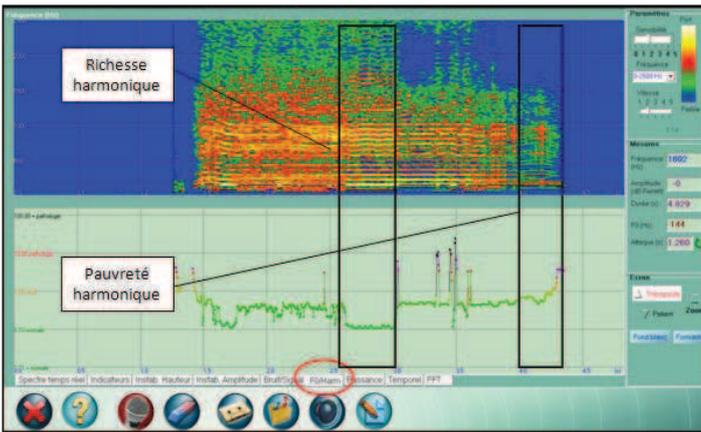
F. Timbre et qualité harmonique

Sur le plan perceptif, on note une altération de la qualité vibratoire ainsi qu'une faible résonance. Les marqueurs objectifs démontrent en effet un signal très bruité et une structure harmonique pauvre. Les objectifs thérapeutiques prendront donc en compte la propreté du son et sa richesse.

INDICATEURS	AU BILAN INITIAL	PISTES REEDUCATIVES	AU BILAN FINAL
PROPRETE : RATIO BRUIT/SIGNAL	Présence de traces erratiques d'érailement, de bi-tonalité et de souffle provenant de l'altération des capacités vibratoires et du défaut d'accolement.	<ul style="list-style-type: none"> ♪ Amélioration de la qualité du son (ratio bruit/signal) en temps réel à partir de voyelles tenues, syllabes. ♪ Mise en lien du résultat (propreté du tracé) avec le geste produit : niveau de hauteur, de dynamique vocale, de tension d'accolement. 	Absence de traces parasites sur l'ensemble du spectre.
<i>n=1</i>	<i>1.24</i>		<i>0.46</i>
TIMBRE VOCALIQUE : FONDAMENTAL F1 F2 F3	<ul style="list-style-type: none"> • Formants vocaliques distincts mais présence de sub-harmoniques à l'attaque et dans la seconde partie du spectre. • Energie répartie sur les 2 premiers formants uniquement. 	<ul style="list-style-type: none"> ♪ Stabilisation du fondamental, signe de bonne vibration cordale. ♪ Travail de la mobilité et de la souplesse du vibrateur afin de supprimer les traces parasites et d'enrichir le timbre en harmoniques . ♪ Conservation de la richesse spectrale même après les consonnes. ♪ Enrichissement du timbre par des sons bouche fermée, entrouverte. 	<ul style="list-style-type: none"> • Timbre redevenu riche, clair et sonore. • Absence de sub-harmoniques révélateurs de bi-tonalité. • Energie répartie sur les 2 premiers formants mais également sur F3 (meilleure utilisation de la résonance labiale)
	6 harmoniques.		12 harmoniques
TIMBRE EXTRA- VOCALIQUE : F4	<ul style="list-style-type: none"> • Peu de richesse harmonique. • Timbre pauvre, éteint, soufflé et rauque. • Utilisation de la pression sous-glottique pour palier à l'inaudibilité. 	<ul style="list-style-type: none"> ♪ Mise en place du singing formant par amélioration de la résonance (augmentation du volume pharyngo-buccal) ♪ Distinguer audibilité (résonateurs), intelligibilité (articulation) et puissance vocale (intensité). ♪ Optimisation du rendement et de l'accolement cordal en augmentant l'impédance ramenée sur le larynx . 	<ul style="list-style-type: none"> • F4 présent sur les $\frac{3}{4}$ du spectre. • Timbre riche, sonore et clair. • Utilisation des résonateurs pour amplifier le son sans recours à la puissance.

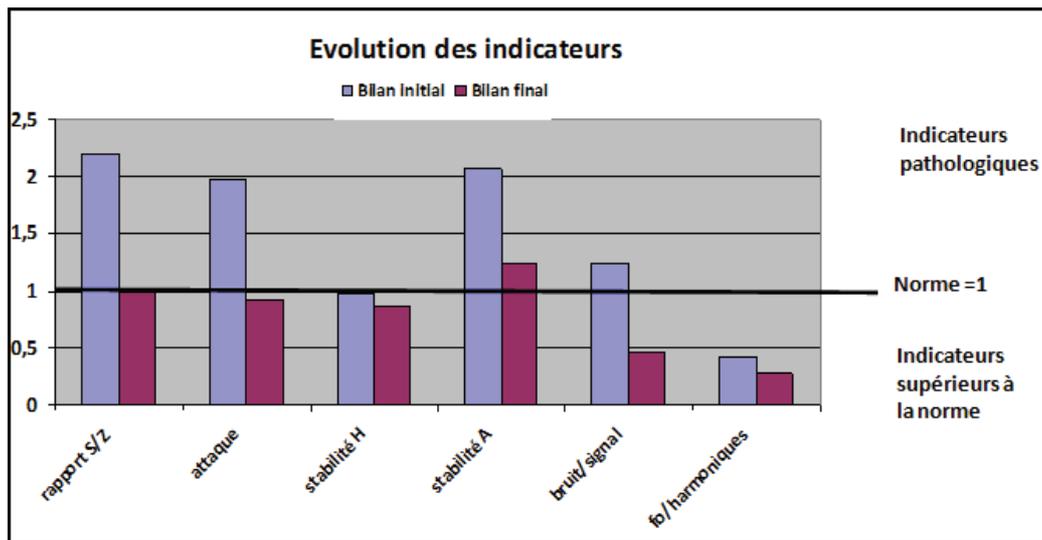
Rapport Fo/harmoniques /a/ fort tenu-avant

Rapport Fo/harmoniques /a/ fort tenu-après



- L'indicateur de pauvreté harmonique passe sous la barre de 1.0 sur les portions normales à sub-normales et au-dessus de 1.0 sur les portions pathologiques.

V. SYNTHÈSE DES RESULTATS



L'amélioration de l'accolement lié à la compensation par la corde saine ainsi que le travail de stabilisation vibratoire et de pression sous-glottique ont permis de ramener les indicateurs les plus pathologiques à la norme. En effet, le rendement glottique (rapport s/z) a été amélioré de 120 % avec une répercussion fonctionnelle évidente sur la qualité et l'endurance phonatoire (suppression de la dyspnée). L'attaque est à présent tout à fait bien gérée avec un gain de 115 % en terme de stabilité, propreté et puissance, grâce à la mise en place du soutien costo-abdominal et à mise en vibration douce du larynx. La stabilisation de l'amplitude a également fortement augmenté (66 %) avec une gestion de la puissance vocale et une meilleure canalisation du geste. Le patient optimise la résonance (volume) plus qu'il n'augmente la pression expiratoire (intensité). En outre, le ratio bruit/signal permet de mettre en évidence un net bénéfice (170 %) quant à la propreté du timbre (absence de souffle et de traces parasites). Les autres indicateurs ont également tous été améliorés mais dans une moindre mesure.

Après 4 mois de prise en charge (soit une trentaine de séances), le score au Voice Handicap Index est de 20/120 avec surtout une notion de manque d'endurance et de fatigabilité à la phonation. Le score au GRBASI a lui aussi considérablement diminué. Le geste vocal est détendu, canalisé et ajusté à la situation. L'objectivation, la quantification des troubles et la possibilité d'un feed-back visuel représentent autant d'éléments déterminants dans l'investissement de la prise en charge par ce patient de prime abord plutôt peu confiant dans l'intérêt d'une rééducation.

VI. INTERETS ET LIMITES

L'utilisation des outils informatiques permet d'apporter une réponse à des contraintes de qualité des soins (démarche actuellement recommandée par l'ANAES, l'Agence Nationale d'Accréditation et d'Evaluation en Santé). Grâce à leur précision, les signes pathologiques sont mieux cernés et analysés. Les mesures objectives permettent de dépasser le plan subjectif du rééducateur et du patient et de s'appuyer sur des repères chiffrés pour motiver la prise en charge, établir des comparaisons dans le temps.^{(10) (15)} Ainsi, à partir du feed-back visuel en temps réel, l'image de la voix est réajustée et le patient parvient à corriger son geste vocal à mesure de la production en corrélant les données perceptives et objectives⁽¹⁶⁾. La traçabilité et la transmissibilité des données sont assurées dans le cadre d'une homogénéisation des pratiques et de la mise en place d'un discours scientifique commun.^{(13) (18)}

Il faut toutefois souligner la nécessité de mettre en liens résultat acoustique et geste vocal, analyse instrumentale et perception⁽²⁾. En effet, seule la corrélation entre le support objectif et l'image mentale pourra engrammer et automatiser le nouveau geste. Or, même si la plupart des patients en bénéficient, il arrive que certains gèrent difficilement la double afférence image-geste qu'ils jugent trop distractive. Les limites dans la fiabilité des analyses relatives aux conditions d'enregistrement (calibrage du micro, environnement, distance micro-patient, contraintes méthodologiques) sont également à prendre en compte. Le support informatique reste donc un «outil» mis au service des compétences et de l'expérience du rééducateur.

VII. CONCLUSION

Dans le cas de ce patient présentant une paralysie récurrentielle, la mesure des différents indicateurs vocaux par l'outil informatique a permis d'objectiver et visualiser un certain nombre de marqueurs pathologiques corrélés aux données perceptives et à l'auto-évaluation. A cette issue, un projet thérapeutique a été défini et les axes thérapeutiques ont été travaillés en temps réel à l'aide du logiciel. Ainsi, le patient est parvenu, grâce au feed-back visuel, à améliorer son geste, à compenser le trouble et à progresser dans les axes fixés en comprenant ses progrès dans le temps. L'étayage de l'outil a rassuré, guidé et valorisé le patient et lui a permis d'investir totalement la prise en charge. Tel un reflet non déformant, fidèle à la réalité qui renverrait l'image exacte du son : «miroir mon beau miroir, dis-moi comment est ma voix».

BIBLIOGRAPHIE

1. Baken R. J., Orlikoff R. F. (2000), «Clinical measurement of speech and voice», second edition, Delmar: Singular Thomson Learning, pp93-295
2. Cornut G. (2002). « Moyens d'investigation et pédagogie de la voix chantée ». Editions Symétrie.
3. Caroline Coudière (2003). « De l'utilité des logiciels pour la voix en rééducation de dysphonies dysfonctionnelles ». Mémoire en vue de l'obtention du certificat de capacité d'orthophoniste.
4. L. Crevier Buchman, D.M. Hartl, S. Hans, O. Laccourreye, J. Vaissiere, D. Brasnu (2005). « Méthodes actuelles d'évaluation des dysphonies ». Ann Otolaryngol Chir Cervicofac, 2005; 122, 4, 163-172 © Masson, Paris.
5. Ghio A., Teston B., Yu P. (2005). «Evaluation objective des dysphonies ». 1ères journées de Phonétique Clinique, Paris, France.
6. Giovanni, A. (dir.) (2004), « Le bilan d'une dysphonie. Etat actuel et perspectives », Marseille: Solal
7. Giovanni A., Yu P., Révis J., Guarella M.-D., Teston B., Ouaknine M. (2006), « Analyse objective des dysphonies avec l'appareillage EVA: Etat des lieux », Fr. ORL, 90: 183
8. Hartl D, Hans S, Vaissière J, Riquet M, Laccoureye O, Brasnu DF (2001). « Objective voice analysis after autologous fat injection for unilateral vocal fold paralysis ». Ann Otol Rhinol Laryngol; 110:229-35
9. Hirano, M. (1981). «Psycho-acoustic evaluation of voice :GRBAS Scale for evaluating the hoarse voice.Clinical Examination of voice», Springer Verlag
10. Hirano M. (1989). «Objective evaluation of the human voice : Clinical aspects». Folia Phoniatr;41:89-144.
11. Jacobson BH, Johson A, Grywalski C, Silberglent A, Jacobson G, Benninger MS, Newman C. (1997). «The voice handicap index (VHI): Development and validation». American J of Speech Pathology, 6: 66-70
12. Meek P, Carding P. N., Howard D. H., Lennard T. W. J. (2008), «Voice Change Following Thyroid and Parathyroid Surgery », Journal of Voice, 22,6; 765-772
13. Ping Yu, Renaud Garrel, Richard Nicollas, Maurice Ouaknine, Antoine Giovanni. Laboratoire d'Audio-Phonologie Expérimentale et Clinique, UPRES-EA 2668, Université de la Méditerranée, Fédération ORL CHU Timone, Marseille , France; ENT Department, General Hospital of Popular Army of Liberation, Beijing, China (2007). « Objective Voice Analysis in Dysphonic Patients: New Data Including Nonlinear Measurements ». Folia Phoniatr Logop
14. Revis J. «Influence of voice onset on the perceptual analysis of dysphoniaLaboratoire d Audio Phonologie Clinique». Marseille, France. Folia Phoniatr Logop 54:19-25. 2002
15. Sicard A. , Sicard E.(2003). «A New software for Voice Evaluation and Therapy». Paper in Revue de Laryngologie, Otologie et Rhinologie, Vol 124 no5, pp 311-314
16. Sicard A., Sicard E. (2007), «Validation du logiciel Vocalab dans le cadre de l'évaluation vocale», Glossa 102
17. Shoji K, Regenbogen E, Yu JD, Blaugrund SM.(1992). «High-frequency power ratio of breathy voice». Laryngoscope; 102:267-71.
18. Titze I. (1994). «Toward standards in acoustic analysis of voice ». J Voice;8:1-7