



Les Entretiens
d'Orthophonie
2014

Orthophonie ■

Voir sa voix : comment le spectrogramme facilite la rééducation vocale

F. Parmentier*, I. Marié-Bailly**, C. Pillot-Loiseau***

* Orthophoniste, Université Paris 6 Pierre et Marie Curie, 22 rue de la division Leclerc, 92220 Bagneux, f.parmentier.orthophoniste@gmail.com

** Médecin phoniatre, service ORL du Centre Hospitalier Régional d'Orléans, 14 avenue de l'hôpital, 45100 Orléans La Source, mus.expressions@wanadoo.fr

*** Orthophoniste, laboratoire de Phonétique et Phonologie (LPP), UMR 7018 CNRS et Laboratoire d'Excellence *Empirical Foundations of Linguistics* (EFL) / Université Paris 3 Sorbonne Nouvelle, 19 rue des Bernardins 75005 Paris, pillot@msh-paris.fr

RÉSUMÉ

Le spectrogramme matérialise par un feedback visuel de nombreux paramètres acoustiques de la voix, notamment le timbre et l'attaque. Nous avons mené une étude incluant 4 patientes travaillant leur voix avec le spectrogramme, et, pour une population plus large, une analyse statistique d'exercices d'auto-analyse et un recueil de témoignages. Nous concluons que la visualisation du spectrogramme, couplée à l'attitude positive du thérapeute, peut avoir un impact favorable sur la relation thérapeutique, sur l'image qu'a le patient de sa propre voix, notamment de la richesse de son timbre et de sa qualité d'attaque. L'analyse de la voix par l'image spectrographique permet une meilleure connaissance de diverses composantes acoustiques de la voix, sans qu'on ait pu montrer une conséquence directe sur une meilleure réalisation du geste vocal.

MOTS-CLÉS

Rééducation vocale, spectrogramme, feedback visuel, auto-évaluation, relation à sa voix

ABSTRACT

With a spectrogram, many acoustical parameters, such as voice onset and voice quality, may be visualized on a screen. We studied 4 patients training their voice with a spectrogram. We also performed a statistical analysis of self-assessment exercises and reports on the use of the spectrogram in a larger population. Our conclusion is that spectrogram visual feedback associated with the voice therapists' comforting attitude can have a positive impact on the therapeutic relationship and on the image the patient has of his voice, especially quality of resonance and voice onset. Spectrographic voice analysis leads to a better comprehension of the numerous acoustic parameters of the voice even though no systematic impact on the quality of vocal behavior was observed.

KEYWORDS

Voice therapy, spectrogram, visual feedback, self-awareness, self-perception

Assises théoriques

Dysphonie dysfonctionnelle et rééducation

La rééducation vocale a de multiples objectifs (Fortin *et al.* 2007, p. 237) : l'amélioration des paramètres acoustiques et perceptifs, l'amélioration du geste vocal, mais aussi la diminution du handicap ressenti, qui va de pair avec une meilleure image et/ou une meilleure acceptation de sa propre voix (Estienne, 1998, p. 9).

La rééducation vocale classique utilise de nombreux rétro-contrôles (feedbacks) naturels : les feedbacks proprioceptifs et auditifs, qui sont ceux utilisés intuitivement ; ce sont ces feedbacks que la rééducation vocale a pour but de restaurer.

Les professeurs de chant et les orthophonistes utilisent aussi des feedbacks externes différés (knowledge of results) : le feedback verbal (commentaires fait par l'accompagnateur après une production vocale), l'imitation, voire la caricature du geste vocal du patient.

Notre travail s'est attaché à étudier les conséquences objectives et subjectives de l'utilisation d'un outil de feedback visuel : le spectrogramme.

Spectrogramme

Le spectrogramme permet des feedbacks externes auditif (réécouter sa voix) et visuel, simultanés (en temps réel) ou différés. Selon Verdolini et Krebs (1999, pp. 235–236), l'analyse spectrale complète le feedback auditif naturel, déformé par la conduction osseuse, et le feedback verbal instable du professeur. L'analyse spectrale est, elle, fiable, reproductible, et extrêmement rapide.

Le spectrogramme est représenté sur un graphique temps / fréquences. Selon les logiciels, l'intensité des différentes fréquences est représentée par la couleur du trait ou son degré de noirceur.

Le spectrogramme reproduit de nombreuses caractéristiques du son émis : les phonéticiens l'utilisent pour l'étude de la parole. On

peut aussi y reconnaître des paramètres du timbre vocalique (caractéristique d'une voyelle) (Miller, 2008, pp. 23–33) ou extra-vocalique (brillante, clarté, raucité, souffle...) (McCoy, 2004, pp. 38–52; Welch *et al.*, 2005, p. 232). Nous avons utilisé le spectrogramme en bande étroite, qui est mieux adapté pour l'étude de la voix.

Dans la littérature, on trouve des classifications et des analyses des spectrogrammes (stabilité des harmoniques, début et fin du son, nuages entre les harmoniques, etc.). L'échelle d'analyse de Yanagihara (1967, p.531) classant la raucité vocale en quatre degrés, a été reprise et enrichie par différents auteurs (Remacle & Morsomme, 2009, p. 130).

Peu d'utilisations du spectrogramme pour la rééducation vocale sont relatées, exception faite du mémoire de Caroline Coudière (2003), et du manuel de Vocalab (Menin-Sicard *et al.*, 2006, p. 23). Le spectrogramme est davantage cité pour l'accompagnement des personnes sourdes ou dysarthriques. C'est dans la pédagogie du chant qu'il recueille le plus d'intérêt (Nair, 1999 ; McCoy, 2004 ; Laukkanen *et al.*, 2004 ; Welch *et al.*, 2005 ; Miller, 2008).

Hypothèses (Parmentier, 2013a)

Cette étude a pour but de tester les hypothèses suivantes :

1. Le feedback visuel permet une meilleure prise de conscience des paramètres de la voix (intensité, hauteur, mais surtout attaque, clarté, richesse du timbre, et geste vocal).
2. L'auto-contrôle de la voix est amélioré par l'outil spectrogramme.
3. Le spectrogramme modifie l'image de sa propre voix par le patient.
4. L'outil spectrographique a un impact positif sur la relation thérapeutique.

Méthodologie

La méthodologie pour le recueil des données est décrite sur la figure 1.

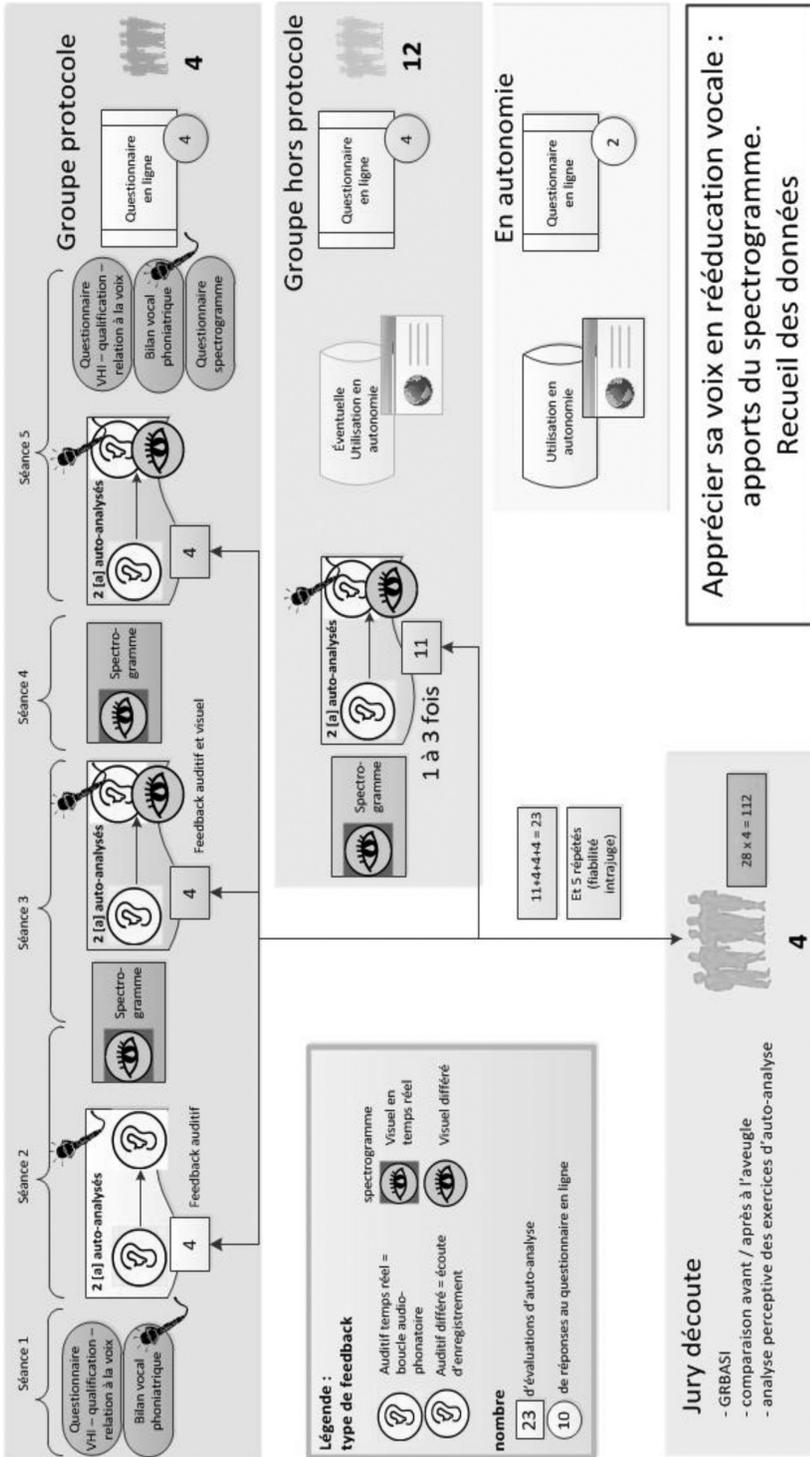


Figure 1 – Méthodologie – recueil des données

Un groupe « patients du protocole » (quatre patientes) a suivi le protocole complet. Il comprend des questionnaires avant et après trois séances avec spectrogramme, et trois exercices d'auto-évaluation où le patient doit émettre deux sons, puis auto-évaluer sa prestation sur des échelles visuelles analogiques selon les différents paramètres vocaux retenus (intensité, hauteur, attaque, clarté, richesse, geste), avec feedback naturel, puis avec feedback externe, auditif ou visuel et auditif (spectrogramme) suivant les cas.

Un groupe « hors protocole » (douze patients principalement suivis en consultation de phoniatry) a effectué également ces exercices d'auto-évaluation.

Nous avons effectué une étude statistique sur les 23 auto-évaluations et 112 évaluations

perceptives, par 4 auditeurs d'un jury d'écoute, de ces auto-évaluations.

Les exercices proposés lors des séances avec spectrogramme (Tableau I) ont pour objectif l'amélioration de la voix, mais également la prise de conscience des différents paramètres de la voix, et leur visualisation sur le spectrogramme. Nous avons choisi de privilégier les exercices ayant pour matériel des phonèmes tenus (recto tono). En effet, ces exercices sont souvent utilisés en rééducation, et ils permettent plus facilement que la parole continue d'apprendre à observer sur le spectrogramme les paramètres étudiés : attaque et timbre. Les exercices sont différenciés suivant les patients et proposés selon les besoins et les découvertes du patient.

Tableau I – Activités proposées (après introduction et lecture du spectro-gramme)

Catégorie		Matériel	Objectif
Attaque et clarté du timbre	Consonnes voisées + voyelles	[□□], [f v], [s z]	Equilibre des pressions sous- et sus-glottiques Transitions douces vers le voisement
		[□□ u], [f v o/y], [s z i]	
		[m n □ a]	
	Consonnes non voisées + voyelles	[□□□]	Souffle
		[f s □]	Précision de la consonne
		[fi fa fe fy], [pa pe], [ti te ta]...	Formants voyelliques : précision de la voyelle
		[s] dans la forme du [i], [s] dans la forme du [y]: « s-i, s-u »	
	Attaques	Dure/équilibrée/soufflée	Auto-contrôle de l'accolement des plis vocaux
		Attaques piquées	
	Fry	Fry et voisement alterné	Formants voyelliques : précision de la voyelle
Puff d'air			
Fry sur [a o i], [a o u], [i e a]...			
Richesse harmonique	[a] chuchoté / voisé	Formants, formant du chanteur	
	Sirène		
	Voyelles		Sur une voyelle, sur [□], battement de lèvres ou à la paille
			Transitions vocaliques
	Transitions nasales / orales		
Voix chantée	Extrait chanté	Vibrato, serrage, précision des phonèmes...	

Nous avons aussi proposé d'utiliser le spectrogramme en autonomie ; pour cela un tutoriel sur un site internet a été développé (Parmentier, 2013b).

Enfin, chacun a été invité à répondre à un questionnaire en ligne s'intéressant aux liens entre l'image spectrographique et les sensations des patients, aux paramètres vocaux observés, aux gênes que les patients pouvaient ressentir, etc.

Nous avons également demandé au jury d'écoute une cotation du GRBASI pour les 4 patientes du protocole, et une comparaison avant / après, à l'aveugle, de 3 réalisations de ces patientes (voix d'appel, trois attaques, sirène). Les mesures objectives (dB moyen, fréquence fondamentale moyenne, jitter, shimmer, HNR (Harmonic to Noise Ratio, et différence d'énergie dans la bande de fréquences 60 Hz - 2000 Hz par rapport à la bande de fréquences 2000 Hz – 5000 Hz (singing formant)) ont été mesurées avec Praat sur chacun des extraits vocaux.

Les ressentis face au spectrogramme ont été recueillis :

- lors de l'utilisation du spectrogramme et des exercices d'auto-évaluation,
- par les commentaires écrits spontanés,
- par l'entretien final pour les patients protocole,
- par le questionnaire en ligne

Résultats et discussion (Parmentier, 2014)

Hypothèse 1 : prise de conscience des paramètres vocaux

L'étude statistique des corrélations (Figure 2) entre les différents paramètres vocaux montre que les jugements par les patients de la richesse, du geste, de la clarté et de l'attaque sont décorrélés grâce au spectrogramme : la visualisation du spectrogramme permet de mieux distinguer ces différents paramètres.

Pour les patients du groupe protocole, la visualisation du spectrogramme amène une meilleure corrélation entre paramètres objectifs (mesure du rapport signal sur bruit (NHR) et du singing formant avec Praat) et leur auto-évaluation (respectivement clarté et richesse du timbre).

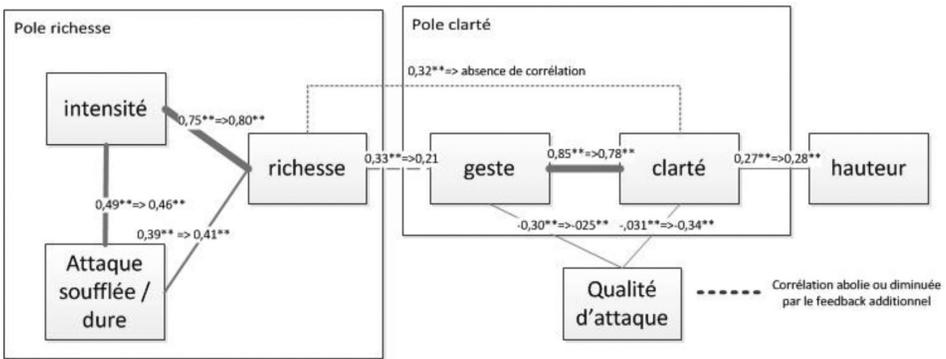


Figure 2 – Effet du feedback additionnel sur les corrélations (Pearson) en fonction du groupe. (** : corrélations significatives)

Exemples de lecture du graphique : pour les patients, le feedback interne naturel conduit à une corrélation de 0.71** entre geste et clarté, tandis qu'avec un feedback externe auditif et visuel, cette corrélation diminue à 0.41**. Pour le jury d'écoute, la corrélation de 0.32** entre richesse et clarté avec un feedback auditif seul est abolie avec l'ajout du feedback visuel.

A l'exception du geste vocal, la visualisation du spectrogramme rapproche les évaluations

des patients de celles du jury d'écoute pour tous les paramètres étudiés (Tableau II).

Tableau II – Impact du feedback additionnel

	Aidant ou gênant		Gratifiant ou dévalorisant	
	Hors protocole	Protocole	Hors protocole	Protocole
Autocontrôle de l'intensité	++	+	--	--
Autocontrôle de la hauteur	++	0	-	0
Caractère (soufflé / dure) de l'attaque	+	(+)		
Qualité de l'attaque	(+)	(+)	++	+
Clarté	0	0	++	-
Richesse	0	0	+	(+)
Geste vocal	-	--	++	0

Pour un critère, la visualisation du spectrogramme est **aidante** (+ ou ++) si l'auto-évaluation du patient se rapproche de celle du jury d'écoute. Elle est **gênante** (- ou --) si elle s'en éloigne.

La visualisation du spectrogramme est **gratifiante** (+ ou ++) si le patient juge qu'il a mieux réussi l'exercice lorsqu'il utilise le spectrogramme pour évaluer sa production. Elle est **dévalorisante** (- ou --) dans le cas contraire.

Les témoignages indiquent une meilleure prise de conscience des éléments de la dysphonie, des attaques (dures notamment : en coup de glotte), et des éléments de la structure de la voix (le timbre vocalique, la qualité du son, le singing formant au travers des harmoniques) grâce au spectrogramme.

Pour certains patients, le lien entre ce qu'ils visualisent sur le spectrogramme et le geste vocal est évident. Selon les réponses au questionnaire en ligne, le spectrogramme objective les sensations subjectives.

Discussion pour l'hypothèse 1

Dans l'étude de Eadie et ses collègues (2010), la corrélation entre les deux échelles « sévérité globale » et « effort vocal » est

moindre lors des auto-évaluations que lors des évaluations par un jury d'écoute. Les résultats de notre étude sont cohérents : geste vocal, clarté et attaque corrélés pour le jury d'écoute, geste vocal dé-corrélé de la clarté et de la richesse pour l'auto-évaluation des patients.

Différents auteurs (Behrman *et al.* 2004, p. 1698 ; Lee *et al.*, 2005, p. 360) soulignent que les sensations d'effort vocal et d'inconfort musculaire conduisent les patients à évaluer leur voix différemment des thérapeutes de la voix, qui, eux, ne jugent du comportement vocal qu'à partir de ce qu'ils peuvent entendre et voir. Dans notre étude, le feedback visuel spectrographique semble éloigner l'attention des patients de leur geste vocal, et dans le même temps, leur permet d'avoir des évaluations plus proches de celles des auditeurs du jury d'écoute. Dans le cadre d'une thérapie vocale, on pourrait se demander si l'évaluation première des patients, tenant apparemment plus fortement compte de leur geste vocal, n'est pas justement à valoriser, au contraire de l'évaluation perceptive et acoustique externe. Le thérapeute aura à choisir entre favoriser le caractère valorisant du feedback visuel et favoriser les sensations proprioceptives et la conscience du geste vocal. Les indications sont évidem-

ment diverses selon les patients et selon leurs évolutions dans leur rééducation, sur le plan de la qualité subjective, objective, perceptive de leur voix, et sur le plan motivationnel et relationnel.

Les patients, surtout ceux répondant au questionnaire en ligne, pensent que le spectrogramme affine leurs sensations proprioceptives : ceci est infirmé par les résultats de l'analyse des exercices d'auto-évaluation. On peut penser que suivant l'utilisation qui est faite du spectrogramme (en temps réel ou non, et selon les types d'exercices, la durée d'entraînement et d'autonomie par exemple), des réafférences peuvent s'établir, ou non, entre les sensations proprioceptives et les sensations auditives. Des études complémentaires seraient nécessaires pour analyser ces phénomènes.

Hypothèse 2 : auto-contrôle de la voix

L'évaluation perceptive (GRBASI) des patientes du protocole n'a pas évolué, cependant certaines caractéristiques acoustiques (mesurées par Praat) se sont améliorées (Tableau III).

Le feedback auditif et visuel est souvent ressenti comme un moyen d'affiner les sensations auditives et proprioceptives, qui permettent seulement indirectement d'adapter le geste vocal.

Discussion de l'hypothèse 2

Comme Laukkanen *et al.* (2004, p. 73), nous constatons que certains sujets peuvent être plus à l'aise avec le feedback auditif, et que dans ce cas ils auront de moins bons résultats avec un feedback visuel, tandis que certains autres sujets, ne disposant pas d'une perception auditive suffisamment fine, auront au contraire absolument besoin du feedback visuel.

On note également, comme Coudière (2003, p. 62, 143), que l'utilisation du spectrogramme peut induire des comportements vocaux inadaptés (posture, stress...) du fait du matériel lui-même (gêne due au micro, dysfonctionnements informatiques...) ou de sa mauvaise utilisation (vouloir « faire une belle image »).

Cette deuxième hypothèse nécessiterait des études complémentaires afin de déterminer dans quelles conditions cette aide à la prise de conscience des paramètres de sa voix peut effectivement améliorer son auto-contrôle.

Hypothèse 3 : construction d'une image plus positive

Lorsqu'on travaille avec le spectrogramme, si l'interprétation de l'image par le thérapeute est bienveillante, on observe le plus souvent une amélioration de l'image de sa propre voix par le patient. Au fil des séances, nous

Tableau III – Evolution de l'évaluation objective des patients du groupe protocole

	Patiente A	Patiente B	Patiente C	Patiente D
Dynamique d'intensité	–	--	--	–
Etendue vocale	++	+	+	++
Jitter	+	+	++	+
Shimmer	0	0	–	–
Rapport signal sur bruit	0	0	+	+
Evaluation du singing formant	–	+	++	+
Rapport des TMP z / s	–	0	–	–
TMP sur [a]	–	–	+	+

avons enregistré de nombreuses réactions positives : enthousiasme, satisfaction, prise de conscience, soulagement, plaisir et jeu. Les spectrogrammes induisant des réactions négatives (inquiétude, étonnement, agacement, insatisfaction, déception) sont réinterprétés par le thérapeute pour faire ressortir les caractéristiques positives de la voix du patient ou expliciter le cheminement de la rééducation. Par exemple il est souvent nécessaire de rappeler que la voyelle /i/ ne peut pas remplir l’image d’harmoniques entre 500 et 1500 Hz.

Les témoignages montrent que la mise à distance du problème de voix est un des aspects les plus bénéfiques de l’outil. De même, pour certains patients, rendre les difficultés concrètes et visibles est une étape paradoxalement rassurante et indispensable.

L’analyse statistique des auto-évaluations a montré que les patients se jugent meilleurs (pour le timbre, la clarté, le geste vocal)

lorsqu’ils voient leur production vocale sur le spectrogramme.

Le résultat le plus spectaculaire réside dans les évolutions des évaluations subjectives des patientes du protocole : en 3 séances, le VHI-10 a diminué de 3,5 points en moyenne (sur 40), et surtout, dans le questionnaire demandant de caractériser dans une liste d’adjectifs sa voix telle qu’elle est et telle qu’on voudrait qu’elle soit, on peut mettre en évidence le choix par les patientes de davantage d’adjectifs positifs. On constate également moins d’attentes et donc moins de frustration à propos de la voix qu’on voudrait avoir (Tableau IV).

Discussion de l’hypothèse 3

La possibilité offerte par le spectrogramme de se référer à un modèle visuel positif plutôt qu’à un feedback verbal négatif (Pearson *et al.*, 2011, p. 174) est un facteur permettant la restauration d’une meilleure image de lui-même du patient.

Tableau IV – Evolution des caractéristiques citées dans la liste d’adjectifs

	Caractéristique gagnée (donnée à l’évaluation de fin alors qu’elle n’était pas donnée à l’évaluation de début de protocole)	Caractéristique perdue (donnée à l’évaluation de début, mais pas à l’évaluation de fin de protocole)	Caractéristique gagnée par une personne et perdue par une autre
Positive	ENERGIQUE, <i>ronde, nuancée claire, douée, agréable, ample, riche</i> , EMOUVANTE, ASSUREE SONORE, SUCREE, CHANTEE, REGULIERE, FERME, FORTE, spontanée, animée	Gaie, moelleuse, chaude, caressante, attirante, belle, apaisante, douce, éclatante	puissante, musicale, calme
Négative	agitée, effrayante, saccadée, voilée, âpre	Atone, blanche, insipide, angoissée, chuchotée, discordante, étouffée, irrégulière, mielleuse, râpeuse, enrouée, mal posée, serrée, désagréable	tendue
Neutre	métallique,	grave, haute, moyenne, mordante, pointue, humble	

Caractéristique citée par deux, par trois personnes. Pour les caractéristiques gagnées : *souhaitées par la personne qui l’a gagné, PAR AU MOINS UNE AUTRE PERSONNE*

Hypothèse 4 : amélioration de la relation thérapeutique

L'entretien de fin de protocole a permis de mettre en évidence un effet bénéfique de l'utilisation du spectrogramme dans la relation thérapeutique.

Objectiver la présence ou non d'un problème apaise la relation thérapeutique, notamment dans le cas où le patient a une image déformée de sa propre voix. Cette notion d'objectivité peut consolider la relation de confiance avec le thérapeute.

L'image spectrographique permet d'attirer l'attention sur une partie précise du son. Elle permet au thérapeute de pointer, notamment en différé, ce qui s'améliore et ce qui reste à travailler.

L'accompagnement par le thérapeute (interprétation de l'image, objectifs de rééducation, encouragements, idées d'exercices...) est ressentie comme indispensable par les patients, même si le travail en semi-autonomie est possible.

Discussion de l'hypothèse 4

Comme le notent différents auteurs (Coudière, 2003, p. 61 ; Menin-Sicard *et al.* 2006, p. 23), l'introduction d'un outil informatique modifie la position du thérapeute ; dans certains cas cette relation à trois est très bénéfique, le patient n'étant plus directement sous le regard scrutateur du thérapeute. La machine ne juge pas, elle ne fait que restituer.

La relation au patient et l'attention à ses réactions, à son geste vocal, et l'adaptation constante du thérapeute à son patient reste indispensable.

Limites

Nous n'avons pas pu trouver des patients suivis par des orthophonistes pour constituer la population du protocole. Nous avons donc un biais de recrutement important, puisque les 4 patientes du protocole étaient chanteuses avec un handicap vocal discret.

En outre, notre exercice d'auto-évaluation ne séparait pas clairement les apports du feedback visuel de ceux du feedback auditif.

Notre protocole prévoyait un temps de travail avec le spectrogramme guidé par le cheminement du patient, et non un protocole d'exercices systématiques, nous n'avons donc pas contrôlé strictement la façon dont le spectrogramme a été utilisé.

Enfin, l'exercice d'auto-évaluation ne s'intéressait qu'à certaines caractéristiques de la voix, sur une voyelle tenue. Il était pourtant déjà bien complexe, posant parfois des soucis de compréhension de consigne.

Perspectives

Nous connaissons à ce jour peu d'études s'intéressant à ce sujet, ce qui ouvre des perspectives :

- Préciser le rôle du feedback en temps réel et différé, notamment ses liens avec le feedback proprioceptif.
- Etudier la faisabilité d'un travail en autonomie, notamment à partir du tutoriel qui a été construit pour cette étude.
- Aménager ce tutoriel pour la formation des orthophonistes qui ne connaissent pas l'outil spectrogramme.
- Etendre cette étude chez des patients présentant d'autres troubles (acouphènes, hyperacousie, maladie d'Alzheimer...).

RÉFÉRENCES

- 1 – Behrman, A., Sulica, L., He, T. (2004). Factors predicting patient perception of dysphonia caused by benign vocal fold lesions. *Laryngoscope*, 114(10), 1693–1700.
- 2 – Coudière, C. (2003). *De l'utilité des logiciels pour la voix en rééducation de dysphonies dysfonctionnelles*. Mémoire pour l'obtention du certificat de capacité d'orthophoniste non publié, Toulouse : Université Paul Sabatier.
- 3 – Eadie, T.L., Kapsner, M., Rosenzweig, J., Waugh, P., Hillel, A., Merati, A. (2010). The role of experience on judgments of dysphonia. *Journal of Voice*, 24(5), 564–573.
- 4 – Estienne, F. (1998). *Voix parlée, voix chantée : examen et thérapie*. Paris: Masson.
- 5 – Fortin, E., Guth, P., Tain, L. (2007). Entre "parler droit" et "sonner juste" : les arrangements entre orthophonistes et patientèle au cours d'une rééducation vocale. In L. Tain (Ed). *Le métier*

- d'orthophoniste : langage, genre et profession* (pp. 235–243). Rennes: Éd. de l'École nationale de la santé publique.
- 6 – Laukkanen, A.-M., Syrjä, T., Laitala, M., Leino, T. (2004). Effects of two-month vocal exercising with and without spectral biofeedback on student actors' speaking voice. *Logopedics, phoniatrics, vocology*, 29(2), 66–76
- 7 – Lee, M., Drinnan, M., Carding, P. (2005). The reliability and validity of patient self-rating of their own voice quality. *Clinical Otolaryngology*, 30(4), 357–361.
- 8 – McCoy, S.J. (2004). *Your voice, an inside view : multimedia voice science and pedagogy*. Princeton, N.J.: Inside View Press.
- 9 – Menin-Sicard, A., Sicard, É. (2006). *Vocalab : aide à l'évaluation et à la rééducation de la voix et de la parole : de la théorie à la pratique*. Isbergues : Ortho éd.
- 10 – Miller, D.G. (2008). *Resonance in singing : voice building through acoustic feedback*. Princeton, NJ: Inside View Press.
- 11 – Nair, G. (1999). *Voice-tradition and technology : the use of computer feedback in voice training*. San Diego, Calif.: Singular Publishing.
- 12 – Parmentier, F. (2013a). *Apprécier sa voix en rééducation vocale : apports du spectrogramme. Etude de cas*. Mémoire pour l'obtention du certificat de capacité d'orthophoniste non publié, Paris : Université Pierre et Marie Curie.
- 13 – Parmentier, F. (2013b). <http://florence.parmentier.free.fr/acoustique/spectrogramme/>, consulté le 30 septembre 2013
- 14 – Parmentier, F. (2014) A l'écoute de sa voix : apports du spectrogramme comme rétrocontrôle visuel en rééducation vocale. *Glossa*, sous presse
- 15 – Pearson, P., Pickering, L., Da Silva, R. (2011). The impact of computer assisted pronunciation training on the improvement of Vietnamese learner production of English syllable margins. In *Proceedings of the 2nd Pronunciation in Second Language Learning and Teaching Conference*, (pp. 169–180). Ames, IA: Iowa State University: J. Levis & K. LeVelle.
- 16 – Remacle, M., Morsomme, D. (2009). Evaluation objective de la voix. In M. Remacle, P. Dulquero (Ed). *Précis d'audiophonologie et de déglutition. Tome II, Les voies aéro-digestives supérieures* (pp. 121–134). Marseille: Solal.
- 17 – Verdolini, K., Krebs, D.E. (1999). Some considerations on the science of special challenges in voice training. In G. Nair (Ed). *Voice-tradition and technology : the use of computer feedback in voice training* (pp. 227–239). San Diego, Calif.: Singular Publishing.
- 18 – Welch, G.F., Howard, D.M., Himonides, E., Brereton, J. (2005). Real-time feedback in the singing studio: an innovatory action-research project using new voice technology. *Music Education Research*, 7(2), 225–249.
- 19 – Yanagihara, N. (1967). Significance of Harmonic Changes and Noise Components in Hoarseness. *Journal of Speech and Hearing Research*, 10(3), 531–541.