

Etude acoustique de voyelles soutenues produites par des patients opérés de la thyroïde souffrant ou non de paralysies récurrentielles

Camille Fauth¹,

Béatrice Vaxelaire¹, Jean-François Rodier², Pierre-Philippe Volkmar², Fayssal Bouarourou¹, Fabrice Hirsch^{1,3}, Rudolph Sock¹

¹Université de Strasbourg, Institut de Phonétique de Strasbourg – IPS & U.R. 1339 Linguistique, Langues et Parole – LilPa, E.R. Parole et Cognition

²Centre Paul Strauss – Strasbourg, Département de Chirurgie Oncologique, Centre Régional de Lutte Contre le Cancer

³Université Paul Valéry - Montpellier III, Praxiling UMR 5267, CNRS
Camille.fauth@gmail.com

RESUME

Le présent travail est une étude acoustique de quelques caractéristiques spectrales de voyelles soutenues de patients souffrant de paralysies récurrentielles mais également de patients pour lesquels le diagnostic ORL n'a pas révélé de paralysie mais dont la voix est altérée après une opération de la glande thyroïde. Les conséquences de l'opération chirurgicale sont évaluées dans le but d'identifier les différentes perturbations que cette opération peut provoquer mais également afin de mettre au jour les possibles stratégies de compensations et/ ou réajustements que le patient peut mettre en place seul ou à l'aide d'une rééducation orthophonique. Notre étude se veut longitudinale puisque les patients sont enregistrés lors de différentes phases post-opératoires.

ABSTRACT

An Acoustic Study of Sustained Vowels produced by Patient with or without Unilateral Paralysis after thyroid Surgery.

The present acoustic study is based on analyses of some spectral characteristics of the voice of patients with *recurrent paralyses*, and also of patients without diagnosed paralyses but with *alteration* of their voice, when producing sustained vowels. Consequences of surgery on the voice of patients are evaluated in order to identify the different *perturbations* that such a surgery may provoke, and also to uncover probable *compensatory* or *readjustment strategies* which a patient might deploy, alone or with the help of speech therapy. This is a longitudinal investigation..

MOTS-CLES : Paralysie récurrentielle, glande thyroïde, voyelles soutenues, phonétique clinique.

KEYWORDS: Unilateral paralysis, thyroid gland, sustained vowels, clinical phonetics.

1 Introduction

Les causes d'une paralysie laryngée unilatérale sont diverses, et son incidence dépend largement des populations étudiées mais également des moyens d'investigation (voir, par ex., Benninger et *al.*, 1998) La paralysie unilatérale post-thyroïdectomie peut être attribuée soit au geste chirurgical lui-même, soit à l'intubation trachéale, même si cette cause est relativement rare (Friedrich et *al.*, 2000). L'incidence de la paralysie laryngée unilatérale post-thyroïdectomie reste heureusement relativement faible. Selon les études publiées ces dernières années (voir, par ex., Benninger et *al.*, 1998) et prenant en compte 500 patients minimum, le taux de paralysies laryngées en postopératoire immédiat (soit un mois après l'opération) après une opération de la glande thyroïde est compris entre 0,5% et 8,3%. La littérature ne s'accorde pas pour dire si la paralysie laryngée unilatérale consécutive à une opération de la glande thyroïde est passagère ou définitive. Notons toutefois que l'étude de Wagner et Seiler (1994) avance 60% de récupération de la mobilité suite à une paralysie laryngée unilatérale. Enfin la dysphonie faisant suite à une intubation est généralement décrite comme un enrouement qui peut survenir alors même qu'aucune lésion n'est visible sur les plis vocaux (Yamanaka et *al.*, 2009). En outre, sans lésions laryngées, la dysphonie régresse rapidement et de façon spontanée (Jones et *al.*, 1992).

Le but de notre étude est d'analyser les caractéristiques spectrales de la voix de patients souffrant de paralysies récurrentielles, mais également la voix de patients pour qui le diagnostic ORL n'a pas détecté de paralysie mais dont la voix est altérée après une opération de la glande thyroïde. L'évaluation spectrale repose sur la production de voyelles soutenues. Notre étude se veut longitudinale, puisqu'il s'agit d'analyser la voix des patients afin de déceler les différentes *perturbations* qu'entraîne l'ablation de la glande thyroïde et de mettre au jour les possibles stratégies de *compensation ou réajustements* que le patient est capable de mettre en place seul (population sans paralysie récurrentielle) ou à l'aide d'une rééducation orthophonique (population avec paralysie récurrentielle). Notons que seuls les patients souffrant de paralysie récurrentielle bénéficient d'une rééducation orthophonique.

2 Méthode

2.1 Patients

Le présent travail porte sur la voix de 10 patients. Tous sont des locuteurs français natifs ayant subi une thyroïdectomie.

Nos 10 locuteurs ont été divisés en deux groupes : un premier groupe de 5 patients (4 femmes et 1 homme) sans paralysie des plis vocaux mais dont la voix a été jugée de légèrement à sévèrement altérée (No Paralysis Patient – NPP) ; un deuxième groupe de 5 locuteurs (4 femmes et 1 homme) avec paralysie récurrentielle unilatérale dont la voix a été jugée de légèrement à sévèrement altérée (Unilateral Paralysis Patient – UPP).

En ce qui concerne les patients du groupe NPP, les données ont été acquises comme suit : (i) en préopératoire (préop), la veille de l'intervention. Cette phase constitue la voix de référence du locuteur ; (ii) en post-opératoire 1 (post-op 1), le lendemain de

l'intervention, le degré d'altération vocal est variable en fonction des locuteurs ; (iii) en post-opératoire 2 (post-op2), 15 jours après l'intervention, ce qui nous permet de mesurer la possible récupération vocale spontanée.

Il n'a pas été possible, en raison des contraintes hospitalières, d'acquérir des données préopératoires pour les locuteurs du groupe UPP. Les premiers enregistrements n'ont pu être réalisés qu'à partir de la phase post-opératoire 2, c'est-à-dire 15 jours après l'intervention. Dans ces cas, nous avons enregistré, pour chaque patient, un locuteur contrôle, apparié en genre et âge, qui constitue la « voix de référence » du locuteur pathologique. Les patients sont ensuite enregistrés une fois par mois durant leur rééducation vocale chez l'orthophoniste de leur choix.

2.2 Corpus et enregistrements

Le corpus comprend des voyelles soutenues, /i, a, u/ qui permettent d'explorer l'espace vocalique maximum de chaque locuteur. Il s'agit pour le locuteur de prononcer et tenir environ 3 secondes la voyelle présentée. Chaque voyelle est répétée 10 fois, en tenant compte des éventuelles difficultés du locuteur, notamment dans les phases d'enregistrement post-opératoire précoces.

2.3 Mesures

Les mesures ont été acquises avec le logiciel PRAAT[®]. Les mesures effectuées pour les trois voyelles extrêmes sont les suivantes : 1) F0 (Hz) ; 2) Harmonics to-Noise Ratio ou HNR (dB) ; 3) F1 et F2 (taille de la fenêtre = 0,025s) ; 4) l'espace vocalique maximal (kHz²) à partir de la formule de Héron.

3 Hypothèses

A cause d'une atteinte possible du nerf récurrent laryngé ou « simplement » à cause d'une opération au niveau de la glande thyroïde, la voix du patient en phases post-opératoires pourrait se trouver modifiée : (1) la modification de la voix affecterait directement les valeurs de F0 ; (2) l'activité irrégulière du larynx pourrait avoir des conséquences sur les valeurs de HNR généralement mesurées autour de 20 dB pour /i/ et /a/ et 30 dB pour /u/ pour un locuteur non pathologique ; (3) la perturbation de la source laryngée aurait également des conséquences sur les résonances supra-glottiques i.e. les valeurs de F1 et de F2 ; (4) les perturbations formantiques pourraient affecter la taille et la forme de l'espace vocalique ; (5) le temps et la rééducation vocale devraient permettre une récupération vocale et une normalisation des paramètres précédemment évoqués ; les paramètres seraient alors comparables aux valeurs mesurées en phase préopératoire, ou celles du locuteur contrôle lorsque les enregistrements préopératoires ne sont pas disponibles.

4 Résultats

4.1 Remarques Générales

Des analyses de variance (ANOVA) à un facteur ont été effectuées pour toutes les

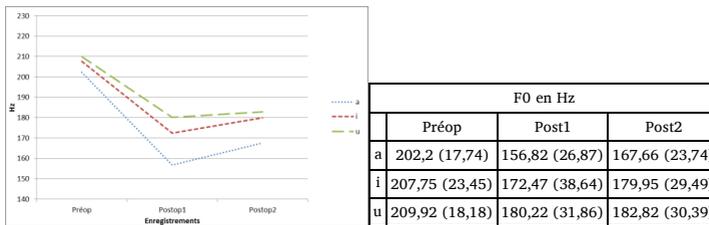
variables (F0, F1, F2 et HNR), afin de déterminer s'il existait des effets de *phases d'enregistrement (temps)*. Pour les deux expériences, l'effet principal *phase d'enregistrement* s'est révélé significatif ($p < 0.05$) pour les variables F0 et HNR (cf., ci-dessous, les résultats des analyses statistiques).

4.2 Fréquence fondamentale (F0)

L'effet principal de *phases d'enregistrement* a été significatif pour la variable F0 a [F(3,12) = 29.05, $p < 0.000000$] pour le groupe NPP.

Signalons cependant que l'analyse fine de la fréquence fondamentale de nos locuteurs masculins, a été effectuée indépendamment de nos locuteurs féminins, afin de ne pas fausser nos mesures statistiques.

La fréquence fondamentale du groupe NPP diminue pour nos 5 locuteurs entre la phase préopératoire et la phase post-opératoire 1. Lors de l'enregistrement en Postop2, les valeurs de F0 augmentent pour tous nos locuteurs. Ce phénomène est observable quelle que soit la voyelle produite (voir graphique 1).



GRAPHIQUE 1 – Valeurs moyennes de F0 - locuteurs féminins NPP

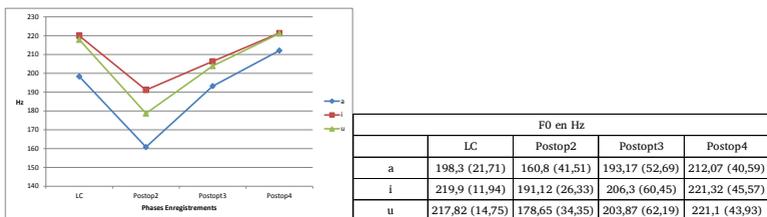
Les mesures de la fréquence fondamentale du locuteur masculin (NPPKAU) suivent les mêmes tendances. Une baisse en post-opératoire 1, puis une augmentation en post-opératoire 2 de sa fréquence fondamentale sont visibles pour toutes les voyelles (voir table 1).

NPPKAU	F0 (Hz)		
	Préop	Postop1	Postop2
	129,6 (2,06)	120 (2,24)	135,5 (3,04)

TABLE 1 – Valeurs moyennes de F0 [a] - locuteur masculin NPP

L'effet principal de *phases d'enregistrement* a été significatif pour la variable F0 a [F(3,12) = 7.93, $p < 0.000034$] pour le groupe UPP. En ce qui concerne ce groupe UPP (*i.e.* avec paralysie), la fréquence fondamentale est mesurée plus basse pour les sujets pathologiques par rapport aux sujets contrôle (LC). Rappelons que les enregistrements ne commencent que lors de la phase Postop2 pour cette population. La fréquence fondamentale augmente pour les trois voyelles à partir de la phase postop3, notons toutefois que les écarts types sont également plus importants, ce qui témoigne de la grande variabilité inter et intra-locuteur au début de la rééducation orthophonique. Les valeurs sont normalisées à partir de postop4, c'est-à-dire environ deux mois après

l'opération, les écarts types restent toutefois importants (voir graphique 2).



GRAPHIQUE 2 – Valeurs moyennes de F0 (Hz) - locuteurs féminins UPP

Il convient de signaler que la fréquence fondamentale du locuteur masculin (UPPPAI) n'a pas pu être détectée en Postop2 notamment pour la voyelle [a]. Dans les phases d'enregistrement suivantes, sa fréquence fondamentale reste inférieure à celle du locuteur contrôle. Les valeurs sont toutefois proches des valeurs standard et les écarts-types réduits témoignent de la régularité du locuteur.

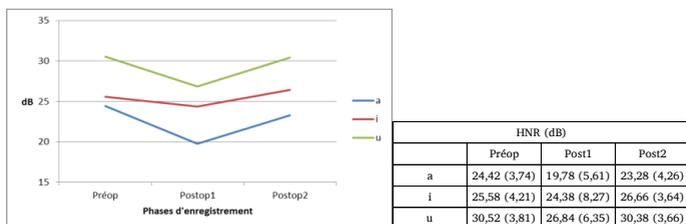
UPPPAI	F0 (Hz)			
	LC	Postop2	Postop3	Postop4
	133 (1,33)	NC	110,20 (5,02)	107,40 (3,77)

TABLE 2 – Valeur moyennes de F0 [a]- Locuteur masculin UPP

4.3 Harmonics-to-Noise Ratio (HNR)

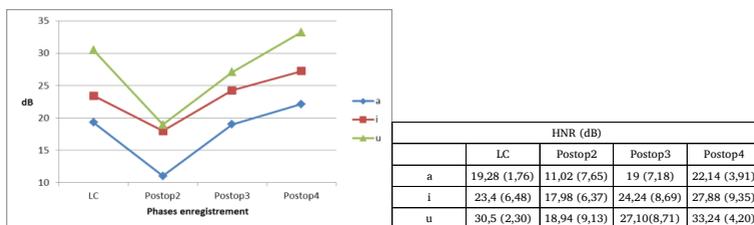
La mesure du HNR est considérée comme un indice de raucité, c'est-à-dire qu'elle renseigne sur le rapport bruit/harmoniques dans une voyelle. Traditionnellement, plus le ratio baisse, plus le signal est envahi par le bruit.

L'effet principal de *phases d'enregistrement* a été significatif pour la variable HNR a [$F(3,12) = 20,52, p < 0,000000$] pour le groupe NPP. Les valeurs de HNR sont inférieures en postop1 par rapport à celles mesurées en préopérateur et postop2, pour les locuteurs du groupe NPP. Toutefois, quelle que soit la phase d'enregistrement, les mesures restent très proches des valeurs attendues pour chacune des voyelles (voir graphique 3). La phase postop1 est ici aussi caractérisée par des écarts-types plus importants.



GRAPHIQUE 3 – Valeurs moyennes de HNR – Groupe NPP

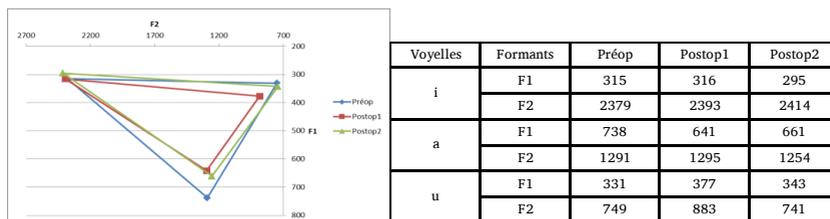
L'effet principal de *phases d'enregistrement* a été significatif pour la variable HNR a [$F(3,12) = 60.68, p < 0.000000$] pour le groupe UPP. Ce groupe UPP présente également des valeurs de HNR inférieures en postop2 à celles des sujets contrôle. Les valeurs se normalisent dès postop3, et se maintiennent jusqu'en postop4 (voir graphique 4). Notons que si les valeurs en postop2 sont plus basses, cette phase est également marquée par des écarts types importants, traduisant notamment une certaine variabilité interlocuteur (les écarts types intralocuteur restent faibles). La variabilité interlocuteur se réduit à partir de postop4 ; cela est particulièrement visible pour la voyelle [a].



GRAPHIQUE 4 – Valeurs moyennes de HNR - Groupe UPP

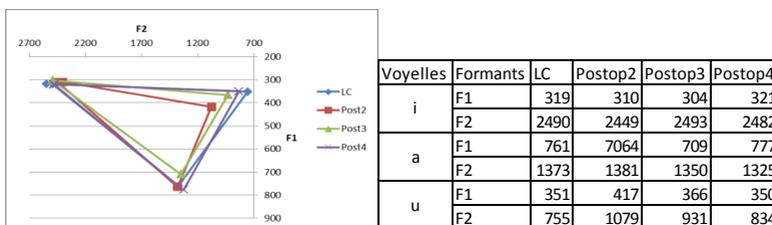
4.4 Valeurs formantiques

Pour le groupe NPP, les valeurs de F1 et F2 ne varient pas en fonction de la phase d'enregistrement pour la voyelle [i]. En revanche, F1 et/ou F2 subissent de légères modifications pour les voyelles [a] et [u] en phase d'enregistrement postop1, avant de retrouver des valeurs attendues en postop2. La Table illustre ces tendances ($p = ns$) qui pourraient tout de même influencer sur les tailles de l'espace vocalique maximal (*cf. infra*).



GRAPHIQUE 5 – Valeurs formantiques moyennes du groupe NPP

Le scénario n'est pas similaire pour le groupe UPP, puisque seules les valeurs formantiques du [u] sont légèrement différentes de celles observées pour les locuteurs contrôle en postop2. Les valeurs formantiques des autres voyelles sont comparables à celles des contrôles ($p = ns$). Cela peut éventuellement être expliqué par le facteur temps. Les enregistrements débutent plus tard pour ce groupe, il est possible que les valeurs se soient déjà normalisées.



GRAPHIQUE 6 – Valeurs formantiques moyennes du groupe UPP

4.5 Aire de l'espace vocalique

L'aire de l'espace vocalique est significativement réduite ($p < 0.05$) pour le groupe NPP entre les phases d'enregistrement préop et postop1 avant de ré-augmenter ($p < 0.05$) en phase postop2, sans toutefois atteindre une valeur de référence de la phase préopératoire. Elle est de 0.34kHz^2 , 0.21kHz^2 et 0.28kHz^2 respectivement. Notons que si l'espace vocalique est réduit, il n'en reste pas moins géométriquement conventionnel (voir graphique 5).

Pour le groupe UPP, l'aire de l'espace vocalique en postop2 est également modifiée ($p < 0.05$) de manière significative (0.25kHz^2) par rapport à celle des contrôles (0.36kHz^2). Notons qu'en postop2, l'aire de l'espace vocalique du groupe UPP (0.25kHz^2) est alors comparable à celle du groupe NPP (0.25kHz^2). A partir de la phase postop3, l'aire augmente (0.28kHz^2) pour atteindre 0.35kHz^2 en postop4. Quelle que soit la phase d'enregistrement, l'espace vocalique est géométriquement conventionnel (voir graphique 6).

5 Discussion et conclusion

Il convient à présent de vérifier si nos hypothèses initiales ont été confirmées ou infirmées. (1) Les valeurs de fréquence fondamentale sont modifiées pour tous les locuteurs. La principale tendance semble être un abaissement de la fréquence fondamentale dans les phases d'enregistrement précoces. (2) De plus, l'activité irrégulière du larynx a également un impact sur les valeurs de Harmonics-to-Noise Ratio. Dans certains cas, la voix du patient est tellement rauque que les valeurs de HNR se rapprochent alors de 0dB. (3) Les valeurs formantiques, extraites à partir des voyelles soutenues, ont également été perturbées (sauf pour la voyelle [i]) essentiellement pour le groupe de locuteurs sans paralysie récurrentielles. (4) Ces modifications ont naturellement des conséquences sur l'aire de l'espace vocalique qui peut subir une réduction mais pas de réorganisation géométrique. Notons que ces modifications sont probablement liées aux perturbations de la source laryngée. (5) Enfin, de façon générale, le temps et/ou la rééducation vocale ont un impact positif sur tous les paramètres précédemment mentionnés. Les mesures se rapprochent des valeurs préopératoires dès la phase d'enregistrement postop 2 pour les patients sans paralysies récurrentielles. Pour les patients souffrants de paralysies récurrentielles, le processus de récupération vocal est plus long mais de façon générale, 2 mois après l'opération les

valeurs mesurées sont proches des valeurs standard des locuteurs contrôle.

Ce travail nous a permis de vérifier la pertinence des mesures acoustiques pour évaluer les perturbations que peut entraîner l'ablation de la thyroïde sur la voix des patients. Une opération au niveau du larynx semble avoir des conséquences, au moins à court terme, sur la voix des patients. Cette étude a également permis d'observer les stratégies de compensation que les locuteurs sont capables de mettre en place seul ou à l'aide d'une rééducation orthophonique. Notons que la variabilité interlocuteur est toujours très importante dans les phases d'enregistrement post-opératoires, il pourrait se révéler intéressant d'augmenter le nombre de locuteurs afin de pouvoir classer les patients dans des sous-groupes, suivant les conséquences de la chirurgie sur la voix des patients. Des enregistrements complémentaires sont également en cours afin d'augmenter le nombre de locuteurs pour chaque groupe.

Des tests perceptifs sont actuellement en cours. Il s'agira d'une part d'évaluer l'intelligibilité des patients à l'aide de tests d'identification. D'autre part, nous souhaitons, conduire des tests visant à catégoriser le sexe du locuteur, notamment pour les locutrices pour lesquelles la fréquence fondamentale est fortement diminuée.

Remerciements

Ce travail a été financé par un programme de la Maison Interuniversitaire des Sciences de l'Homme Alsace (MISHA), 2008-2012 « *Perturbations et Réajustements : parole normale vs. parole pathologique* », par une ANR "DOCVACIM" attribuée à l'Institut de Phonétique de Strasbourg / U.R. LiLPa, E.R. Parole et Cognition et par le projet du CS de Uds Gutenberg-Strasbourg, 2009-2011.

Références

- BENNINGER, MICHAEL S, JOHN B GILLEN, ET JERALD S ALTAIAN (1998). Changing Etiology of Vocal Fold Immobility. *The Laryngoscope* 108 (9): 1346–1350.
- Friedrich, T, U Hänsch, U Eichfeld, M Steinert, A Staemmler, et M Schönfelder. 2000. « Recurrent laryngeal nerve paralysis as intubation injury? » *Der Chirurg; Zeitschrift Für Alle Gebiete Der Operativen Medizin* 71 (5): 539–544.
- JONES, M. W, S. CATLING, E. EVANS, D. H GREEN, ET J. R GREEN (1992) Hoarseness After Tracheal Intubation. *Anaesthesia* 47 (3) (mars 1): 213–216. Wagner, H. E, et Ch Seiler. 1994. « Recurrent Laryngeal Nerve Palsy After Thyroid Gland Surgery ». *British Journal of Surgery* 81 (2): 226–228.
- YAMANAKA, H., Y. HAYASHI, Y. WATANABE, H. UEMATU, ET T. MASHIMO (2009) Prolonged hoarseness and arytenoid cartilage dislocation after tracheal intubation ». *British Journal of Anaesthesia* 103 (3): 452 –455.
- HARTL DM, CREVIER-BUCHMAN L, VAISSIÈRE J, BRASNU D. *Phonetic effects of paralytic dysphonia*. *Ann Otol Rhinol Laryngol* 2005,114:792-8.
- SCOTT AR, CHONG PS, HARTNICK CJ, RANDOLPH GW, *Spontaneous and evoked laryngeal electromyography of the thyroarytenoid muscles: a canine model for intraoperative recurrent laryngeal nerve monitoring*. *An Otol Rhinol Laryngol*. 2010 Jan ; 119(1):54-63.