

Apport de l'analyse acoustique à l'évaluation objective des troubles de la surdité et de la voix chez l'enfant

Kamel FERRAT,

Division de la Communication Parlée et Pathologie du Langage

Centre de Recherche Scientifique et Technique pour

le Développement de la Langue Arabe

C.R.S.T.D.L.A., BP 225, Rostomia, 16011 Alger (Algérie).

Email : kamelferrat@yahoo.fr

Résumé

Ce travail a pour objectif de montrer la contribution de l'analyse acoustique au domaine des troubles de la communication verbale chez l'enfant, en apportant une évaluation objective du degré de perturbation de la voix à partir de données concrètes.

Pour appuyer notre étude, nous avons réalisé une analyse acoustique à partir des enregistrements de paroles pathologiques comparés à des enregistrements de paroles de locuteurs normaux. Plusieurs indices acoustiques et courbes paramétriques sont relevés pour caractériser la parole produite par les patients présentant des troubles de la voix et de la surdité. En plus des paramètres acoustiques classiques tels que l'évolution de la fréquence fondamentale, le suivi des formants, la durée de prononciation et l'intensité, d'autres indices sont également pris en compte car ils permettent une meilleure appréciation du degré de perturbation de la voix pathologique. Parmi ces indices acoustiques, nous avons: Le Jitter (mesure du degré de perturbation de la fréquence fondamentale), le Shimmer (mesure du degré de perturbation de l'amplitude) et le HNR (mesure du rapport harmoniques/bruit pour estimer le degré d'altération de la qualité de la voix). Enfin, des représentations sonographiques nous ont permis de relever les erreurs de prononciation, notamment chez les enfants malentendants.

L'analyse acoustique pourra appuyer la rééducation d'un patient et évaluer, de façon objective, l'évolution de cette rééducation au cours du temps, en offrant des données concrètes à l'orthophoniste pour une meilleure prise en charge. Il reste que le travail que nous avons mené sur le terrain, montre un manque flagrant de coopération entre l'orthophoniste praticien en milieu hospitalier, l'ingénieur ou chercheur phonéticien ou acousticien au laboratoire de recherche et enfin l'orthophoniste enseignant au milieu universitaire.

Mots clés : analyse acoustique, pathologie de la voix, surdité, Jitter, Shimmer, Pitch, HNR, formants.

1. Introduction

L'objet d'étude de la phonétique acoustique est l'extraction des caractéristiques physiques (hauteur, intensité, durée,...), qui permettent de caractériser l'onde sonore, en faisant abstraction des traits physiologiques et de la description des organes de l'appareil phonatoire, intervenant dans la production du son (relevant de la phonétique articulatoire), ainsi que la description des organes de l'appareil auditif ou de l'oreille et leurs rôles dans la perception des sons (relevant de la phonétique auditive).

Dans le domaine de la Pathologie de la Parole (PP), l'analyse acoustique présente plusieurs avantages, tels que la caractérisation des troubles de la voix par des données concrètes, et l'aide au développement de méthodes d'évaluation objectives et fiables permettant de mesurer le degré des troubles de la voix et de la parole par rapport au cas normal, et ce à partir d'un ensemble d'indices acoustiques représentatifs du signal de la parole.

Aujourd'hui, il est admis que les orthophonistes ressentent de plus en plus l'utilité de visualiser la parole afin de corréler une analyse auditive souvent subjective avec des données concrètes et objectives. Cette utilité est accentuée par l'évolution des nouvelles technologies informatiques et la présence croissante d'un nombre important de logiciels d'analyse de la parole sur internet. Ces logiciels offrent aujourd'hui des outils d'extraction de paramètres acoustiques pertinents qui permettent de nous renseigner, de façon assez précise, sur la nature et le degré du trouble de la voix et de la parole.

2. Objectifs de l'analyse acoustique

Nous avons choisi ce thème pour plusieurs raisons, dont la plus importante est la rareté des études dans le domaine et portant sur l'exploitation des outils d'analyse acoustique pour évaluer l'influence de la surdité des enfants, sous ses différents niveaux, en milieu scolaire algérien. Les étudiants orthophoniques en majorité de formation littéraire ne maîtrisent pas les notions de physique ou d'acoustique et sont en déphasage perceptible avec l'analyse acoustique de la parole, et notamment les outils d'analyse, pourtant très répandus sur Internet et facilement téléchargeables. Le manque d'information et surtout de formation semblent en être les principales causes. Ceci est notamment important à signaler car nous estimons l'apport considérable des outils d'analyse acoustique dans l'objectivité des études liées aux troubles de la parole. Ainsi, l'analyse acoustique nous permet la caractérisation de la voix pathologique par des données objectives et concrètes, nous permettant d'estimer le degré de perturbation de la prononciation des sons et en conséquence, une possibilité d'évaluer d'une façon périodique

la voix du patient, en mettant à la disposition de l'orthophoniste de nombreuses analyses objectives de la voix et de la parole sous forme de graphes et de données chiffrées.

3. Etat de l'art

L'un des premiers à mettre en valeur l'importance de la phonétique acoustique est l'abbé Jean Pierre Rousselot, dans son ouvrage «Principes de Phonétique Expérimentale», dont deux volumes sont respectivement publiés en 1897 et en 1901 [1]. Dans le volume I, l'Abbé Rousselot présenta tout un chapitre sur les éléments acoustiques de la parole [2]. En 1903, Il publia un article portant sur « l'éducation de l'oreille et la surdité » [3]. En suède, les travaux de Gunnar Fant ont contribué énormément à la mise en valeur des paramètres acoustiques d'analyse de la voix humaine, notamment les formants [4]. En France, l'analyse acoustique a connu une progression remarquable grâce aux travaux de Joseph Fourier (1768-1830). Aujourd'hui, un des outils les plus importants en phonétique acoustique, le Sonographe, a pour principes de bases la technique de la Transformée de Fourier, résultat des travaux de J. Fourier. Aux Etats-Unis, des chercheurs tels que, Alexander Graham Bell (ingénieur dont les recherches sur l'audition et la parole l'ont conduit à construire des appareils auditifs pour malentendants), Edward Scripture (psychologue, physicien et scientifique de la parole, ayant reçu, dès 1902, la première subvention pour la psychologie expérimentale de l'Institution Carnegie pour étudier les sons de la parole humaine ayant aboutit à des recherches pertinentes sur la rééducation du bégaiement), Carl Seashore (psychologue et musicologue qui mena beaucoup de travaux sur l'audiologie, la psychologie de la musique, la psychologie de la parole et le bégaiement) sont considérés comme les pionniers dans la recherche en phonétique clinique. Ces chercheurs appartenaient à l'association dénommée « American Speech, Hearing and Language Association » (ASHA), qui a vu le jour en 1925. Cette association a contribué à un fort développement des technologies informatiques et des systèmes d'acquisition acoustique au service de la phonétique clinique. Enfin, Harvey Fletcher, physicien, spécialiste de la théorie de la perception de la parole et inventeur de l'audioprothèse et du sonomètre, a mené des travaux importants et des publications sur la phonétique acoustique. Il fut le premier à démontrer que les éléments de la parole se répartissent sur une large plage de fréquence, permettant ainsi de quantifier une perte d'audition. Il dirigea pendant une trentaine d'années à partir de la fin des années 20, une unité de recherche sur la parole aux Laboratoires Bell.

Dans le domaine des publications scientifiques, le premier numéro d'un journal dédié à la phonétique clinique, "Journal of Speech Hearing Disorders", a été lancé en 1936 à l'université

d'Ohio (USA). En 1991, ce journal a fusionné avec le "Journal of Speech Hearing Research (JSHR)" lancé en 1958, et devient "Journal of Speech, Language and Hearing Research (JSLHR)". Depuis, d'autres journaux sont publiés, comme "The Journal of Communication Disorders", "Journal of the Acoustical Society of America JASA", "American Journal of Speech-Language Pathology", "The Journal of Fluency Disorders", etc.

Aux USA et en Europe, le développement de la phonétique clinique a pu se concrétiser grâce aux liens qui se sont établis entre, d'une part, les spécialités médicales comme l'ORL et la neurologie, et d'autre part, les grands laboratoires de phonétique et de traitement automatique de la parole et le monde de l'ingénierie et de l'industrie.

En Algérie, nous sommes encore très loin de cette échange interdisciplinaire, de cette coopération entre les milieux hospitalo-universitaires et les centres de recherches. Pour faire des enregistrements ou simplement discuter avec les patients, c'est à un parcours de combattant que sont confrontés les étudiants et chercheurs dans le domaine de l'analyse acoustique des paroles pathologiques [5]. Nous tenons comme même à relever les mérites du Professeur A. Hadj Salah, qui avait dès les années quatre vingt créé l'Institut de Linguistique et de Phonétique ILP d'Alger, favorisant la recherche pluridisciplinaire dans les domaines des sciences du langage. Un laboratoire de phonétique et traitement automatique de la parole a vu le jour pour la première fois en Algérie en 1992, au sein du centre de recherche CRSTDLA, successeur de l'ILP.

4. Analyse acoustique de la Parole Pathologique (PP)

Comme spécifié précédemment, l'objectif essentiel de l'analyse acoustique est de trouver puis d'extraire les paramètres acoustiques qui reflètent le mieux les différents processus physiologiques ou articulatoires qui rentrent dans la production d'un son quelconque de parole, depuis l'émission d'air par les poumons jusqu'à la sortie du son émis à l'extérieur de l'appareil phonatoire.

Dans le domaine de la PP, cette analyse acoustique propose à l'orthophoniste plusieurs paramètres permettant d'évaluer instrumentalement et expérimentalement l'altération de la voix et de la parole. Certes, la recherche de techniques objectives d'analyse de la PP est difficile. L'analyse perceptive par l'oreille, bien qu'elle soit subjective, reste la référence pour la perception de la qualité de la parole prononcée. Aujourd'hui, avec le développement d'outils informatiques assez performants, l'analyse acoustique tente d'apporter cette objectivité qui a toujours fait défaut dans la caractérisation de la voix humaine, en nous offrant des données

concrètes qui nous permettent de mettre en évidence les perturbations les plus légères de la voix ou de la parole par rapport à la norme et d'estimer le degré exacte de ces perturbations.

Le sonographe représente l'instrument le plus utilisé pour l'extraction des paramètres acoustiques de la parole et la visualisation des courbes respectives. Actuellement, il y a un développement croissant de logiciels d'analyse de la parole utilisant le principe du sonographe et que l'on retrouve sur le marché (Kay Elemetrics) et aussi des logiciels pouvant être téléchargés sur le Web (Praat, Vocalab, WinSnoori, Dr. Speech, Speech Analyzer, WinPitch,...). En analyse acoustique de la parole pathologique, le logiciel Praat est l'un des plus importants logiciels téléchargeables gratuitement sur internet [6].

Une Parole Normale (PN) est analysée essentiellement par l'observation des paramètres principaux: La fréquence fondamentale F_0 ou Pitch qui permet de mesurer les vibrations des cordes vocales; les formants qui permettent d'étudier les effets que subissent les sons de parole lors de leurs passages à travers les différentes cavités vocales; la durée des sons pour étudier le débit d'air et la fluidité de la parole et l'intensité qui permet de distinguer un son fort d'un son faible. Cependant, l'analyse d'une Parole Pathologique (PP) fait appel, en addition, à d'autres paramètres aussi importants tels que le Jitter et le Shimmer, le HNR qui sont très exploités pour la caractérisation de la qualité de la PP [7-10]. Le Jitter correspond au degré de perturbation de la fréquence fondamentale (F_0), donc aux troubles de vibrations des cordes vocales de l'appareil phonatoire; le Shimmer correspond au degré de perturbation de l'intensité, donc aux passages brusques et anormales d'une voix forte à une voix faible lors d'un acte de parole et vice-versa; le HNR correspond au rapport Harmoniques/bruit (Harmonics to Noise Ratio) qui permet d'évaluer l'influence du bruit sur les harmoniques du signal, donc d'évaluer le timbre de la parole, c'est-à-dire sa qualité.. Dans le cadre de l'analyse acoustique par le logiciel Praat, le Jitter augmente en cas de pathologie vocale, et une valeur supérieure à 1.04 % correspond à une parole pathologique [11]. Le Shimmer augmente également en cas de pathologie vocale, et une valeur supérieure à 3.81% correspond à une parole pathologique. Enfin, pour le HNR le seuil est de 10 dB. Au dessous de ce seuil, nous considérons que la qualité du timbre de la voix est perturbée, et le naturel de la parole est noyé dans du bruit.

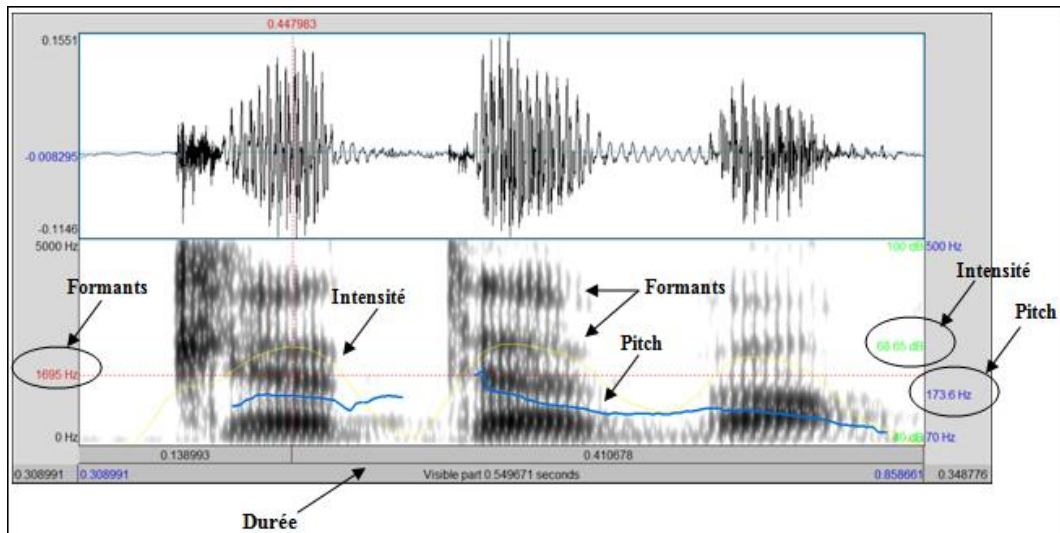


Figure 1. Représentation sonographique des paramètres acoustiques de la parole.

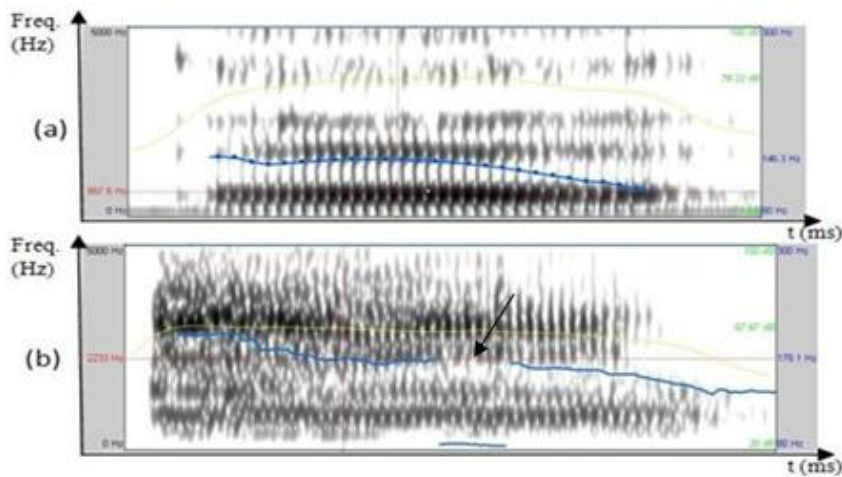


Figure 2. Comparaison entre une voix normale et une voix pathologique. Présence de discontinuités dans la courbe de voisement.

5. Exemples d'analyse acoustique de la Parole Pathologique PP - Evaluation de la Surdité de l'enfant en milieu scolaire -

Il est admis qu'une faible perte de capacité auditive peut entraîner une perturbation scolaire. Ainsi, il est important d'être attentif à la d ficiance auditive à l' cole. Beaucoup d'élèves malentendants ne parviennent pas à dire qu'ils ne peuvent entendre ce que l'enseignant dit. Ils ne demandent peut-être jamais de répéter. Aussi, bon nombre d'entre eux restent à l'écart et préfèrent ne pas participer aux activités de la classe. En conséquence, ils risquent de générer dès le début de l'enseignement primaire, des retards de langage ainsi que des problèmes d'acquisition de la lecture et de l'écriture.

Pour apprendre à écrire, nous pensons souvent que la vue est primordiale, puisqu'elle sert à répéter les lettres. Or, les recherches actuelles montrent que l'ouïe joue un rôle au moins aussi important. C'est elle qui permet d'entendre et de comprendre le son à transcrire. En conséquence, beaucoup d'élèves subissent des échecs scolaires car leur handicap est souvent, pour ne pas dire tout le temps, ignoré. L'impact de la perte auditive sur le développement linguistique et ses répercussions sur la scolarité sont importantes.

5.1. Détection des erreurs par visualisation sonographique :

Suivant une étude menée à travers des écoles à la périphérie d'Alger, des élèves présentant une surdité moyenne (perte auditive de 40 à 70 dB) et portant des prothèses auditives sont évalués au moyen d'un ensemble de tests de lecture et d'écriture, appuyés par une analyse acoustique. Il a été montré que beaucoup d'erreurs de perception, dues en majorité à leur handicap, empêchent la majorité de ces élèves à avoir une formation scolaire normale.

Nous avons noté que la majorité des consonnes non prononcées sont les consonnes arrières (postérieures) alors que la majorité des consonnes ajoutées à la prononciation des mots sont les consonnes avant (antérieures). Ceci est compréhensible car les consonnes avant sont plus faciles à assimiler vu que leurs lieux d'articulations sont visibles contrairement aux consonnes arrières dont le lieu d'articulation n'est pas visible à l'œil et dépendent donc de l'ouïe de l'individu.

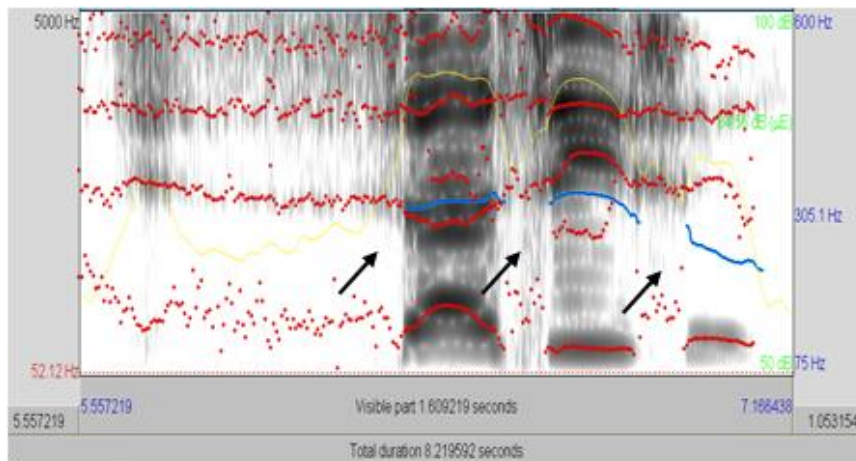


Figure 3. Prononciation de la consonne sourde [s] à la place de la consonne voisée [z] dans les syllabes [za zu zi]

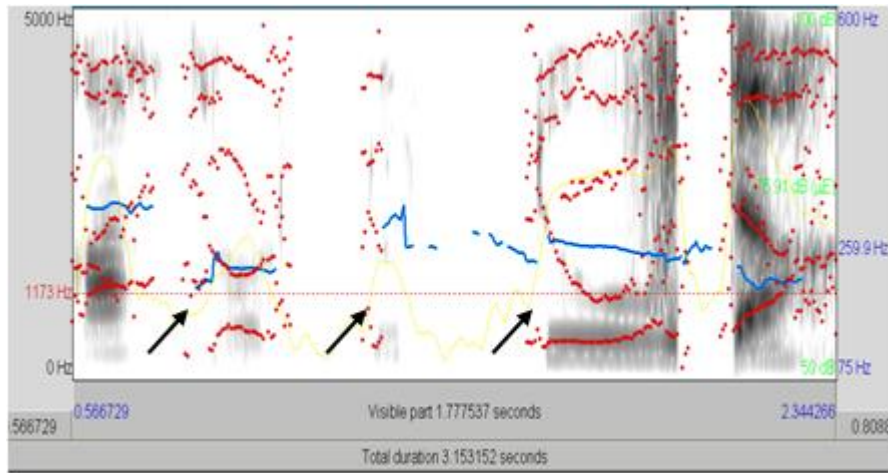


Figure 4. La phrase [qafazat huda] prononcée [qaṣurtu dudu]. Non prononciation du [f] et [z] et ajout du [s] emphatique et prononciation du [d] à la place du [h]

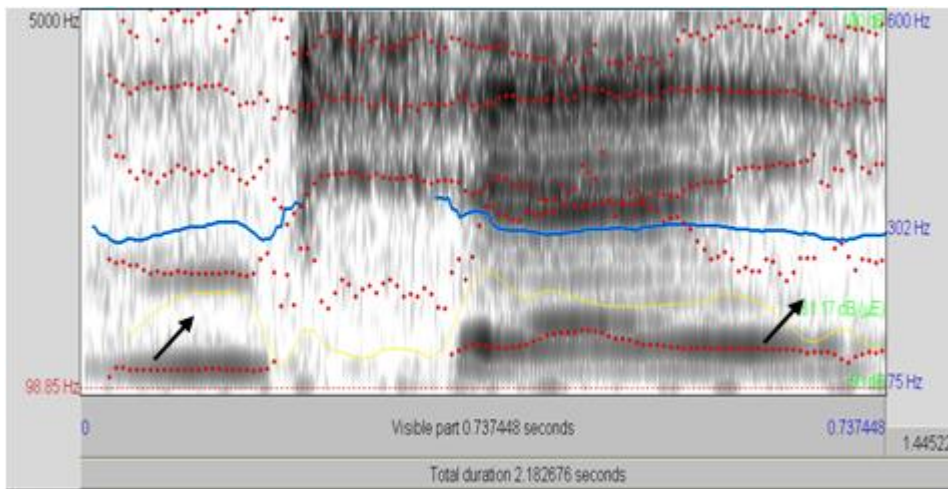


Figure 5. Le mot [māṣiyun] prononcé [maṣīy]. Déformation du mot, absence de la voyelle longue [ā] et du "tanwin" à la fin du mot.

Une autre étude a porté sur l'influence de la surdité légère (perte auditive de 20 à 40 dB) sur le cursus scolaire de l'enfant [13]. L'un des principales objectifs de cette étude est de montrer que la surdité légère d'enfants scolarisés passe souvent inaperçue alors qu'elle a des répercussions pouvant être irrémédiables sur la scolarité de l'enfant, à savoir l'échec scolaire et l'exclusion. Pour cela, cette étude vise également à sensibiliser le personnel scolaire à la prise en charge de ce type de handicap, souvent ignoré aussi bien par l'enseignant que par les parents, en intégrant dans le cursus scolaire des tests obligatoires d'évaluation de la surdité. Cette étude a montré les difficultés de l'enfant à discerner les fricatives sourdes à fréquences hautes ou aiguës [f, s, h ..]. Les élèves perdent l'intelligibilité de la parole prononcée par

l'enseignant et perdent ainsi leur attention. Pourtant de simples mesures préventives peuvent remédier à ces échecs scolaires. Ainsi, en dépistant de façon précoce la présence d'une surdité légère dès le préscolaire, nous permettra de prendre des mesures préventives telles que: un enseignant devant nécessairement parler à voix haute et enfin les enfants à surdité légère devront être placés dans les premières rangées.

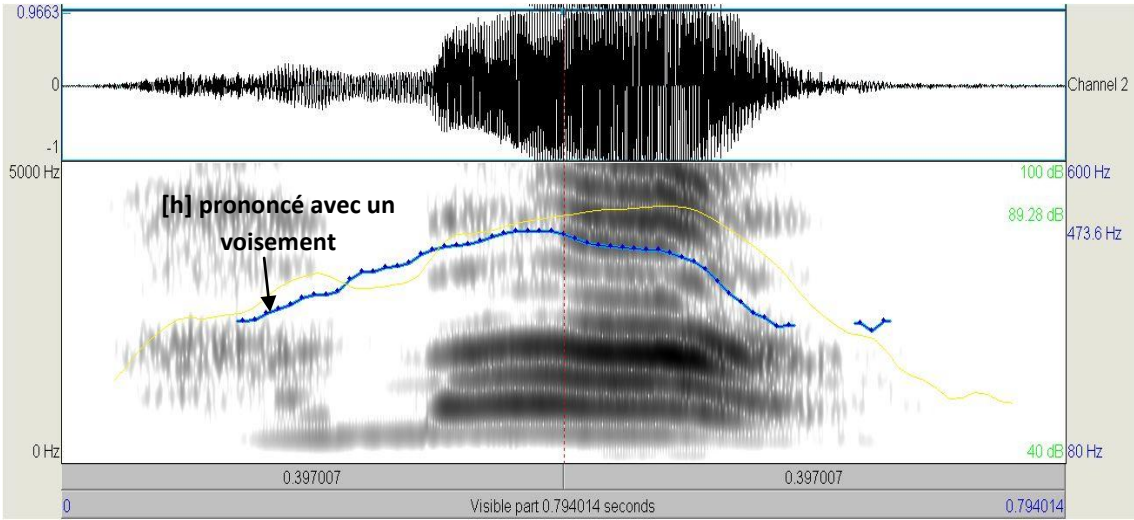


Figure . Prononciation du [h] voisé dans le mot [hammam].

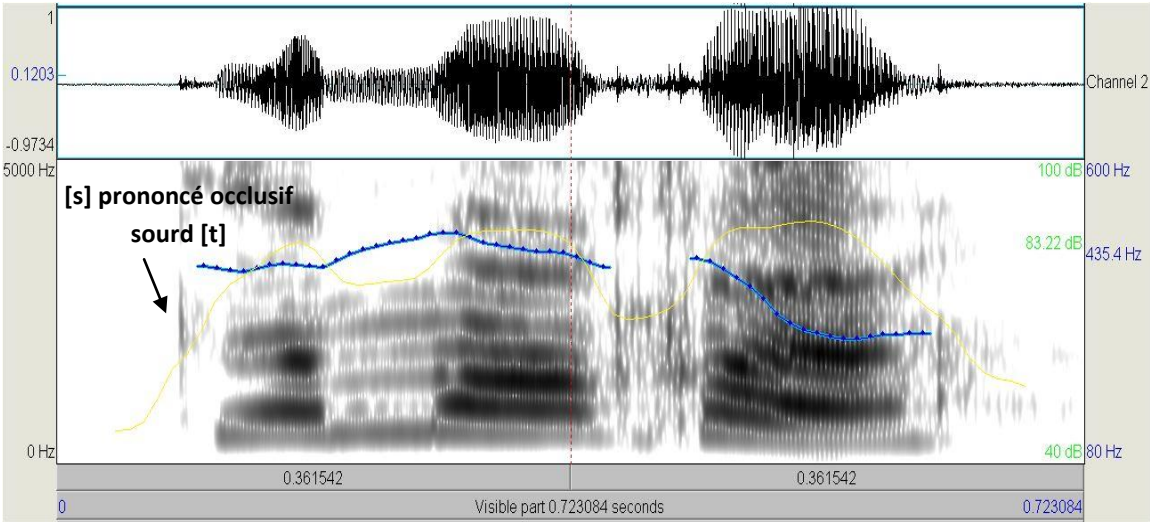


Figure . Prononciation du [t] à la place du [s] dans le mot [samaka].

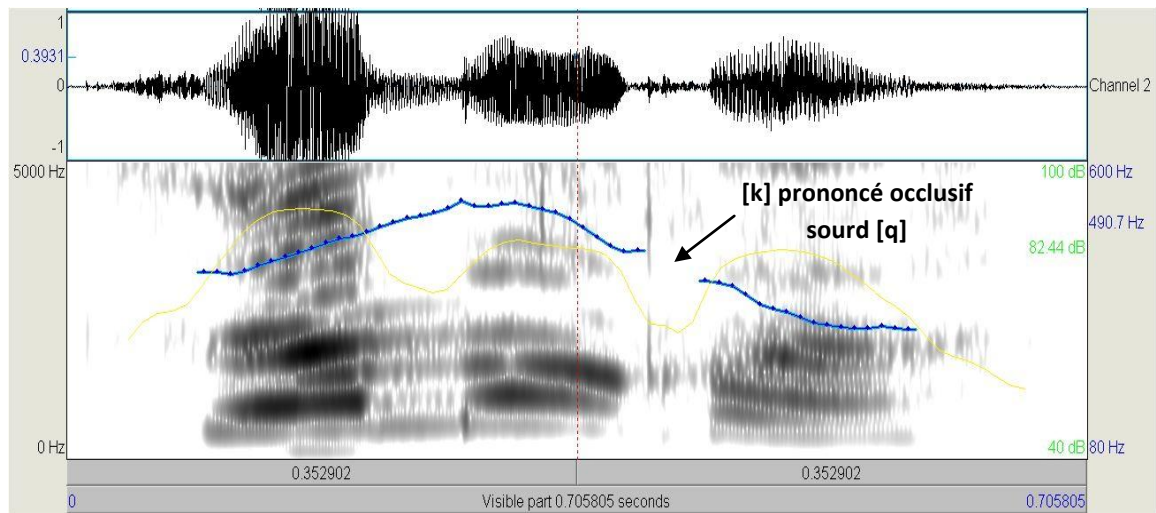


Figure . Prononciation du [q] à la place du [k] dans le mot [samaka].

5.2. Détection des erreurs par extraction des valeurs des paramètres acoustiques:

	Mots prononcés	F ₀ (Hz)	F ₁ (Hz)	F ₂ (Hz)	F ₃ (Hz)	Durée (ms)	Intensité (dB)	Jitter (%)	Shimmer (%)	HNR (dB)
Référence	[samaka]	243	710	1900	2928	720	84	0.36	3.14	18.54
	[hammam]	244	727	2186	3035	889	84	0.38	3.93	19.96
Pathologie	[samaka]	420	863	1705	2656	557	83	0.49	3.81	19.44
	[hammam]	414	926	1784	2701	517	86	0.55	2.11	18.38

L'observation des valeurs des paramètres acoustiques pour les patients à surdités légères et moyennes, comparés aux cas normaux, nous montre que :

- Les valeurs du Pitch Fo sont élevées, soit une tendance à prononcer les sons de façon plus aigue par les patients.
- L'étude des formants montre une montée des valeurs de F₁ et une chute des valeurs de F₂. Les patients tendent à emphatiser leurs sons. En d'autres termes, une emphatisation accompagne la prononciation des sons des patients.
- Durée limitée de prononciation des mots, les patients tendent à parler avec un rythme assez rapide.
- Nous remarquons des valeurs de Jitter, Shimmer et HNR normales. Ceci confirme que les patients ne présentent pas de troubles physiologiques des organes de l'appareil phonatoire.

6. Conclusion

L'analyse acoustique permet une exploration objective des voix et paroles pathologiques. Elle offre des procédures et techniques d'évaluation physico-acoustiques des caractéristiques de la voix et de la parole, à partir de données concrètes, estimant de façon assez précis leur écart par rapport aux valeurs normales.

Aujourd'hui, à l'ère de l'informatique et des nouvelles technologies de l'information et de l'internet, il est primordial de donner une importance soutenue à l'apprentissage par l'étudiant des outils d'analyse en traitement de la parole. Lui permettre de manipuler aisément les paramètres acoustico-articulatoires caractéristiques des phonèmes de la langue.

De façon générale, l'objectif de notre étude est de montrer que l'analyse acoustique pourra appuyer la rééducation d'un patient et d'évaluer, de façon objective, l'évolution de cette rééducation au cours du temps. Elle ne pourra remplacer la voie classique de rééducation, mise en place par l'orthophoniste au milieu hospitalier, mais elle pourra évaluer périodiquement l'amélioration de la parole du patient, à partir de données concrètes. De même, elle renforce et appuie le message auditif et rend objectif ce qui parfois échappe à l'oreille de l'orthophoniste rééducateur. Il reste que le travail que nous avons mené sur le terrain, montre un manque flagrant de coopération entre l'orthophoniste praticien en milieu hospitalier, l'ingénieur ou chercheur phonéticien ou acousticien au laboratoire de recherche et enfin l'orthophoniste enseignant au milieu universitaire. En effet, nous avons noté:

- Une absence de formation des orthophonistes dans la manipulation des logiciels d'analyse acoustique. Il est important de renforcer les compétences et les connaissances de l'orthophoniste dans ce domaine, ce qui lui permet d'adapter ses techniques de rééducation en donnant plus d'importance aux phénomènes pertinents ayant un impact direct dans la parole pathologique du patient. Ainsi, l'étude que nous avons menée dans le cadre de l'analyse acoustique de la parole d'enfants scolarisés à surdité moyenne et portants des prothèses auditives, nous montre que la majorité des consonnes non perçues et non prononcées sont les consonnes arrières (postérieures). Ceci est important à noter car, à ma connaissance, les tests de rééducation orthophoniques exploités dans les hôpitaux algériens sont généralement importés de France et donc plus adaptés aux consonnes antérieures car la langue française présente peu de consonnes postérieures. Ainsi, une coordination concrète des efforts entre le chercheur au laboratoire de recherche, l'enseignant au milieu universitaire et l'orthophoniste rééducateur au milieu hospitalier, pourra sûrement donner

une meilleure approche de rééducation, donc une technique plus appropriée, adaptée au milieu socioculturel algérien.

- Une utilisation exclusive et abusive de l'oreille (ouïe) pour évaluer l'effet de la rééducation vocale dans le milieu hospitalier algérien. L'évaluation de la parole pathologique est essentiellement basée sur la perception subjective des rééducateurs orthophonistes sans aucune analyse acoustique ou articulatoire. Peu d'attention est accordée à l'analyse acoustique dans le cursus universitaire de l'étudiant, future orthophoniste à l'hôpital ;
- Une insuffisance de travaux réalisés dans le domaine de l'analyse acoustique des paroles pathologiques. De même, nous avons noté une insuffisance criarde de statistiques sur les pathologies de la parole en Algérie.
- Le non dépistage précoce, dès le préscolaire, des troubles liés à l'audition (surdités légère et moyenne de l'enfant) et à la vision, pouvant induire à des échecs scolaires irrémédiables.

8. Références

- [1] Rousselot J.P., "Principes de phonétique expérimentale", édition revue et corrigée en 2 vol Paris : H. Didier, 1252 p, 1924.
- [2] http://onthesignal.com/dokuwiki/lib/exe/fetch.php?media=principe_phonetique.pdf
- [3] Rousselot J.P., "L'éducation de l'oreille dans la surdité", Clermont : impr. De Daix frères, 14 p. (Extrait du Bulletin officiel des Société Médicales d'arrondissement de Paris et de la Seine, n° 5, mars, 1903.
- [4] Fant G., "Acoustic Theory of Speech Production", 1970, Mouton, The Hague.
- [5] Ferrat K., "La recherche orthophonique en Algérie, état des lieux", Séminaire national sur le Handicap. Centre Psychopédagogique de formation pour handicapés à retard mentale, Tizi-Ouzou, 3-4 Décembre 2010.
- [6] <http://www.praat.org>
- [7] Brockmann M., Drinnan M.J., Storck C. and Carding P.N., "Reliable jitter and shimmer measurements in voice clinics: the relevance of vowel, gender, vocal intensity, and fundamental frequency effects in a typical clinical task", *Journal of Voice*, 25(1), pp. 44-53, 2011.
- [8] Klingholz F. and Martin F., "Quantitative spectral evaluation of shimmer and jitter", *Journal of Speech Language and Hearing Research*, 28, pp.169-174, 1985.

- [9] Munoz J., Mendoza E., Fresneda M.D., Carballo G. and Lopez P., "Acoustic and perceptual indicators of normal and pathological voice", *Folia phoniatrica et logopaedica*, 55, pp.102-114, 2003.
- [10] Kreiman J. and Gerratt B.R., "Perception of aperiodicity in pathological voice", *Journal of the Acoustical Society of America*, 117, pp.2201-2211, 2005.
- [11] Kay Elemetrics, "Multi-Dimensional Voice Program", Model 5105 Lincoln Park, NJ: Kay Elemetrics Corporation, 2008.
- [12] Ferrat K., "Outils Technologiques et aide à la rééducation scolaire des enfants à surdité légère", Colloque International en « Didactique des Langues Etrangères et Maternelles : TIC, aides et méthodes d'apprentissage », Université Mohamed Premier, Oujda (Maroc), 23-26 mars 2008.

Biographie :

Dr. Ferrat Kamel, Maitre de Recherche, Classe A.

- Directeur de la division Communication Parlée et Pathologie du Langage, Centre de Recherche Scientifique et Technique pour le Développement de la Langue Arabe, CRSTDLA, Alger.
- Membre du comité de rédaction des revues internationales "Annals of Otolaryngology", USA; "Peertechz Journal of Biomedical Engineering", India; "Journal of Novel Physiotherapy and Physical Rehabilitation"; "Archives of Otolaryngology and Rhinology", USA; "Peertechz Journal of Computer Science and Engineering", India;
- Membre du comité scientifique du centre national d'études et d'information sur la famille, la femme et l'enfance (Alger), et du centre de recherche CRSTDLA (Alger);
- Membre du comité de lecture de la revue scientifique "Al-Lisanniyate" du centre de recherche CRSTDLA (Alger).
- Domaines de recherche: Traitement Automatique de la parole, troubles de la parole et de la voix, phonétique acoustique, reconnaissance automatique de la parole, réseaux de neurones artificiels.

