



HAL
open science

Support à l'enseignement et la recherche en voix et parole pathologiques à l'aide des logiciels VOCALAB et DIADOLAB

Etienne Sicard, Anne Menin-Sicard

► To cite this version:

Etienne Sicard, Anne Menin-Sicard. Support à l'enseignement et la recherche en voix et parole pathologiques à l'aide des logiciels VOCALAB et DIADOLAB. Congrès Inter-universitaire du collège des centres de formation universitaires en orthophonie (CCFUO), Apr 2019, Nice, France. hal-02096594

HAL Id: hal-02096594

<https://hal.science/hal-02096594v1>

Submitted on 11 Apr 2019

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.

Congrès Inter-universitaire du collège des centres de formation universitaires en orthophonie (CCFUO) 5 et 6 avril 2019 à la Faculté de Médecine de Nice.

Titre : Support à l'enseignement et la recherche en voix et parole pathologiques à l'aide des logiciels VOCALAB et DIADOLAB

Auteurs : Etienne SICARD (1), Anne MENIN-SICARD (2)

Affiliation :

- (1) Professeur INSA-GEI, 135 Av de Rangueil, 31077 Toulouse ; Directeur de recherches LURCO/UNADREO ; Chercheur associé IRIT/Samova ; email : etienne.sicard@insa-toulouse.fr
- (2) Orthophoniste ; Chercheur LURCO/UNADREO ; Formatrice Voix et Parole ; email : anne.sicard2@orange.fr

Résumé : Dans cet article nous décrivons les aspects pédagogiques et recherche des projets VOCALAB et DIADOLAB. Nous rappelons les éléments de motivation au développement d'outils objectifs d'analyse de la voix et de la parole, principalement à destination des orthophonistes cliniciens mais aussi en formation initiale. Les démarches de recherche et les chantiers « collectifs » de base de données de voix et de parole sont explicités. Le support à l'encadrement de mémoires d'orthophonie a nécessité la construction d'outils statistiques spécifiques qui permettent d'obtenir des valeurs référentielles sur un grand nombre de cas de voix et de parole. Nous justifions aussi l'apport des logiciels d'évaluation objective pour la profession d'orthophoniste dans une démarche scientifique et probante.

Mots-clé : orthophonie, évaluation de la voix, évaluation de la parole, pédagogie, statistiques, bases de données

I. Introduction :

Le domaine de la voix altérée et pathologique est longtemps resté un domaine de spécialité, avec un nombre restreint de cliniciens qui se basaient en grande partie sur les données des évaluations des prescripteurs pour définir leur plan de soin ainsi que sur une évaluation subjective. La prise en charge orthophonique de la voix et de la parole a évolué vers la définition de besoins spécifiques en termes de bilan, mesures objectives et valeurs référentielles en fonction de l'âge, mais aussi de définition d'axes thérapeutiques pertinents associés à des preuves de l'efficacité des soins dans le cadre des pratiques probantes. Depuis une dizaine d'années, un support important a été donné aux enseignants en écoles d'orthophonie sur les thématiques de la voix et de la parole pathologique par le biais d'outils ciblés sur les travaux pratiques, la mise à disposition de base de données et de présentations pédagogiques explicitant les outils et les protocoles associés.

Dans cet article, nous décrivons les différentes actions menées en lien avec les logiciels VOCALAB et DIADOLAB notamment dans le cadre de la formation initiale et de la formation continue, en insistant plus particulièrement sur le co-encadrement de mémoires de Master, et les liens avec des projets de recherche. Nous évoquons le travail réalisé dans le cadre de l'ERU15 axée sur la voix altérée et pathologique.

II. Le logiciel VOCALAB

Motivation

Le développement du logiciel VOCALAB est parti du constat suivant : les méthodes d'évaluation perceptives de la qualité de la voix par le praticien sont limitées, avec une grande variabilité inter-auditeurs, un manque de fiabilité pouvant altérer la crédibilité du jugement perceptif de l'orthophoniste vis-à-vis du patient.

Sur la base d'outils génériques de traitement temps réel du signal, et en partenariat étroit avec les orthophonistes, le logiciel VOCALAB a été développé pour proposer un nombre limité d'outils cliniques simples, fiables et normalisés. Le logiciel permettait de :

- Donner des indications chiffrées sur la qualité de la voix
- Guider l'orthophoniste dans ses choix thérapeutiques,
- Donner des repères objectifs sur les progrès accomplis en rééducation
- Diffuser les connaissances sur la prise en charge orthophonique des voix pathologiques

Le développement des versions successives de VOCALAB a été adossé à une démarche de recherches dans le cadre de l'équipe ERU 15 du laboratoire LURCO de l'UNADREO [Lurco], sur plusieurs phases totalisant plus de 10 ans de coopération scientifique avec des orthophonistes.

Le spectrogramme : le point fort

Le spectrogramme est indéniablement le point fort de l'analyse de la voix. En temps différé après l'enregistrement d'un protocole incluant notamment le /a/ tenu, une sirène et un texte de présentation, ou bien en temps différé dans le cadre de la rééducation, cet outil se révèle incontournable pour l'évaluation et le suivi des pathologies de la voix. Il peut être associé notamment à la visualisation de la puissance au cours du temps (Figure 1). La robustesse du spectrogramme et sa précision quasi chirurgicale sont les atouts majeurs de ce type de représentation. L'énergie est représentée par un jeu de couleurs, la fréquence est en vertical, et le temps en horizontal. La visualisation, bien qu'inhabituelle au néophyte, nécessite une phase d'apprentissage pour distinguer les harmoniques, le bruit, les transitions brusques, le souffle, l'éraillure, l'instabilité ou encore le serrage.

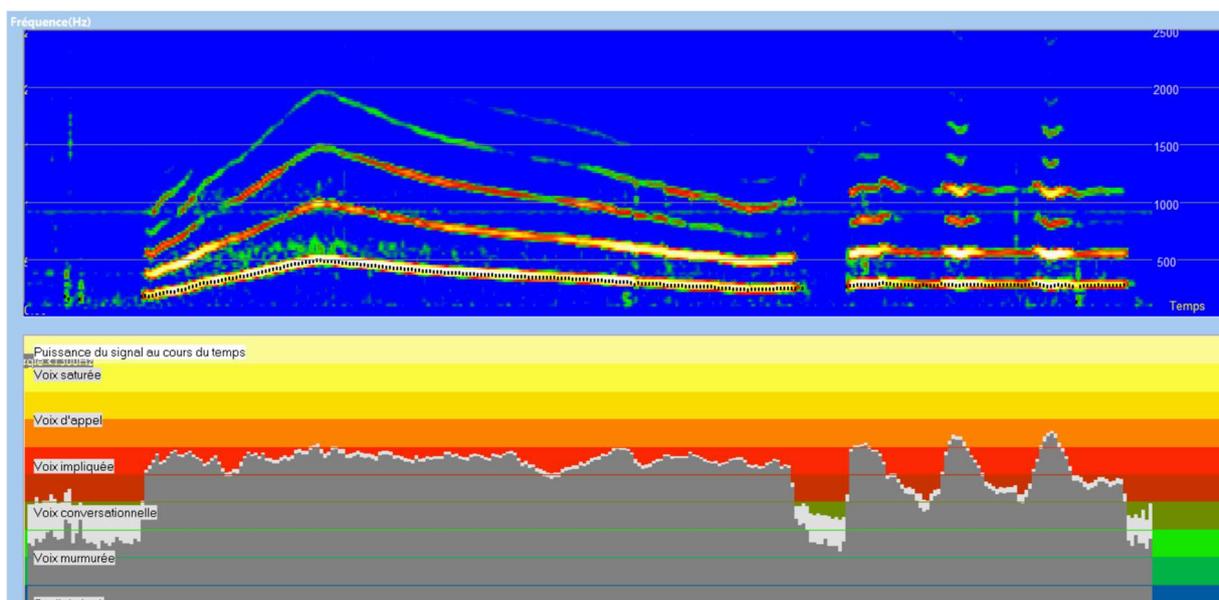


Figure 1 : le spectrogramme de la voix, associé en bas à l'évolution de la puissance

Vidéos de cordes vocales

Dans un but tout à la fois d'information du patient, mais aussi pour la formation initiale des orthophonistes, nous avons pu intégrer près de 40 vidéos fournies par le Dr. V. Woisard, médecin phoniatre, CHU Rangueil, Toulouse, le Dr. P. Giacchero, médecin phoniatre et Stéphanie Perrière, Orthophoniste, Institut Universitaire de la Face et du Cou, à Nice. Deux exemples de vidéos avec des commentaires et axes thérapeutiques recommandés.



Figure 2 : Instantané de vidéos de cordes vocales normales (à gauche) et pathologiques (à droite)

III. Démarche de recherches associée à VOCALAB

Dans le but d'aider les orthophonistes dans l'évaluation objective des pathologies de la voix, un ensemble d'orthophonistes, chercheurs et étudiants se sont fédérés à partir de 2012 dans le cadre de l'équipe de recherches ERU 15 du LURCO/UNADREO et ont défini un programme de travail de 6 ans, principalement centré sur le développement d'indicateurs d'altération de la voix.

Tâches effectuées

Les travaux de recherche de l'ERU 15 se sont inscrits dans les 3 axes structurants du laboratoire :

- Dans le cadre de l'axe 1 « créer, améliorer et valider des outils d'évaluation », l'équipe a défini un nombre réduit d'indicateurs objectifs, pertinents et fiables des pathologies de la voix.
- Dans le cadre de l'axe 2 « améliorer les interventions thérapeutiques orthophonique », les orthophonistes ont construit une base de données de cas de voix pathologiques et ont décrit leurs choix d'axes thérapeutiques et les résultats obtenus selon les différentes pathologies traitées.
- Dans le cadre de l'axe 3 « tester l'efficacité des prises en charge orthophoniques », les orthophonistes de l'équipe ont rédigé plus de 100 fiches de synthèse sur l'évolution de la voix avant et après rééducation, en commentant la cohérence et la pertinence de l'évolution des valeurs des indicateurs de pathologie de la voix, en lien avec les progrès observés et l'auto-évaluation du patient.

Revue de littérature sur les indicateurs d'altération de la voix

La première tâche de l'ERU 15 a été de dresser un état de l'art des marqueurs de pathologies déjà implémentés dans différents outils (EVA, PRAAT, MDVP), les démarches scientifiques associées et les éventuelles critiques formulées dans leur utilisation ou leur biais [Sicard 2013]. Les orthophonistes de

l'ERU 15 ont été sollicitées pour fournir, dans le respect de la loi informatique et liberté et la CNIL, des échantillons de voix (voyelles, sirènes) avant et après rééducation, qui ont donné lieu à la construction d'une base de données de voix pathologiques ouverte [Perriere 2013, Sicard 2014] (Fig. 3). Nous nous sommes reposés sur la classification de l'ASHA (USA) décrite par K. Verdolini [Verdolini 2006].

Pathologie	Code	Nom	Âge	M/F	Enfant	Sirène /a/	/a/ après rééducation	Sirène /a/ après rééducation	Commentaires	Axes thérapeutiques
Épiglottite	9010	AS003	57	F	a				Instabilité en hauteur et intensité	
Crico-Hyoido-Epiglottite-Peque (CHEP)	5330	JCF04	68	H	a				Sur stabilité en stance après.	
cordectomie	1110	SP001	43	H	a	sirène	a		Bruit, instabilités importants avant rééducation	
Dysarthrie	7300	SP002	73	H	a	sirène	a		Bruit important dans la bande 500-7000 Hz	
Dysodie	8150	SP074	26	F	a	sirène	a	sirène	Voix quasi normale.	
	8150	SP004	71	F	a				Instabilité et bruit pathologiques	
	8150	SP005	51	F	a				Sirène sur /ou/	
	8150	SP006	51	F	a				Passage des mécanismes sur la sirène	
Dysphémie articulatoire	5310	SP008	64	F	a	sirène	a		Voix très instable, faible et pauvre, sirène très peu étendue	
Dysphonie fonctionnelle	8100	SP009	40	F	a				Bruit dans la bande 700-1700 Hz	
	8100	AS008	66	F	a				Instabilité en hauteur et Jones avec enlantes	
	7110	AS009	64	F	a	sirène	a	sirène	Très forte instabilité avant, sirène incontrôlée.	
	8100	AS011	53	F	a				Voix instable, passage brusque du médianisme à l'a	

Figure 3 : Construction d'une base de données de voix pathologiques avec /a/ et sirène avant/après prise en charge, avec fiche de synthèse associée [Sicard 2014]

Proposition d'indicateurs d'altération du /a/ tenu

Après une phase d'analyse de plusieurs mois et de tests préliminaires, nous avons pu sélectionner cinq marqueurs que nous considérons comme les plus pertinents :

- Altération de l'attaque,
- Instabilité en hauteur,
- Instabilité en amplitude,
- Rapport bruit/signal
- Pauvreté harmonique.

Nous avons normalisé ces indicateurs de sorte que l'indicateur soit < 1.0 pour les voix normales et > 1.0 pour des voix altérées, et $\gg 1.0$ pour des voix pathologiques.

Une fois les indicateurs implémentés dans une version prototype de VOCALAB, nous avons pu tester leur pertinence sur l'ensemble des 150 cas de voix normales, altérées et pathologiques de la base de données en ligne. La comparaison des résultats avec PRAAT [Sicard 2013], l'analyse de la corrélation entre les 5 indicateurs et l'évaluation subjective a permis d'affiner les algorithmes en vue d'une implémentation définitive dans la version 4 de VOCALAB. Différentes formations autour des indicateurs de pathologie et de l'utilisation de la base de données ont été proposées à partir de 2013, soit dans le cadre de formation continue [AMS], soit lors d'ateliers ou de conférences. Un contenu pédagogique a aussi été créé pour la formation initiale dans les écoles d'orthophonie et pour la formation continue des orthophonistes cliniciens [Vocalab].

L'idée de mettre à disposition de cas de voix en ligne a intéressé plusieurs orthophonistes en dehors des membres de l'ERU 15, permettant d'étoffer la base de données avec des cas tels que la Maladie de Parkinson, les cancers ORL ou la maladie de Wilson.

Synthèse

- La rééducation a permis la reconstruction harmonique, une endurance normale et une étendue vocale correcte.
- La plupart des indicateurs après rééducation sont proche du niveau normal

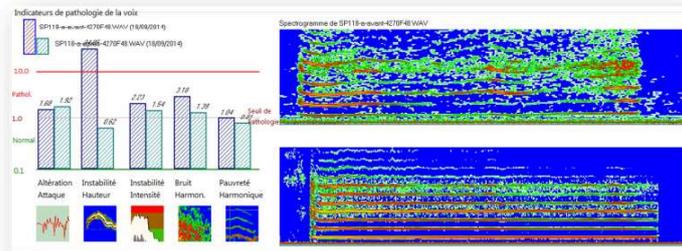


Figure 4: Evolution des indicateurs de pathologie de la voix et spectrogrammes avant/après prise en charge orthophonique (SP118 [Perriere 2013])

L'étude de l'évolution des indicateurs au cours de la rééducation (avant/après) avec la liste des axes thérapeutiques associés, a fait l'objet de fiches en libre accès, et de publications scientifiques autour d'études de cas, telles que [Perriere 2013]. La synthèse de la fiche SP118 est reportée à la Fig. 4.

Construction de base de données voix pour la recherche orthophonique

La mise à disposition de bases de données d'enregistrements de voix [Vocalab 2019] altérée et pathologique permet d'illustrer les différents troubles et pathologies communément rencontrés en orthophonie, en écoutant et analysant les échantillons sonores au moyen d'indicateurs pertinents. Ces bases de données ont été principalement construites avec la contribution d'orthophonistes libérales qui ont accepté de transmettre les enregistrements de /a/ et sirènes. Une des originalités de ces bases de données est de disposer de nombreux cas « avant » et « après » prise en charge, ce qui permet de proposer dans des modules d'enseignement non seulement les échantillons sonores, mais aussi des exemples concrets de bilan, d'axes thérapeutiques et de synthèse d'évolution d'indicateurs pertinents.

Plus de 250 cas de voix ont été mis en ligne graduellement, avec 100 fiches descriptives dont plus de 50 avant/après suivi orthophonique. La figure 5 illustre la page d'accueil de la base de données et d'accès aux différents cas. La construction de cette base de données s'est inscrite dans le cadre du projet de recherches de l'ERU 15 du LURCO, avec des contributeurs majeurs tels que A. Menin-Sicard S. Perrière, A. Ravera-Lassalle. Différentes présentations pédagogiques ciblées sur cette base de données de voix ont aussi été mises en ligne afin de faciliter l'exploitation des données et la construction de travaux pratiques en écoles d'orthophonie.

Base de données de voix pathologiques / Database of pathological voices
Voyelles /a/ et sirènes avant et après rééducation orthophonique / Vowel /a/ and sirens before and after speech therapy

- Motivation à la construction d'une base de données
- Voix normales
- Voix pathologiques
- Conditions d'enregistrement
- Appel à participation
- Codage des noms de fichiers sons
- Contributeurs
- Consentement de cession de droits d'auteur (patients/orthophonistes/LURCO)
- Nomenclature des voix pathologiques

Base de données de voix pathologiques / Database of pathological voices

Pathologie / Pathology	Code	Nom Name	Age	H/F, Enfant Man, Women, Children	/a/ Siren	/a/ après rééduc. Siren before therapy	Sirène après rééduc. Siren after therapy	Commentaires Comments	Fiche descriptive, axes thérapeutiques Fact sheet, therapeutic axis
Bégaiement	9010	AS003	42	H	a			Instabilité en hauteur et intensité. Anomalie prosodique.	
	9010	AS045	22	F	a	diado	diado	Instabilité en hauteur et intensité	
Crico-Hyloïdo-Epiglotto-Pexie (CHEP)	3330	DCF064	68	H	a	a		Meilleur stabilité en puissance après.	
Coqueluche	2200	SP091	50	F	a	sirène		Rupture, bruit et instabilités multiples	
Cancer du Larynx Cancer du Pharynx	1130 1140	Etude C2S1 sur 100 patients	40-80	F/H				Durée de phonation réduite, distance /ms/ réduite, indicateurs altérés	
	7100 1140	CO001	66	H	a	a		Pauvreté harmonique avant. Résonance retrouvée.	
Cordectomie	1110	SP001	43	H	a	sirène	a	Bruit, instabilités importants avant rééducation	
	1110	SP100	68	H	a	sirène	a	Bruit très important avant. Restructuration harmonique après.	
Dermatomyosite	4210	AL014	64	F	a	sirène	a	Temps phonation court, pauvreté avant.	
Dysarthrie	7380	EA001	60	H	a	sirène		Rythme lent, articulation imprécise	
	7380	SP002	73	H	a	sirène		Bruit important dans la bande 500-900 Hz	
Dysodie	8150	SP074	26	F	a	sirène	a	Voix quasi normale.	

Figure 5 : Base de données de voix pathologiques en ligne [Vocalab]

Statistiques en lien avec la voix

Le support à la recherche sur la voix normale, altérée et pathologique a été rendu possible grâce au développement d'un outil spécifique de statistiques (Figure 6). Les fichiers sons à étudier sont tout d'abord regroupés dans un même répertoire, puis les données primaires suivantes sont extraites :

- Sexe
- Age
- Pathologie
- Index de handicap, auto-évaluation, VHI, SHI, GRBAS, etc.
- Durée de phonation
- Amplitude moyenne
- F0 moyen (FUM)
- Intonation
- Indicateurs sur la durée de phonation
- Indicateurs sur une seconde après l'attaque

Pour faciliter l'inclusion des métadonnées, nous incluons directement dans le nom des fichiers des informations telles que les handicap-index, sexe, âge et pathologie. Par exemple SP001-a-tenu-VHI54-0000F57 correspond au cas n° 1 de la source SP (initiales de l'orthophoniste, VHI à 54, voix normale 0000, femme de 57 ans).

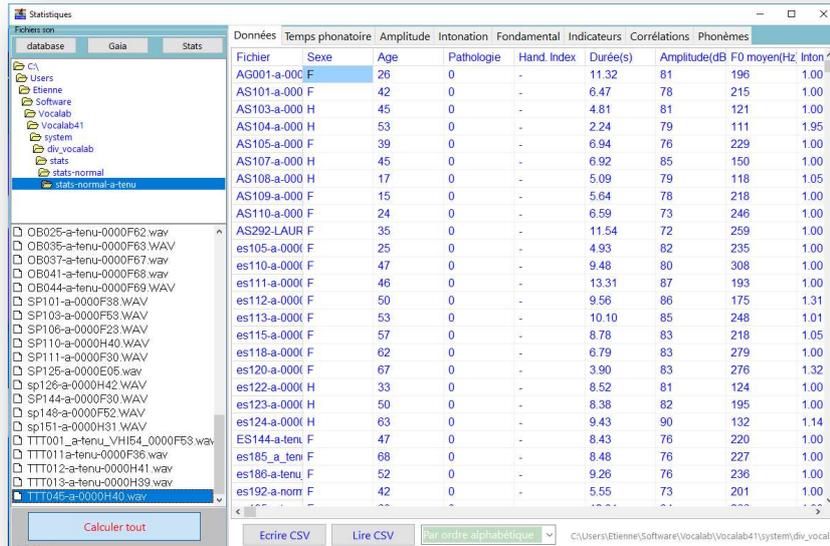
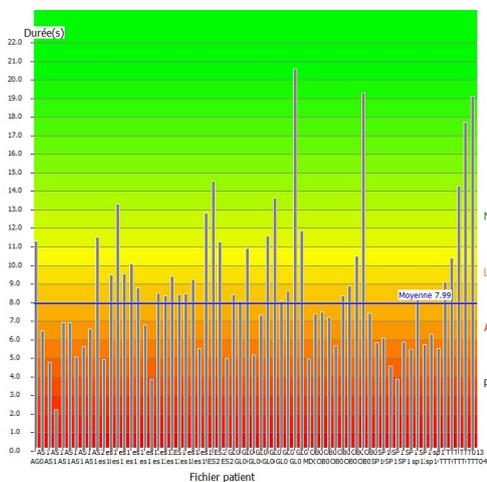


Figure 6 : Lancement du calcul des paramètres génériques pour la série de fichiers incluse dans un répertoire donné (ici, les voix normales disponibles dans la base de données en ligne)

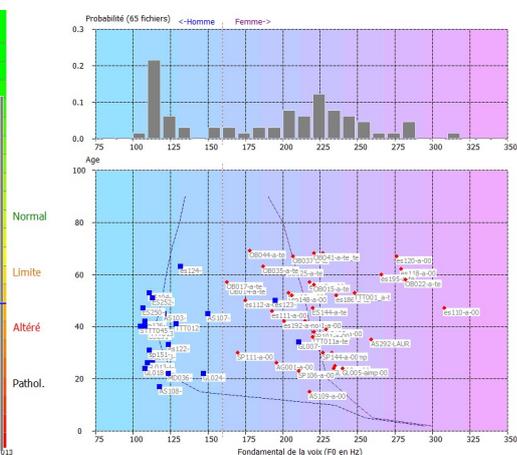
Dans le cas de la figure 6, 65 cas de /a/ impliqués, selon le protocole propre à Vocalab sont traités. De ces données chiffrées peuvent ensuite être construits différents graphiques selon les objectifs pédagogiques ou de recherche. L'outil statistique permet aussi d'évaluer les différents paramètres classiques (min, moyenne, max, écart-type, kurtosis) des distributions statistiques portant sur :

- Le temps phonatoire
- L'amplitude
- L'intonation
- Le fondamental
- Les indicateurs (altération attaque, instabilité en hauteur, en amplitude, bruit, pauvreté harmonique)

Un écran spécifique permet aussi de calculer la matrice de corrélations entre les différents indicateurs (Figure 7).



(a) Durée de phonation



(b) Fondamental moyen

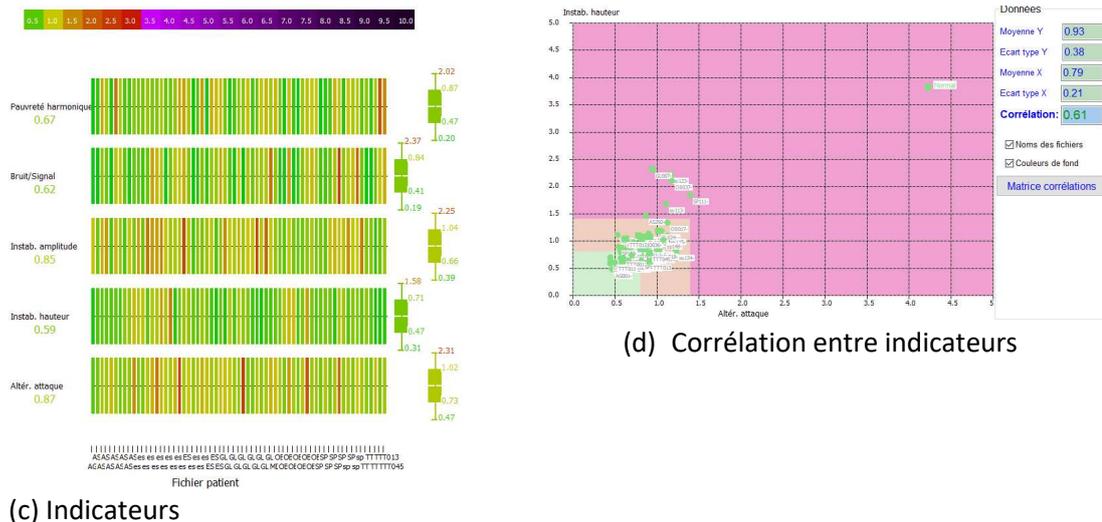


Figure 7 : Exemples de calculs statistiques concernant la voix

Ces données peuvent être exportées vers d'autres logiciels de traitement de données à l'aide du format CSV. Divers exemples d'étude de groupe de cas de voix utilisant l'outil statistiques ont été reportés au chapitre 5 de l'ouvrage [Sicard 2016]. Parmi les recherches publiées en utilisant VOCALAB comme outil support, on peut citer les travaux de Ayoub sur la voix du fumeur [Ayoub 2018].

Exemples de mémoires en lien avec l'analyse de la voix

Le logiciel VOCALAB a été utilisé comme outil support de différents mémoires d'orthophonie et de Master recherche ces dernières années, avec une mise à disposition à titre gracieux des licences logicielles, et le développement d'outils spécifiques selon les besoins des études. De manière chronologique, nous listons les thématiques principales abordées :

- Elaboration de profils types en fonction de pathologies vocales [DAUMET, 2015]. Caractérisation des voix normales, de la variabilité des indicateurs.
- Etude la voix des personnes âgées : acquisition d'une population adulte tout venant de 60 à 95 ans et caractérisation de l'évolution de la voix au cours du vieillissement. Mise en évidence de l'élévation des indicateurs avec l'âge au-delà de 65 ans [BARBERA et FRENAY, 2016].
- Caractérisation acoustique des productions vocales d'enfants francophones de 5 ans, avec notamment l'étude des indicateurs sur la voyelle /a/ tenue [MEYRIEUX et MOREAU, 2018].
- Construction de profils types de voyelles et de consonnes, en vue d'évaluer et réduire l'articulation en contexte orthophonique [LEFOL, 2018]
- Evaluation vocale de la personne transgenre au cours de la prise en charge orthophonique, étude des caractéristiques acoustiques de la voix [GUILLO, 2018].

IV. Le logiciel DIADOLAB

Motivation

Le développement du logiciel DIADOLAB a été initié dans le but de proposer aux orthophonistes des outils simples de visualisation des articulateurs de la parole dans le cadre de la rééducation. Ce programme interactif permet d'évaluer et de travailler de façon précise la conscience articulatoire, les praxies fines, l'articulation, la phonologie, la diadococinésie, la parole et la prosodie, dans le but d'améliorer l'intelligibilité et la fluence.

Un Protocole très court

DIADOLAB a été complété par un module de bilan, permettant l'analyse objective de la parole normale, altérée et pathologique, en se focalisant sur l'intelligibilité et de la fluence, au moyen d'un bilan court et efficace [Sicard 2019]. Celui-ci se compose de deux épreuves principales, selon un protocole très cadré pour limiter les biais dans la passation (Figure 8) :

- L'enregistrement d'une phrase « Bonjour Monsieur Tralipau »
- L'enregistrement d'une série de « /PaTaKa/ » de quelques secondes

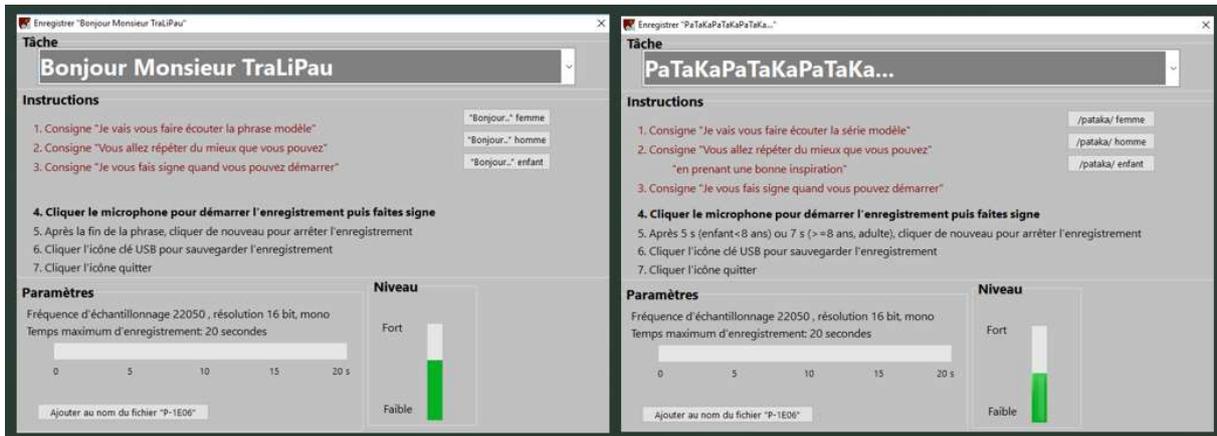


Figure 8 : protocoles d'enregistrement de la phrase (à gauche) et de la répétition de syllabes (à droite)

Sur la base d'une segmentation par l'orthophoniste des phonèmes effectifs sur la phrase, le score d'articulation est calculé par comparaison avec les phonèmes attendus de la phrase de référence « Bonjour Monsieur Tralipau ». Le spectrogramme est enrichi d'un système d'aide au repérage de mécanismes de la parole tels que la constriction, la richesse harmonique, les transitoires rapides, ainsi que d'un zoom temporel, afin de faciliter la segmentation (Figure 9).

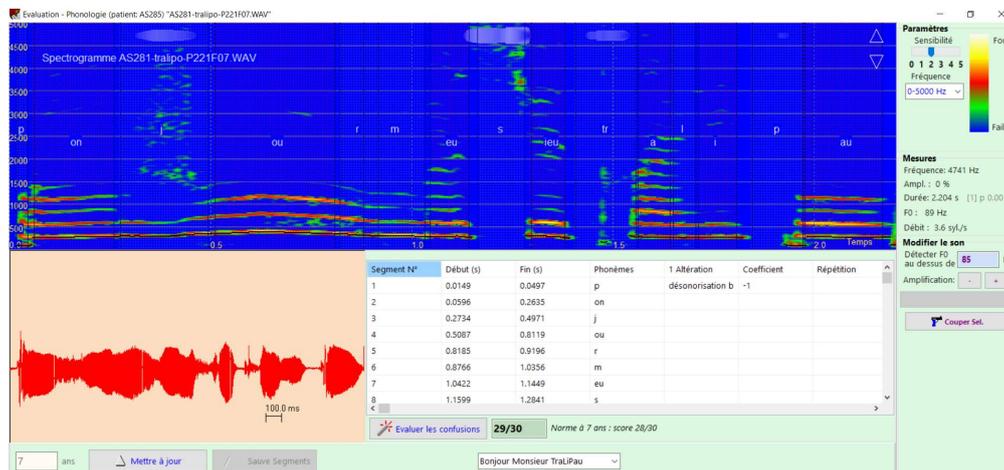


Figure 9 : le score d'articulation est obtenu après segmentation de 15 phonèmes de la phrase « Bonjour Monsieur Tralipau ».

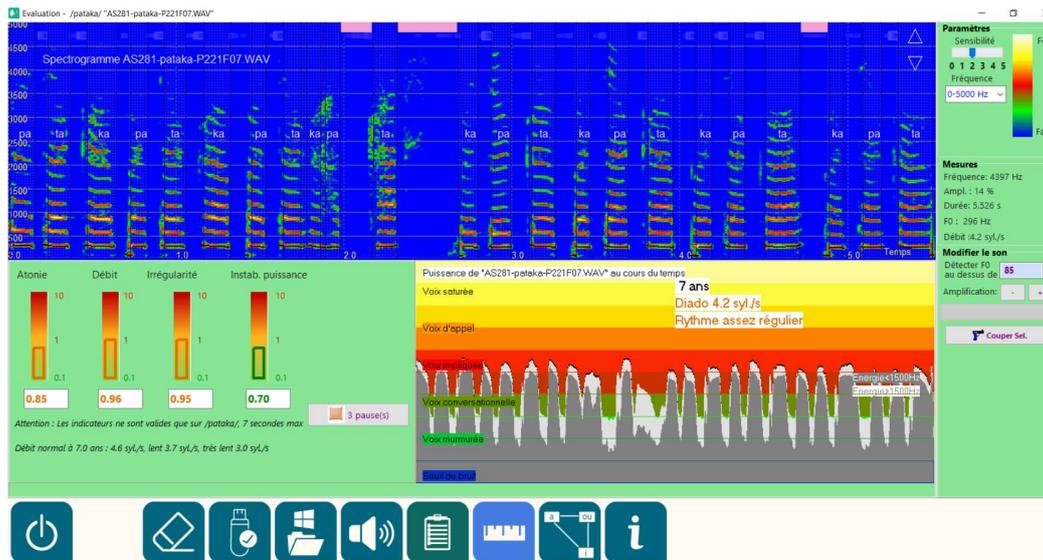


Figure 10 : Les indicateurs d'altération sont évalués sur la base d'une série de quelques secondes de /PaTaKa/

L'exploitation de l'enregistrement de séries de /PaTaKa/ est conduite dans le module Diadococinésie. Quatre indicateurs principaux sont automatiquement évalués (Figure 10) :

- L'atonie des plosives /p,t,k/
- Le débit des syllabes par rapport à la norme selon l'âge
- L'irrégularité du débit
- L'irrégularité de la puissance

DIADOLAB3 combine les différents indicateurs d'altération de la parole et génère une fiche de synthèse récapitulant les éléments objectifs ainsi que l'appréciation de l'orthophoniste sur l'intelligibilité et la fluence du patient.

V. Démarche de recherches associée à DIADOLAB

Base de données de parole

Dans le même état d'esprit que la base de données de voix réalisée dans le cadre du projet VOCALAB, la construction d'une base de données de parole a démarré en 2017 à partir d'enregistrements réalisés par 5 orthophonistes intéressées par la démarche et les outils. Cette base de données a été construite pour construire et élaborer le module Evaluation de la parole du logiciel DIADOLAB. Le but de la base de données est d'évaluer sur un grand nombre de cas la précision articulatoire, la fluence, le débit, l'intonation et le contrôle phono-articulatoire. Ces évaluations concernent des sujets allant de 3 à 99 ans.

La base de données parole est aussi l'un des axes fédérateurs de la démarche de recherches de l'ERU 46 « Parole pathologique » du LURCO de l'UNADREO [Lurco]. Les cliniciens sollicités ont accepté d'enregistrer des enfants de leur patientèle qui consultent pour des troubles de l'intelligibilité ou de la fluence ainsi que des enfants tout-venants. Ces enregistrements devaient être réalisés avec un protocole strict, une distance bouche-micro calibrée ainsi qu'un microphone unidirectionnel. Des modèles pré-enregistrés étaient utilisés afin de diminuer les biais de compréhension de consigne. Les orthophonistes étaient toutes sensibilisées à l'importance de la qualité d'enregistrement. Les données ont été anonymisées et les fichiers codés selon une classification de la parole pathologique proposée dans DIADOLAB.

L'avantage de cette base de données parole réside dans le fait que les patients ou témoins prononcent tous la même phrase, ce qui permet des comparaisons aisées entre sujet et d'extraire des valeurs référentielles en fonction du sexe et de l'âge. A partir d'une segmentation minutieuse de la phrase composées de 15 phonèmes, combiné à la diadococinésie, DIADOLAB calcule plus d'une dizaine de paramètres permettant d'évaluer l'intelligibilité et la fluence (Figure 11). Nous disposons à ce jour de 150 cas de parole d'enfants, et plus de 300 cas de parole d'adultes, témoins ou patients pour différentes pathologies.

The screenshot shows the DIADOLAB software interface. It is divided into several sections:

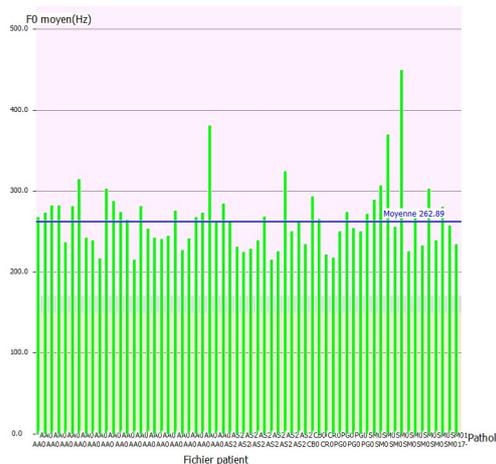
- Anamnèse Pathologie:** Includes fields for patient name (A010), date of birth (5 ans 8 mois), and classification (310 - Trouble phonologique).
- Phonologie:** Shows target segmentation ('b an j ou r m eu s i eu tr a l i p a'), orthographic segmentation ('b an ch ou r m eu s i eu dr a l i p a'), and a score of 28/25. It also lists articulation errors like 'désonorisation j (-1)' and 'sonorisation t (-1)'.
- Prosodie:** Displays metrics such as intonation (10 1/2 tons), F0 mean (345 Hz), and syllable rate (4.1). It also shows diadococinésie/PaTaKa/ metrics like atony (1.61) and irregularity (0.87).
- Synthèse:** Shows synthesis results for intelligibility (normal) and fluency (average).

Figure 11 : Fiche de synthèse des données d'un patient

Statistiques en lien avec la parole

De manière similaire à VOCALAB, DIADOLAB dispose d'un outil de calculs statistiques en lien avec la parole. En plus des métriques déjà existantes dans VOCALAB (temps phonatoire, amplitude, intonation, fondamental usuel moyen, indicateurs d'altération de la voix), sont proposées d'autres métriques orientées parole (Figure 11):

- Indicateurs de diadococinésie (répétitions de /PaTaKa/ pendant quelques secondes) : atonie, lenteur de débit, irrégularité de débit, irrégularité de puissance
- Débit sur une phrase type, score d'altération de l'articulation
- Pauses inappropriées
- La construction du triangle vocalique étendu aux consonnes.



(a) Fondamental Usuel Moyen sur /pataka/



(b) Débit en syllabes par secondes sur /pataka/

Figure 12 : Exemples de calculs statistiques concernant la parole d'enfants de 4 à 6 ans, en lien avec l'épreuve de diadococinésie

La figure 12 donne un exemple de calculs statistiques en lien avec la parole de jeunes enfants (4 à 6 ans). La consigne consiste à demander à l'enfant de répéter des séries de /PaTaKa/ pendant au moins 5 secondes, en une seule respiration. On note un F0 moyen autour de 260 Hz et un débit de syllabes moyen de 3,7 syll./s, ce qui est conforme aux méta-analyses des voix d'enfants.

Les analyses statistiques ont notamment permis de conforter ou d'affiner les repères proposés dans DIADOLAB tels que l'acquisition des phonèmes en fonction de l'âge (Fig. 13 à gauche) et le débit de parole (Fig. 13 à droite).

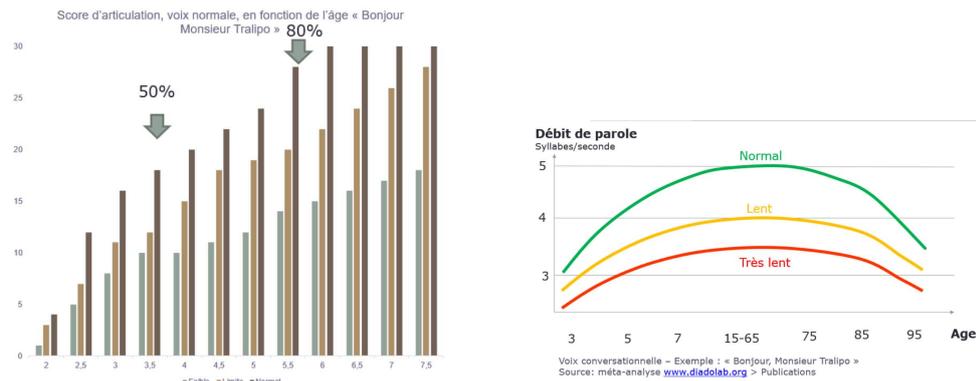


Figure 13 : Valeurs référentielles du score d'articulation et du débit de parole en fonction de l'âge élaborés grâce aux outils statistiques

Projets Cancer et Maladie de Parkinson

DIADOLAB3 a tout d'abord été utilisé dans le cadre de projets de recherche ciblés d'une part sur le cancer ORL [C2SI], d'autre part sur la Maladie de Parkinson [Voice4PD], en lien avec le CNRS et différents centres hospitaliers référents. Les concepts de profils type et de distance /m/s/ ont notamment été mis en valeur [Sicard 2017], comme illustré à la figure 14. Une des conséquences de ces analyses a été de promouvoir l'inclusion de « Monsieur » dans la phrase à enregistrer dans le cadre du protocole de bilan court de la parole. Le mot « Monsieur », particulièrement écologique, inclut les extrêmes /m/ et /s/ en termes de voisement, de constriction et de contenu spectral.

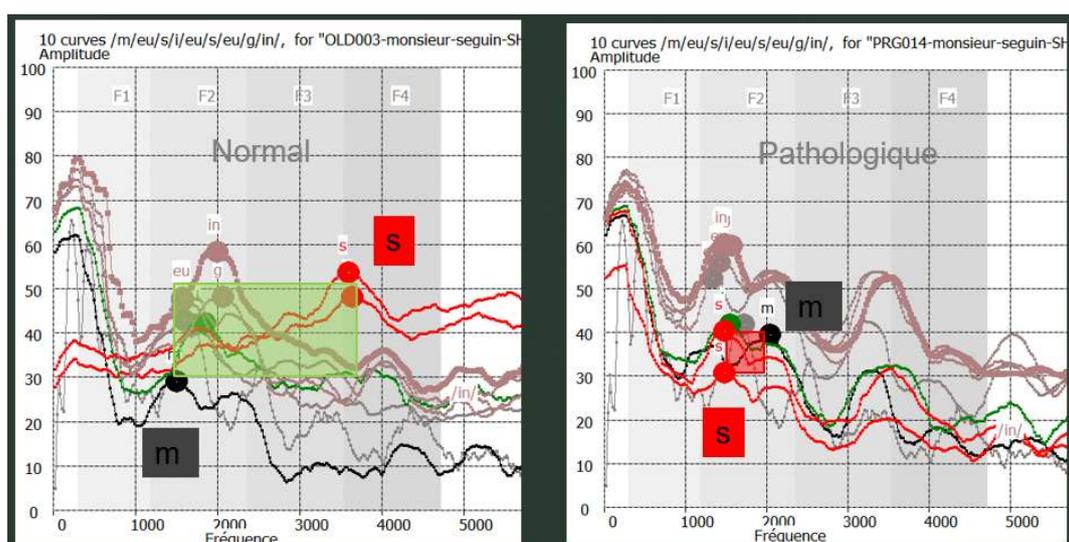


Figure 14 : Comparaison des distances /m,s/ entre parole normale (à gauche) et pathologique (à droite) [Sicard 2017]

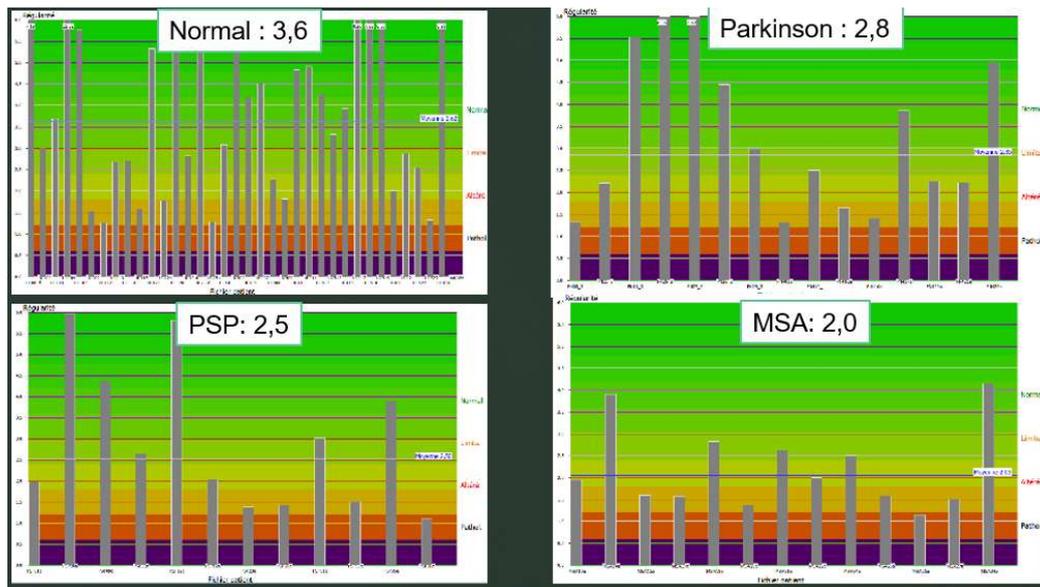


Figure 15 : L'épreuve de diadococinésia se révèle pertinente pour la classification différentielle de syndromes parkinsoniens (Parkinson, PSP, MSA) [Rusz 2015]

Les indicateurs de diadococinésia ont été testés sur le corpus de J. Rusz dans le cadre de la Maladie de Parkinson et des syndromes Parkinsoniens de type MSA et PSP [Rusz 2015]. L'épreuve de diadococinésia sur /PaTaKa/ se révèle particulièrement discriminante en termes de débit, régularité et stabilité en puissance entre groupe contrôle et 3 types de syndromes Parkinsoniens (Figure 15). Cette épreuve est aussi très largement documentée dans la littérature scientifique, la voyelle /a:/ et les plosives étant quasi-universelles, ce qui facilite l'extraction de tendances d'après les méta-analyses.

Encadrement de mémoires de Master

Le logiciel DIADOLAB fait l'objet de différents mémoires d'orthophonie parmi lesquels :

- Caractérisation acoustique des productions vocales d'enfants francophones de 5 ans, avec notamment l'étude des indicateurs sur la voyelle /a/ tenue [MEYRIEUX et MOREAU, 2018].
- Construction de profils types de voyelles et de consonnes, en vue d'évaluer et réduire l'articulation en contexte orthophonique [LEFOL, 2018]. Dans son mémoire, 8 logatomes du protocole MonPaGe [Fougeron 2018] ont été segmentés, en vue d'extraire les profils types et distances inter-phonèmes : «sajo», «tabon», «nazor», «tessi», «damette», «laspau», «fichoussu», «kitoukitou».
- Mémoire d'Antoine PAPAIZIAN (2018-19), sur l'analyse acoustique de la production des consonnes et voyelles dans l'Ataxie de Friedreich, avec l'exploitation des données de parole pathologique du projet ORFA en lien avec l'ERU 35 (Pitié Salpêtrière, ICM, Sorbonne-Université Sorbonne Université),
- Mémoire de Caroline GRENIER (2018-20) : étude comparative de tests phonologiques existants et du protocole d'analyse objective de la parole avec Diadolab : intérêt et limites d'un test court et des mesures objectives d'intelligibilité et de fluence

VI. Conclusion

Une véritable démarche d'accompagnement des étudiants et des professionnels a été construite autour des logiciels VOCALAB et DIADOLAB pour l'aide à la compréhension des caractéristiques de la voix et de la parole normale, altérée et pathologique. Pour les étudiants en Master d'Orthophonie, des outils statistiques ciblés sur la voix et la parole ont permis de faciliter l'analyse de corpus de voix et

parole de différentes natures : **voix d'enfant, voix âgée, parole dysarthrique, voix et parole** en lien avec les pathologies du cancer ou des affections spécifiques. L'homogénéisation des pratiques concernant les évaluations et les outils utilisés est en marche depuis longtemps et n'est à ce jour plus remise en question. La grande diversité des pratiques rééducatives n'est cependant pas un frein à son efficacité pour peu qu'il soit possible de la mesurer. Cette démarche vise à généraliser l'utilisation des **méthodologies rigoureuses et scientifiques** permettant aux orthophonistes d'être plus efficaces et d'éviter des suivis inutiles voire de « confort ». Les valeurs extraites d'outils objectifs, **si elles se situent dans la norme**, peuvent aussi permettre **d'éviter de prendre en charge** des sujets ayant des simples retards d'acquisition ou des altérations minimales pouvant être prises en charge par des approches plus pédagogiques. L'engorgement des cabinets d'orthophonie pourrait être ainsi diminué et une place plus importante serait donnée aux altérations sévères nécessitant un besoin urgent de prise en charge.

VII. Références

[AMS] <https://amsformation.jimdo.com>

[Ayoub 2018] Ayoub, M. R., Larrouy-Maestri, P., & Morsomme, D. (2018). The Effect of Smoking on the Fundamental Frequency of the Speaking Voice. *Journal of Voice*.

[Barbera 2016] BARBÉRA O., FRENAY C. (2016)., "Acquisition d'une population adulte tout venant pour la caractérisation de l'évolution de la voix au cours du vieillissement par le logiciel VOCALAB : questionnement des limites entre pathologie et normalité.", Ecole d'orthophonie de Lyon.

[C2SI] <https://www.irit.fr/recherches/SAMOVA/pagec2si.html>

[Daumet 2015] Daumet, M. (2015), "Etude du logiciel VOCALAB: élaboration de des profils types en fonction des pathologies vocales, sur la base de critères objectifs", Mémoire d'orthophonie de l'Université de Nice

[Fougeron 2018] Fougeron, C., Delvaux, V., Ménard, L., & Laganaro, M. (2018). The MonPaGe_HA database for the documentation of spoken French throughout adulthood. In *Proceedings of the Eleventh International Conference on Language Resources and Evaluation (LREC-2018)*.

[Guillo 2018] GUILLO Anna (2018), L'apport du logiciel Vocalab à l'évaluation vocale de la personne transgenre « Male-to-Female » Etude d'un cas d'appel, Mémoire de Grade Master 2 en Orthophonie, Université Claude Bernard Lyon 1, Institut des Sciences et Techniques de Réadaptation Département Orthophonie.

[Lefol 2018] LEFOL Gaïa (2018) "Vers une évaluation objective de l'articulation en pratique clinique orthophonique", Mémoire de Grade Master 2 en Orthophonie, Université de Tours, Faculté de médecine, Centre de Formation Universitaire en Orthophonie, , dumas-01815287, 2018

[Lurco] <http://lurco.unadreo.org> L'équipe de recherches ERU 15 s'est focalisée sur la voix, l'équipe de recherches ERU 46 de la parole.

[Menin Sicard 2019] Menin Sicard, A., Sicard, E. (2019). Méthodologie d'évaluation objective de la phonologie, de la fluence et de la prosodie : vers un bilan rapide à destination des orthophonistes. Journées de Phonétique Clinique, Mons, Belgique, Mai 2019.

[Menin Sicard 2019b] Menin-Sicard, A, Sicard. E. (2019) DIADOLAB 3 - Logiciel d'évaluation et de rééducation de la parole - Manuel d'utilisation. Archives ouvertes du CNRS <https://hal.archives-ouvertes.fr/hal-02073314>

[Meyrieux 2018] Meyrieux, L. Moreau, M. (2018). Caractérisation acoustique des productions vocales d'enfants francophones de 5 ans à l'aide du logiciel Vocalab. Université catholique de Louvain, Louvain-la-Neuve

[Perrière 2013] Perrière, S., (2013). La voix en images : comment l'évaluation objectivée par logiciel permet d'optimiser la prise en charge vocale. Dossier spécial sur l'évaluation vocale, Rééducation Orthophonique, 254, 103-119. <https://hal.archives-ouvertes.fr/hal-00872413>

[Sicard 2013] Sicard, E., Menin-Sicard, A. , (2013) "Etude Bibliographique sur les Indicateurs de Pathologie de la Voix", <https://hal.archives-ouvertes.fr/hal-00836900>

[Sicard 2013b] Sicard, E., Menin-Sicard, A., Perriere, S., (2013, Décembre). Développement de nouveaux outils de mesures de la qualité de la voix en vue d'une implémentation dans le logiciel VOCALAB. Papier présenté aux XIIIèmes Rencontres d'orthophonie, Paris. <https://hal.archives-ouvertes.fr/hal-00977731>

[Sicard 2014] Sicard, E., Menin-Sicard, A. , Perriere, S. , (2014) « Construction d'une base de données de voix pathologiques pour la recherche orthophonique - Recherche en orthophonie et identité professionnelle », Rééducation Orthophonique N° 257, pp. 177-202, Mars 2014, Archives ouvertes du CNRS <https://hal.archives-ouvertes.fr/hal-00968599>

[Sicard 2016] SICARD E., MENIN-SICARD, A., (2016) "Evaluation et réhabilitation de la voix : approche clinique et objective », De Boeck Supérieur SA, 2016 Paris ISBN : 978-2-35327-318-8

[Sicard 2017] Sicard E., Mauclair, J., Woisard, V. (2017) Etude de paramètres acoustiques des voix de patients traités pour un cancer ORL dans le cadre du projet C2SI. 7èmes Journées de Phonétique Clinique, Jun 2017, Paris, France. 2017, <jpc7.ilpga.fr> <https://hal.archives-ouvertes.fr/hal-01510418>

[Verdolini 2006] Verdolini, K. (2006). « Classification Manual For Voice Disorders – Volume 1, Psychology Press, 2006

[Rusz 2015] Rusz, J., et al. (2015). Speech disorders reflect differing pathophysiology in Parkinson's disease, progressive supranuclear palsy and multiple system atrophy. Journal of neurology, 262(4), 992-1001.

[Vocalab] <http://www.vocalab.org> > Tout un tas de cas

[Voice4PD] <https://www.irit.fr/recherches/SAMOVA/pagevoice4pd-msa.html>