

Bilan et évaluation des pathologies de la phonation - Dix exercices avec VOCALAB dans le cadre de la formation en orthophonie

Karin HEBTING¹, Etienne SICARD^{2,3}, Anne MENIN-SICARD^{2,4}

(1) Orthophoniste, 58 chemin de la plaine, 34990 JUVIGNAC

(2) Laboratoire LURCO/UNADREO, équipe de recherche ERU 46

(3) INSA-GEI, 135 Avenue de Ranguel, 31077 TOULOUSE

(4) Orthophoniste, Institut Bon Sauveur Alby, 1 rue de Lavazière, 81025 ALBI

Résumé : Nous proposons dans cet article, dix exercices à caractère pédagogique permettant de découvrir les principales étapes du bilan de la phonation en vue de la prise en soin orthophonique. Ces exercices ciblent le volet phonation de l'UE 5.6.1 du programme officiel de la formation en orthophonie. Pour chaque exercice, nous rappelons le contexte, proposons un énoncé synthétique, donnons des conseils ainsi que des références bibliographiques pour approfondir les contenus. Les exercices proposés abordent des notions telles que l'auto-évaluation, les indicateurs d'altération sur une voyelle /a:/, le temps phonatoire maximum, les rapports s/z et a/z, le fondamental usuel moyen, l'intonation, l'étendue vocale et le phonétogramme. Les exercices se basent sur les outils de bilan du logiciel VOCALAB.

Mots-clés : *orthophonie, voix, analyse objective, indicateurs, prise en soin, orthophonie, bilan, phonation, VOCALAB.*

Introduction

Dans le programme officiel de la formation en orthophonie publié en 2013¹ figure l'unité d'enseignement 5.6.1 intitulée « Bilan et évaluation des pathologies de la phonation, de la déglutition et de l'articulation ». Cette UE s'inscrit dans la section 5 (concernant la 3^{ème} année de formation) consacrée aux pratiques professionnelles, sous-section 5.6 « Phonation et Déglutition ». Les objectifs et éléments de contenu extraits du Bulletin Officiel sont reportés à la figure 1.

VOCALAB est un logiciel d'évaluation et de réhabilitation orthophonique de la voix [Vocalab 2024] devenu une référence dans le domaine de l'évaluation de la voix, avec plus de 3000 licences vendues depuis son introduction début 2000 via la société GERIP. Le logiciel est né dans la pratique orthophonique et s'est enrichi au travers de 4 versions successives de modules optimisés pour le bilan et la prise en soin de la phonation et ses pathologies. Le logiciel propose un environnement convivial et ludique, ainsi que des outils particulièrement performants et fiables tels que le spectrogramme en temps réel [Sicard 2021] ou les indicateurs d'altération de la voix [Sicard 2013]. L'évolution du logiciel VOCALAB se base sur l'utilisation clinique de très nombreux cliniciens essentiellement francophones et des retours souvent très pertinents qu'ils en font.

Le succès du logiciel en clinique orthophonique a amené progressivement les enseignants des écoles d'orthophonie à utiliser VOCALAB pour l'illustration des paramètres de la voix, notamment grâce à une

¹ Bulletin officiel n° 32 du 5 septembre 2013 : Annexe 3 - Référentiel de formation du certificat de capacité d'orthophoniste

médiathèque de vidéos de cordes vocales et une base de données de voix normales, altérées et pathologiques [Sicard 2014].

Objectifs

- Analyser et évaluer une situation clinique
- Élaborer un diagnostic orthophonique et un pronostic
- Déterminer les axes thérapeutiques
- Expliciter les conclusions du bilan orthophonique
- Mettre en œuvre des démarches de conseil et d'expertise
- S'inscrire dans une démarche pluriprofessionnelle

Éléments de contenu

- Conduite d'entretien, recueil des données anamnestiques et de la plainte
- Outils et méthodes d'évaluation
- Recueil et prise en compte des données comportementales, psychoaffectives et environnementales
- Observation et analyse cliniques de la phonation, de la déglutition et de l'articulation
- Examen d'autres fonctions cognitives
- Évaluation des capacités préservées et/ou mobilisables pour l'intervention
- Élaboration du diagnostic et du diagnostic différentiel
- Élaboration d'un pronostic
- Proposition d'axes thérapeutiques
- Transmission des informations et annonce du diagnostic orthophonique
- Orientation, conseils et expertises
- Spécificités de la rédaction du bilan orthophonique
- Indications et modalités de recours à d'autres professionnels

Figure 1 : Objectifs et éléments de contenu de l'Unité d'Enseignement N°5.6.1 : Bilan et évaluation des pathologies de la phonation, de la déglutition et de l'articulation paru dans le Bulletin Officiel n° 32 du 5 septembre 2013

Le logiciel dispose aussi d'une panoplie d'outils qui répondent aux objectifs de l'UE 5.6.1, notamment les aspects « Analyser et évaluer la situation clinique », « Elaborer un diagnostic orthophonique et un pronostic » et « Expliciter les conclusions du bilan orthophonique ». Associé au logiciel DIADOLAB qui cible les pathologies de la parole, VOCALAB constitue un support pédagogique précieux, orienté clinique, permettant aux étudiants en orthophonie de s'approprier les méthodologies de bilan efficaces, de définition d'axes thérapeutiques ciblés, et d'évaluation de l'impact de la prise en soin grâce aux bilans d'évolution [Sicard 2019].

Les possibilités d'un feedback en temps réel en fait également un outil précieux pour apprendre à affiner les analyses acoustiques (hauteur de la voix, richesse du timbre, etc.) qui ne sont pas toujours évidentes pour les étudiants lorsqu'ils terminent leur formation. La médiathèque de vidéos de cordes vocales dans toutes les modalités de fonctionnement permet de plus d'illustrer les possibilités physiologiques normales du larynx. La plupart des pathologies de la voix sont illustrées avec des explications et des recommandations d'intervention.

Nous abordons dans cet article principalement l'aspect bilan phonation au travers de 10 exercices de base, avec l'aide du logiciel VOCALAB. Ces exercices sont inspirés des TD proposés par Karin HEBTING en 3^{ème} année d'école d'orthophonie de Montpellier sur le bilan vocal dans le cadre de l'UE 5.6.1 Bilan et évaluation des pathologies de la phonation. Le TD est d'une durée de 4H, en binôme. Pour illustrer l'analyse et l'évaluation de la situation clinique du patient en vue de déterminer des axes thérapeutiques, nous nous basons sur le bilan orthophonique de la voix tel que résumé dans [Menin-Sicard 2024].

Outil support

Le logiciel VOCALAB se compose de deux parties principales, un module *Evaluation* et un module *Rééducation*. Le module *Evaluation* qui est utilisé dans cet article est destiné à aider l'orthophoniste à évaluer les troubles de la phonation (Figure 2). Le protocole optimisé pour ne pas fatiguer inutilement le patient se base principalement sur l'enregistrement d'une voyelle /a:/ tenue, d'une sirène, d'un échantillon de voix conversationnelle et d'une voix d'appel. La mesure automatisée du Temps Phonatoire Maximum permet d'évaluer le rendement glotto-vélo-phonatoire.



Figure 2 : Module Evaluation de VOCALAB donnant accès au spectrogramme, temps phonatoire, phonétogramme et fo/Etendue vocale.

Différents paramètres objectifs tels que les indicateurs d'altération de la voix, l'étendue vocale, le fondamental usuel, les rapports s/z et a/z ou encore le phonétogramme permettent de renseigner une fiche bilan du patient et de situer les performances du patient par rapport à des repères normatifs. Le compte-rendu de bilan est généré automatiquement à partir d'un tableau de bord récapitulatif des mesures avec les illustrations, ce qui constitue un gain de temps significatif par rapport au bilan traditionnel. VOCALAB cible plus particulièrement la prise en soin des pathologies de la voix, en se focalisant sur deux macro-compétences : la flexibilité vocale et le rendement phonatoire [Sicard 2024].

Exercices proposés pour le bilan de la phonation

Les dix exercices proposés dans cet article sont les suivants :

1. Créer sa propre fiche patient
2. Auto-évaluer sa voix
3. Analyser le /a:/ tenu
4. Spectrogramme d'une voix chantée (voix normale plutôt que chantée ?)
5. Spectrogramme d'une voix altérée
6. Fondamental Usuel Moyen
7. Voix déclamée
8. Etendue vocale
9. Phonétogramme
10. Compte-rendu

Exercice 1 : Créer sa propre fiche patient

Outil : Patient

Durée : 5 mn par étudiant

Mode : binôme

Prérequis : disposer de VOCALAB

Contexte de l'exercice

La fiche patient regroupe les informations importantes telles que l'âge, le genre, la pathologie ainsi que tous les indicateurs d'altération de la voix. La classification des pathologies de la voix est inspirée de l'ouvrage de [Verdolini 2006]. De nombreux repères et seuils normal/altéré ou altéré/pathologiques dépendent de l'âge et du genre, il est donc essentiel de fournir à VOCALAB ces informations.

Enoncé de l'exercice

Cliquez sur l'icône patient puis « Nouvelle fiche ». Créez une fiche pour chaque étudiant, en précisant à chaque fois l'âge et le genre.



Figure 3 : Création d'une nouvelle fiche patient

Conseils

- Dans la mesure où vous ne maîtrisez pas l'environnement numérique des travaux dirigés, évitez de donner vos noms et prénoms, préférez vos initiales ou un pseudo en majuscule pour plus de lisibilité
- Précisez l'âge et le genre qui permettront de configurer l'ensemble des repères du bilan de phonation

Exercice 2 : Auto-évaluer sa voix

Outil : Patient > Auto-évaluation

Durée : 10 mn par étudiant

Mode : binôme

Prérequis : avoir créé une fiche patient pour chaque étudiant

Icones utilisées :  Sauvegarder fiche patient

Contexte de l'exercice

L'auto-évaluation dans VOCALAB se base sur 5 notions :

- Le **confort**, lié aux sensations proprioceptives du patient.
- L'**endurance**, liée à la capacité du patient à parler longtemps, même dans le bruit, sans éprouver de fatigue.
- Les **performances**, liant hauteur et intensité, elles dépendent de la souplesse de la voix et des capacités résonnantes de celle-ci mais également des capacités de résistance de ce larynx. Il sera important de noter si ces deux notions sont altérées ou si, juste l'une d'entre elles l'est, afin de pouvoir ensuite observer une quelconque évolution concernant la hauteur, l'intensité ou les deux.
- La **qualité**, qui renvoie au paramètre de timbre, basée sur un critère esthétique mais également au rapport que le patient entretient avec sa voix. Le spectre de la voix est directement en lien avec ce critère.
- L'**adaptation**, qui concerne l'ajustement de la voix aux différentes situations d'interactions auxquelles est confronté le patient au quotidien (synthétise tous les critères et présente l'objectif à atteindre).

The screenshot shows a patient self-evaluation interface with five panels, each containing a 5-point scale and three statements:

- Confort 3/5:** "Avez-vous une sensation de confort vocal lorsque vous utilisez votre voix dans votre contexte professionnel et..."
 - 1) Je me sens en permanence une sensation d'inconfort vocal.
 - 2) Je ressens souvent un inconfort vocal.
 - 3) Je ressens un inconfort vocal seulement lorsque je parle fort ou...
- Endurance 3/5:** "Avez-vous la possibilité d'utiliser votre voix longtemps sans éprouver de fatigue ?"
 - 1) Je me sens en permanence fatigable vocalement.
 - 2) Je me sens souvent fatigable vocalement.
 - 3) Je me sens fatigable seulement quand je parle longtemps.
- Performance 3/5:** "Avez-vous la possibilité d'utiliser votre voix à forte intensité et/ou dans les aigus ?"
 - 1) J'éprouve de grandes difficultés à faire monter ma voix et/ou à parler fort.
 - 2) J'éprouve des difficultés à parler fort et/ou à faire monter ma voix dans les aigus.
- Qualité 3/5:** "Trouvez-vous votre voix agréable à entendre ?"
 - 1) Ma voix est désagréable en permanence (soufflée, voilée, éraillée, brûtée, nasale).
 - 2) Ma voix est souvent désagréable.
 - 3) Ma voix est parfois désagréable.
- Adaptation 3/5:** "Trouvez-vous que votre voix est adaptée aux besoins de votre vie professionnelle et personnelle ?"
 - 1) Ma voix est très souvent mal adaptée (peu compréhensible, peu expressive).
 - 2) Ma voix est souvent mal adaptée.
 - 3) Ma voix est parfois mal adaptée.

At the bottom right, a "Score 15/25" is shown, along with a "Gêne modérée" indicator (a bar with a sad face icon) and a "Sauver dans la fiche patient" button with a speech icon.

Figure 4: Ecran d'auto-évaluation de la voix du patient dans VOCALAB

Chaque item est évalué de 1 à 5. 1/5 indique le degré de satisfaction le plus bas, 5/5 indique le degré de satisfaction le plus élevé. Pour guider le patient, chaque note est explicitée, comme indiqué à la figure 4. Le score total d'auto-évaluation est calculé automatiquement, d'après la somme des 5 items. Plus le score est faible (5/25 au minimum), plus la gêne est importante.

- 5 à 8/25 : Gêne sévère
- 9 à 12/25 : Gêne marquée
- 13 à 16/25 : Gêne modérée
- 17 à 21/25 : Gêne discrète
- 22 à 25/25 : Aucune gêne

Cela peut permettre au patient d'apprécier les objectifs en rééducation. Cela donne également un cadre motivant où le patient peut se sentir plus actif et impliqué ce qui est primordial dans cette démarche de soins. D'ailleurs, il est tout à fait possible et même indiqué de réévaluer souvent ces critères afin que le patient auto-évalue sa voix et mesure les progrès effectués en rééducation.

Enoncé de l'exercice

Par groupe de 2, faites passer l'auto-évaluation à tour de rôle. Choisissez un chiffre correspondant au niveau de gêne, puis lisez la phrase correspondante pour voir si cela correspond bien à ce que vous percevez de ce critère en termes de confort, endurance, performances, qualité, adaptation. Sauvegardez les données dans la fiche patient.

Conseils

- Soyez honnête avec votre propre ressenti. Si vous avez une sensation d'inconfort, de manque d'endurance, de faibles performances, de qualité altérée ou de mauvaise adaptation, recherchez la phrase la plus ajustée à votre ressenti.
- N'oubliez pas de sélectionner votre propre fiche dans la liste qui apparaît à gauche du menu d'auto-évaluation du module Patient. Voir l'exercice 1-x pour créer votre fiche patient.
- En fin d'auto-évaluation, cliquez l'icône  pour sauvegarder les valeurs dans votre fiche

Pour en savoir plus

- Menin-Sicard, A. (2013). Approche métacognitive dans le cadre de l'évaluation et la réévaluation de la voix. Rééducation orthophonique, Dossier « L'évaluation vocale », 254, pp.121-134. <https://hal.science/hal-01081646>

Exercice 3 : Analyser le /a:/ tenu

Outil : Evaluation > Spectrogramme > Icône enregistrement > Modalité « /a:/ tenu »

Durée : 15 mn par étudiant

Mode : binôme

Prérequis : avoir créé une fiche patient pour chaque étudiant. Disposer d'un microphone directif connecté à VOCALAB.

Icônes utilisées :  enregistrement  Activation du micro  Sauvegarder fiche patient

Contexte de l'exercice

L'enregistrement de la voyelle /a:/ tenue permet de calculer les indicateurs d'altération [Sicard 2013]. Les indicateurs ciblent 5 composantes différentes : l'altération de l'attaque, l'instabilité en hauteur, en amplitude, le rapport bruit/signal et la pauvreté harmonique. Le seuil normal/altéré pour les 5 indicateurs est N=1.

S'il n'y a qu'un ou deux indicateurs avec des valeurs proches du seuil N=1, cela n'est pas forcément révélateur d'une pathologie. S'il y a plus de deux indicateurs dans les valeurs considérées comme pathologiques (N>1.4) cela peut révéler une pathologie fonctionnelle ou organique. Il est alors primordial de mettre cela en lien avec un bilan médical complet.

Énoncé de l'exercice

Par groupe de 2, faites faire à tour de rôle l'enregistrement du /a:/ tenu spontané (ne pas donner de consigne de durée). Suivez à la lettre le protocole indiqué, comme reporté figure 5. Cliquez l'icône clé USB pour sauvegarder le son dans l'ordinateur. Créez un répertoire différent pour chaque personne enregistrée. Commentez les résultats obtenus. Sauvegardez les données dans la fiche patient.

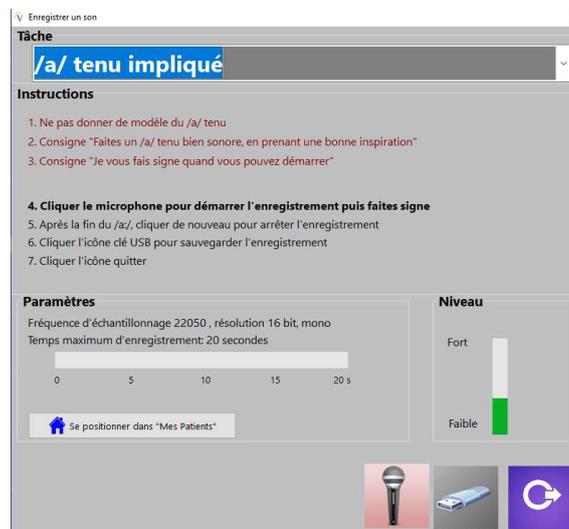


Figure 5 : Protocole d'enregistrement du /a:/ tenu

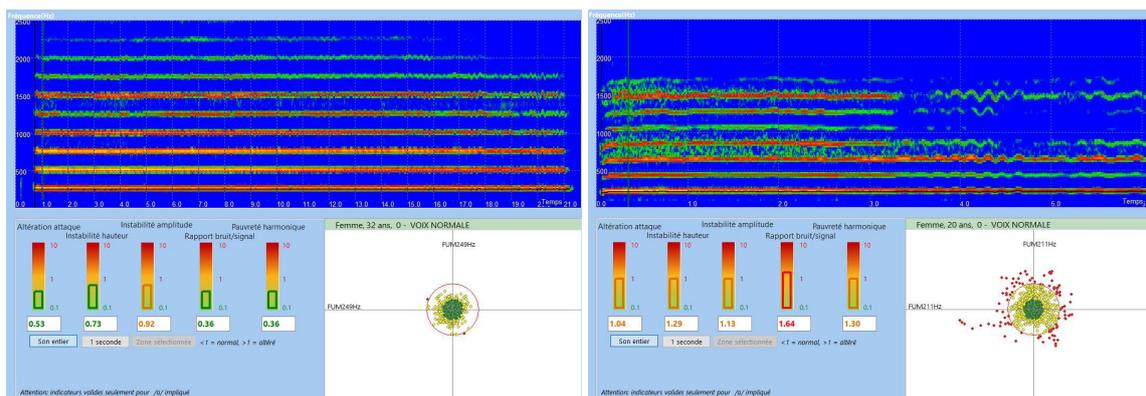


Figure 6 : Exemples de /a:/ tenu enregistrés en travaux pratiques (A gauche, femme de 32 ans, à droite femme de 20 ans)

Conseils

- Ne pas donner de modèle, sinon le patient risque de s'ajuster à la hauteur de voix donnée précédemment et ne pas se positionner dans sa propre zone de confort
- Démarrer le microphone puis faire signe de démarrer le /a:/, sans parler.
- Arrêter le microphone un peu après la fin de production, sans se presser

Pour en savoir plus

- Sicard E., Menin-Sicard A. (2013). Implémentation dans VOCALAB d'indicateurs objectifs de la qualité de la voix dans le cadre de l'évaluation de la voix. Rééducation orthophonique, Ortho édition, 2013, pp.23-27. <https://hal.archives-ouvertes.fr/hal-00836912>

Exercice 4 : Calculer le temps phonatoire

Outil : Evaluation > Temps Phonatoire Maximum

Durée : 15 mn par étudiant

Mode : binôme

Prérequis : avoir créé une fiche patient pour chaque étudiant. Disposer d'un microphone directif connecté à VOCALAB.

Icones utilisées :  Activation du micro  Sauvegarder fiche patient

Contexte de l'exercice

Une étape importante de l'évaluation objective de la phonation concerne l'endurance et le rendement phono-articulatoire et phono-glottique. Nous allons mesurer le temps phonatoire maximum (TPM) sur /a/, /s/ et /z/. Dans le protocole VOCALAB, le TPM est basé sur la moyenne de 3 essais. La norme est fonction de l'âge, du genre et du protocole employé. En phonation normale, la durée moyenne pour un adulte est de 20 secondes pour un homme et 15 secondes pour une femme [Sicard 2022]. On obtient également les rapports entre la durée du /s/ et du /z/ (Rapport s/z), ainsi qu'entre la durée du /a/ et du /z/ (Rapport a/z). La valeur de référence est autour de 1.

Le /a/ est universel et fait partie des extrêmes du triangle vocalique, c'est une voyelle à très faible impédance. La mesure du /s/ montre la qualité de constriction et le contrôle expiratoire sans voisement (faible débit d'air). Le /z/ est un phonème constrictif sonore dont une partie de l'air est absorbée par la vibration laryngée, les cordes vocales faisant partiellement obstacle au flux d'air.

Si les temps se dégradent au cours des 3 essais, cela peut être lié à une fatigabilité, s'ils s'améliorent, cela montre une qualité d'adaptation efficace. Les mesures peuvent révéler une pathologie respiratoire, un défaut de contrôle d'expiration, un trouble d'articulation, une déperdition nasale ou encore un dysfonctionnement laryngé.

- La couleur rouge « pathologique » indique que la performance est très en-dessous de la norme attendue: 10 secondes pour un homme, 7 s pour une femme, 5 s pour un enfant (Figure 7) ;
- La couleur rose ou orange « altéré » indique que la performance est légèrement en-dessous de la moyenne : 15 secondes pour un homme, 10 s pour une femme, 7 s pour un enfant ;
- Couleur verte : la performance est supérieure ou égale à la moyenne ;
- A noter que les repères évoluent avec l'âge : plus l'enfant est jeune, plus l'objectif à atteindre est réduit. De même, au-delà de 65 ans, les limites pathologique/altéré/normal sont aussi revues à la baisse. Le modèle complet est publié dans [Sicard 2022] d'après une méta-analyse de la littérature scientifique.

Enoncé de l'exercice

Effectuez successivement 3 productions du /a:/, 3 productions du /s:/ puis 3 productions du /z:/ à l'aide de l'écran TPM de VOCALAB sans « se reposer » ou commenter entre les 3 phonèmes. C'est une épreuve d'effort phonatoire. Commentez les résultats obtenus. Sauvegardez les données dans la fiche patient.

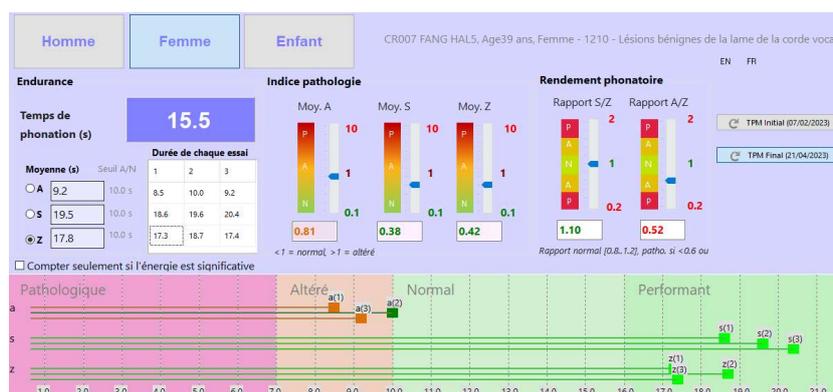


Figure 7 : Temps phonatoire sur /a:/, /s:/ et /z:/, 3 essais enchaînés, et calcul des rapports s/z et a/z avec VOCALAB

Conseils

- Sélectionner au préalable la fiche patient qui précise le genre et l'âge, car les repères en dépendent
- Ne pas oublier de sélectionner le phonème /a/, /s/ ou /z/ en vue de conduire les 3 essais successifs
- Ne pas faire de pause significative entre les réalisations (mais sans précipitation non plus)
- Cliquer l'icône microphone quand le sujet démarre la production du phonème, cliquer de nouveau quand il arrête.

Pour en savoir plus

- Sicard, E., Menin-Sicard, A. (2022). Temps phonatoire, rapport s/z et a/z : repères en lien avec la prise en charge orthophonique. <https://hal.science/hal-03662213>

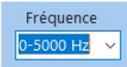
Exercice 5 : Spectrogramme d'une voix chantée

Outil : Evaluation > Spectrogramme

Durée : 10 mn

Mode : seul ou en binôme

Prérequis : aucun

icône utilisée :  Ouvrir un fichier son ; 

Contexte de l'exercice

Le spectrogramme permet d'avoir une vue d'ensemble de la voix sur l'évolution des composantes harmoniques (axe vertical en Hz) en fonction du temps (axe horizontal). Les harmoniques sont des composantes multiples de la fréquence fondamentale, notée f_0 , matérialisée par un trait noir superposé à l'harmonique de fréquence la plus basse. Les voix riches ont de nombreuses harmoniques allant jusqu'aux très hautes fréquences

Le niveau de couleur du plus froid (en bleu) au plus chaud (en jaune) représente le niveau d'intensité relative, ou encore l'énergie du signal à une fréquence donnée.

Enoncé de l'exercice

Depuis le spectrogramme, ouvrez le fichier `\div_vocalab\mediatheque\vocalisemzzo.WAV`. Modifiez la plage de fréquence à 0-5 000Hz puis à 0-10 000Hz pour visualiser les harmoniques de cette étudiante en chant lyrique (Figure 8).

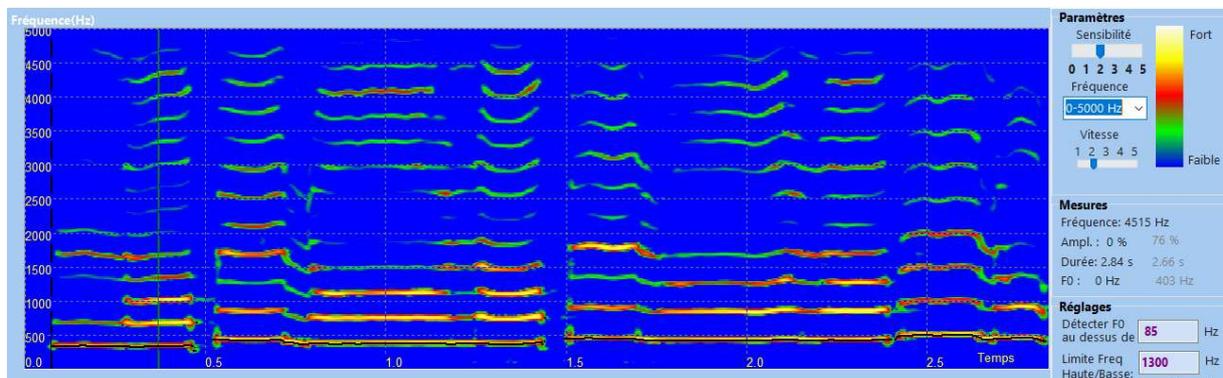


Figure 8 : Spectrogramme d'une voix chantée, montrant une grande richesse harmonique (vocalisemzzo.WAV)

Conseils

- Vous pouvez aussi voir le spectrogramme d'autres voix chantées avec une grande richesse harmonique, que vous trouverez dans `div_vocalab\Mediatheque` :
 - vocalisebaryton.WAV
 - vocalisebasse.WAV
 - Vocalisealto.wav (avec orchestre)

Il peut être intéressant de proposer une succession de voyelles /a ; e ; i ; o ; u/ psalmodiés ou une série style énoncer les jours de la semaine.

Pour en savoir plus

- Sicard, E., Menin-Sicard, A. (2021). Le spectrogramme et son application en clinique orthophonique. 2021. <https://hal.science/hal-03107434>

Exercice 6 : Spectrogramme d'une voix altérée

Outil : Evaluation > Spectrogramme

Durée : 30 mn

Mode : binôme

Prérequis : aucun

Icône utilisée :  Ouvrir un fichier son ;

Contexte de l'exercice

Le spectrogramme permet d'observer les altérations de la voix telles que des composantes erratiques, bruits entre les harmoniques, présence de souffle, mais également des attaques dures, instabilité en amplitude et en hauteur, pauvreté harmonique. Les 5 indicateurs sont normalisés, avec un seuil normal/altéré à 1.

- L'altération de l'attaque est évaluée sur la portion de 300 ms qui succède au démarrage de la phonation. Trois altérations sont combinées : une attaque instable en hauteur, une augmentation trop rapide de l'intensité (coup de glotte), et la présence de bruit entre les harmoniques.
- L'instabilité en hauteur correspond au *jitter* qui caractérise l'instabilité de la fréquence fondamentale f_0 au cours du temps. Le portrait de phase, situé en bas à droite de l'écran reproduit l'évolution de f_0 autour de sa valeur moyenne. Plus le portrait est décentré, plus la voix est instable.
- L'instabilité en amplitude correspond au *shimmer* qui mesure la stabilité de l'intensité sonore au cours du temps.
- L'indicateur bruit/signal (*NHR Noise Harmonic Ratio*) évalue la puissance du bruit par rapport à celle des harmoniques. Il s'élève fortement en présence de souffle, ainsi que d'éraillure. Cette dernière se présente sous forme de traces horizontales entre les harmoniques souvent de courte durée et d'amplitude instable.
- Enfin, l'indicateur de pauvreté harmonique analyse l'énergie des formants de fréquence élevée (F_2 , F_3 , F_4) par rapport au formant basse fréquence F_1 . Moins il y a d'harmoniques détectables au-delà de 1500 Hz, plus l'indicateur s'élève.

Enoncé de l'exercice

Analysez successivement les 5 fichiers suivants, en vous focalisant sur un indicateur en particulier, comme indiqué ci-dessous. Le répertoire de travail est `..\div_vocalab\database`. Ecoutez attentivement chaque son pour identifier les composantes altérées.

FICHER	INDICATEUR CIBLE	COMMENTAIRES
AS004-A-1450F79.WAV	Altération de l'attaque	Coup de glotte. Utilisez l'onglet Puissance pour visualiser le niveau sonore.
AS009-A-AVANT-8100F64.WAV	Instabilité en hauteur	Autres indicateurs élevés
AS014-A-8100H24.WAV	Instabilité en amplitude	Utilisez l'onglet Puissance pour visualiser l'évolution de la puissance sonore dans le temps
SP034-A-AVANT-7120F47.WAV	Bruit/Signal	Utilisez l'onglet Bruit/Signal pour identifier les traces d'éraillure
AS005-A-7315H71.WAV	Pauvreté harmonique	Changer la bande de fréquence 0..5000 Hz pour confirmer l'absence d'harmoniques élevées

Conseils

- Sélectionnez une portion du spectrogramme avec la souris puis cliquez sur le haut-parleur pour une écoute sélective
- Explorez la base de données de voix pathologiques (250 cas) située dans le répertoire \database

Pour en savoir plus

- Cas de prise en soin orthophonique de la voix volume I: <https://hal.science/hal-03186341>
- Cas de prise en soin orthophonique de la voix volume II: <https://hal.science/hal-04206295>
- Cas de prise en soin orthophonique de la voix volume III: <https://hal.science/hal-04618718>

Exercice 7 – Fondamental Usuel Moyen

Outil : Evaluation > Fo+Etendue vocale > Enregistrement > Tâche voix conversationnelle

Durée : 15 mn

Mode : En binôme

Prérequis : avoir créé une fiche patient pour chaque étudiant. Disposer d'un microphone directif connecté à VOCALAB.

Icônes utilisées :  enregistrement  Activation du micro  Sauvegarde fiche patient

Contexte de l'exercice

Le Fondamental Usuel Moyen (FUM) est calculé de manière statistique en moyennant les valeurs successives de la fréquence fondamentale f_0 d'un échantillon de voix conversationnelle d'une durée d'au moins dix secondes en parole spontanée.

Enoncé de l'exercice

Demandez à votre binôme de se présenter selon le protocole indiqué à la figure 9. Activez le microphone. Une fois la phrase prononcée, désactiver le microphone et sauvegarder le fichier dans le répertoire de l'étudiant. Observez la construction de l'histogramme de la fréquence fondamentale. Situez le FUM par rapport aux repères de genre. Sauvegardez les données dans la fiche patient.

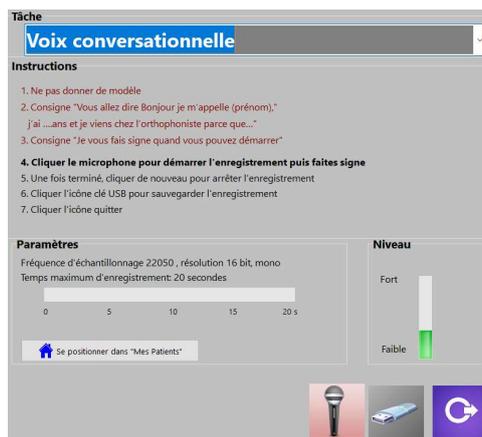


Figure 9 : Protocole VOCALAB d'enregistrement de la voix conversationnelle

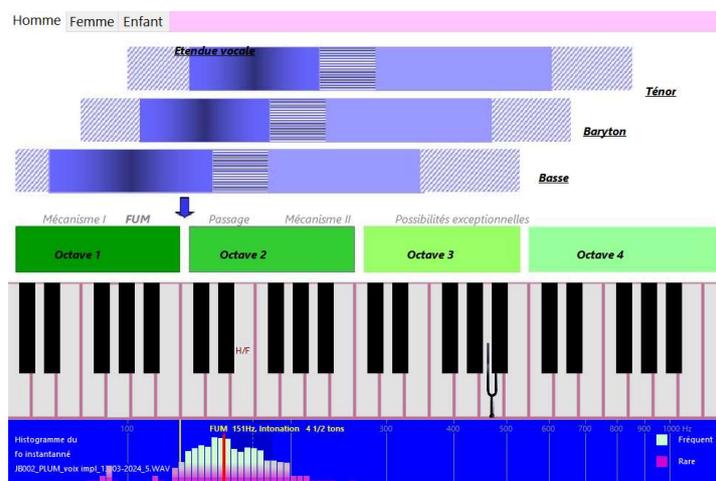


Figure 10 : Exemple d'histogramme de la fréquence fondamentale prononcé par un étudiant

Conseils

- L'histogramme de fo a en général la forme d'une gaussienne (cloche) dont le maximum s'approche du FUM. Dans la figure 10, le FUM est autour de 150 Hz.
- La zone de transition homme/femme apparaît en bleu sombre, autour de 160-170 Hz.
- L'étendue de la gaussienne donne une indication de l'intonation.
- L'intonation est jugée correcte lorsqu'elle couvre au moins une quinte (7 ½ tons).
- Plus la base de l'histogramme est large plus la voix est considérée comme expressive (indicateur positif). Ici, l'intonation de 4 ½ ton est en deçà de la norme, la parole est alors perçue comme monotone.
- Il est intéressant d'observer, en plus du FUM, des aspects plus qualitatifs : fréquence et pertinence des reprises inspiratoires, débit de parole, intelligibilité, fluence, etc.

Pour en savoir plus

- Sicard, E., Menin-Sicard, A. (2023). Fréquence fondamentale de la parole – Repères pour la prise en soin orthophonique. <https://hal.science/hal-04073008>

Exercice 8 – Etendue vocale

Outil : Evaluation > Fo+Etendue vocale

Durée : 15 mn

Mode : En binôme

Prérequis : avoir créé une fiche patient pour chaque étudiant. Disposer d'un microphone directif connecté à VOCALAB.

Icônes utilisées :  enregistrement  Activation du micro  Sauvegarder fiche patient

Contexte de l'exercice

Nous évaluons l'étendue vocale en demandant au patient d'émettre des /ou/ en sirènes avec plus ou moins d'intensité. Plus les essais seront nombreux, plus l'histogramme sera précis et représentatif des capacités vocales du patient. L'étendue vocale caractérise les performances du patient en termes de hauteur. Il doit pouvoir couvrir au minimum une octave et demie afin d'assurer une expressivité suffisante. Plus la plage de fréquences correspondantes sera étendue et plus, vraisemblablement, son larynx sera fonctionnel, les plis vocaux capables de souplesse.

Noncé de l'exercice

Demandez à votre binôme de produire plusieurs sirènes selon le protocole indiqué à la figure 11. Activez le microphone. Une fois les sirènes effectuées, désactiver le microphone et sauver le fichier dans le répertoire de l'étudiant. Observez la construction de l'histogramme de la fréquence fondamentale. Situez l'étendue vocale par rapport aux repères.

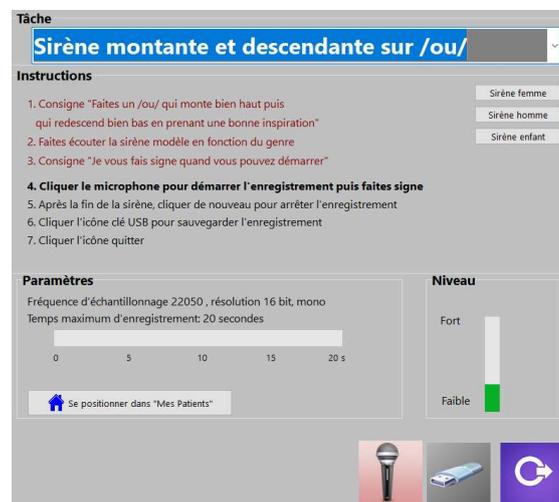


Figure 11 : Protocole VOCALAB d'enregistrement de sirènes

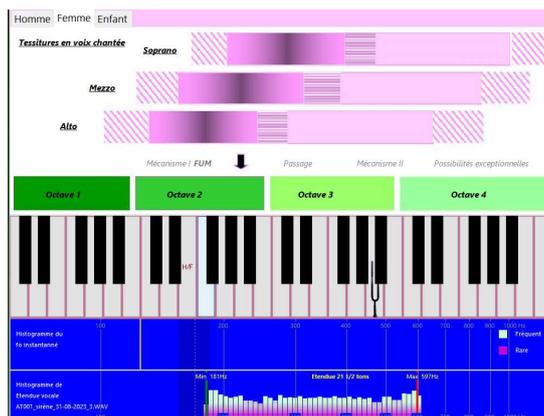


Figure 12 : Exemple d'histogramme de la sirène pour une voix normale

Conseils

- L'histogramme de la sirène a en général une forme assez plate
- Le passage de mécanisme peut se traduire par un « trou » dans l'histogramme.
- L'étendue de l'histogramme permet d'extraire l'étendue vocale
- Il est possible de sélectionner une portion de l'histogramme si certains points correspondent à des fréquences improbables, par exemple liées au bruit ambiant lors de l'enregistrement (qui seront alors des fréquences bien plus graves ou plus aiguës que celles émises)

Pour en savoir plus

- Sicard, E., Menin-Sicard, A. (2023). Fréquence fondamentale de la parole – Repères pour la prise en soin orthophonique. <https://hal.science/hal-04073008>

Exercice 9 – Phonétogramme

Outil : Evaluation > Phonétogramme

Durée : 15 mn

Mode : En binôme

Prérequis : avoir créé une fiche patient pour chaque étudiant.

Avoir enregistré la voix conversationnelle et sirène.

Contexte de l'exercice

Le phonétogramme est une représentation graphique des intensités minimales et maximales (Axe vertical) émises par un individu sur toute son étendue vocale (Axe horizontal). Le phonétogramme informatisé permet d'obtenir une aire dynamique vocale (ADV) qui se dessine en cumulant les différentes modalités de phonation pré-enregistrées, notamment les sirènes, voix conversationnelle, voix déclamée, etc. La voix déclamée est souvent utilisée par les entraîneurs sportifs, les acteurs ou les enseignants.

Enoncé de l'exercice

Complétez les enregistrements par un échantillon de voix déclamée basé sur quelques secondes d'un texte comme « Maître corbeau sur un arbre perché tenait dans son bec un fromage.. » à voix forte. Enregistrez aussi une sirène à faible intensité et procédez de la même façon avec une voix d'appel afin d'avoir les possibilités extrêmes du patient. Chargez successivement les enregistrements afin de dessiner progressivement l'aire dynamique vocale.

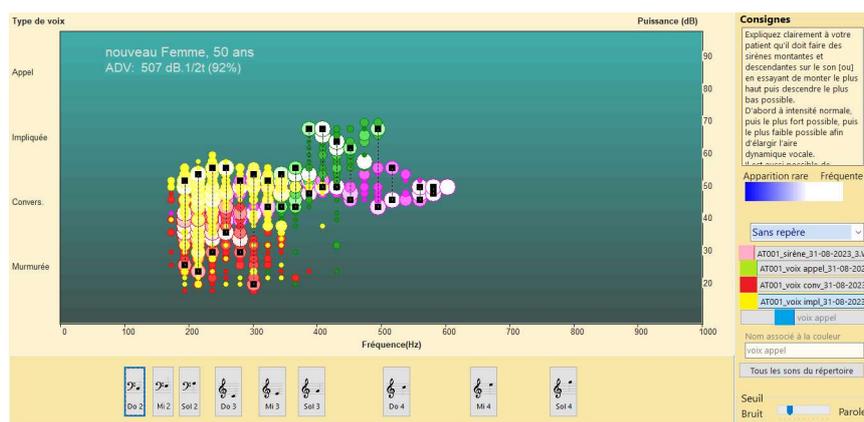


Figure 13 : Exemple d'aire dynamique vocale construite à l'aide de voix conversationnelle, sirène et voix déclamée

Conseils

- L'enregistrement le moins informatif est le /a:/ tenu car il ne correspond qu'à une région très restreinte en fréquence et en intensité
- Les enregistrements les plus informatifs sont la sirène à voix douce et sirène à voix forte qui délimitent l'essentiel de l'aire dynamique vocale ou alors , la voix conversationnelle, voix impliquée, et voix d'appel.
- Les normes, exprimées en % et en dB.1/2 tons, sont fonction du genre

Pour en savoir plus

- Sicard, E., Menin-Sicard, A. (2023). Fréquence fondamentale de la parole – Repères pour la prise en soin orthophonique. <https://hal.science/hal-04073008>

Exercice 10 – Compte rendu

Outil : Patient > Générer la fiche bilan

Durée : 15 mn

Mode : En binôme

Prérequis : avoir créé une fiche patient pour chaque étudiant. Disposer de l'ensemble des données du bilan sauvegardée dans la fiche patient

Contexte de l'exercice

Les différentes épreuves de bilan de la phonation doivent être complétées, avec à chaque étape la sauvegarde des données dans la fiche du patient. Ainsi, la fiche du patient doit contenir à minima l'âge, le genre, l'auto-évaluation, les indicateurs d'altération du /a:/ tenu, le FUM et l'étendue vocale, le temps phonatoire et rapports s/z, a/z, ainsi que l'aire dynamique vocale.

Pour un patient réel, les données incluront aussi des éléments d'anamnèse.

Enoncé de l'exercice

Vérifiez que l'ensemble des données évaluées lors des exercices précédents est bien reporté dans l'onglet « Générer la fiche bilan ». Refaire au besoin certaines étapes en s'assurant de bien sauvegarder dans la fiche bilan. Cliquer « Générer la fiche bilan » pour créer un rapport à destination du médecin référent et du patient. Selon les indicateurs altérés, suggérer des axes thérapeutiques [Sicard 2024].

The screenshot displays the VOCALAB software interface, which is used for vocal assessment and synthesis. The interface is organized into several sections:

- Données du patient:** Includes fields for Name (AS010), Date of birth (7 ans), Profession, and Classification (8111 - Dysphonie par hypertension musculaire).
- Auto-éval. vocale:** Contains fields for Confort, Endurance, and Performance (Total: 5/25).
- Anamnèse:** A text area containing the note: "une descente diaphragmatique très limitée et un serrage laryngé."
- Timbre vocal:** Displays various indicators such as Alteration Attaque (0.74), Brut/Signal (0.44), Instab. Amplitude (0.85), Instab. Hauteur (0.89), and Pauvreté harm. (0.59).
- Rendement phonatoire:** Shows metrics like Durée /a/ (11.65), /s/ (12.75), /z/ (9.85), Rapport S/Z (1.30), Rapport A/Z (1.18), and Aire Dym. Vocale (596 dB.1/2).
- Caractéristiques de la voix:** Includes Etendue vocale (225 Hz à 796 Hz), Etendue en 1/2 tons (22.3), F0 moyen (308 Hz), and Intonation (1/2 t) (8.8).
- Synthèse:** Features four visualization tools: Spectre (haut), Spectre (bas), Etendue vocale, and Phonétogramme. It also has dropdown menus for Flexibilité vocale (Normale) and Rendement vocal (Altéré).
- Buttons and Options:** A "Générer la fiche bilan" button is present, along with radio buttons for "Standard" and "Ancienne fiche (version 4)".

Figure 14 : Synthèse des données du bilan de la phonation en vue de générer une fiche bilan

Conseils

- Certaines données manquantes peuvent être reproduites si l'on dispose des enregistrements (/a:/ tenu, voix conversationnelle, sirènes, etc.)
- La fiche bilan est en général complétée par l'orthophoniste en décrivant les axes thérapeutiques envisagés selon les données objectives et auto-évaluation du patient

Synthèse et conclusion

L'objectif du logiciel VOCALAB est de permettre aux cliniciens de disposer d'un outil pratique permettant de mettre en œuvre dans un délai raisonnable un bilan objectif et métacognitif lui permettant de faire de la thérapie ciblée en focalisant les axes thérapeutiques sur ce qui dysfonctionne. L'analyse spectrale est une véritable imagerie de la phonation permettant de repérer des altérations même minimales de la voix. Cela devrait être généralisé pour éviter des pratiques invasives et systématisées notamment sur de jeunes enfants avant toute intervention.

VOCALAB est utilisé lors des bilans vocaux mais également en rééducation car il permet au patient non seulement d'objectiver des ressentis mais également de mesurer ses progrès, en effectuant des auto-évaluations fréquentes. L'outil spectrogramme donne la possibilité d'effectuer des analyses du spectre afin de vérifier le développement de la richesse du timbre de la voix, la disparition des signes erratiques ou l'homogénéité du timbre de la voix tout en l'explicitant au patient, preuves visuelles à l'appui.

Le développement de VOCALAB s'est inscrit avant l'heure dans une démarche probante avec la possibilité de comparer des résultats avant/après, voire du suivi longitudinal grâce à plusieurs bilans. VOCALAB a été aussi une construction collective militante permettant de garder nos prérogatives d'évaluation de la phonation et de prendre notre place au sein de la communauté médicale et scientifique jusque là occupée par la vocologie. Le chemin n'est pas fini et nos ambitions seront celles des jeunes orthophonistes qui auront à prouver l'efficacité de leurs choix d'axes thérapeutiques.

Le travail commencé il y a 30 ans aura aussi permis de clarifier la terminologie orthophonique afin que la confusion entre prise en soin et pédagogie vocale ne soit plus d'actualité. Il est dorénavant très clair qu'il n'est pas nécessaire d'être musicienne ou chanteuse pour être orthophoniste et même si avoir travaillé sur sa voix ou d'être passionné par la voix peut constituer une motivation supplémentaire, ce n'est en aucun cas un prérequis pour s'occuper de patients atteints de pathologies de la phonation. VOCALAB est un outil professionnel, complet et évolutif, ce qui rassure les cliniciens. Il est associé à une centaine de publications libre de droit, pédagogique et en français, d'une base de données de plus de 250 enregistrements de voix.

La formation distancielle individuelle sur le logiciel ainsi que la supervision sur des cas cliniques des orthophonistes assurent une utilisation optimale de l'outil ainsi qu'une aide à l'interprétation des résultats et spectrogrammes. L'assistance technique permet d'éviter les situations de blocage à cause de problèmes liés au matériel ou logiciel, notamment au niveau microphone, carte son, drivers audio, ou encore pour permettre la cohabitation avec les outils de vidéoconférence ou de reconnaissance vocale.

Les exercices en lien avec le bilan de la phonation décrits dans cet article sont très proches de la démarche clinique et des étapes de passation demandées au patient. Les exercices pratiques sont une opportunité de découvrir les notions et outils de base, ainsi que les métriques pertinentes en lien avec l'altération de la voix. Pour chaque exercice, des conseils issus de nombreuses années de pratique clinique sont aussi donnés, ainsi que des liens vers des revues de littérature décrivant les bases scientifiques des repères normatifs permettant de classer les performances comme correspondant à la phonation normale, altérée ou pathologique. Un recueil d'exercices couvrant l'aspect bilan et évaluation des pathologies de l'articulation de l'Unité d'Enseignement N°5.6.1 est en préparation, illustré par le logiciel DIADOLAB.

Remerciements

Etienne SICARD et Anne MENIN-SICARD tiennent à remercier les orthophonistes contributrices à l'ERU 15 « voix pathologique » et de l'ERU 46 « parole pathologique » du laboratoire LURCO ainsi que les orthophonistes qui ont accepté d'enregistrer des témoins et des patients ou de co-encadrer des mémoires en lien avec la voix, la parole et leurs pathologies.

Ils remercient aussi l'ensemble des orthophonistes, étudiants et chercheurs qui nous ont accordé leur confiance en utilisant nos méthodologies, approches et outils dans le cadre de leur pratique clinique ou de leurs travaux scientifiques.

Karin HEBTING tient à remercier Anne MENIN-SICARD et Etienne SICARD pour leur implication aux côtés des orthophonistes, dont le travail permet aux cliniciens de se baser sur des données objectives, pratiques, efficaces et très éclairées. Elle tient également à remercier le Centre de Formation Universitaire en Orthophonie de Montpellier qui lui fait confiance depuis plusieurs années maintenant et lui permet de participer à la formation des futurs orthophonistes ; remercier les étudiants eux-mêmes avec lesquels les échanges sont souvent riches et très intéressants et qui poussent à se questionner et se former en continu ; et enfin, remercier particulièrement tous les patients avec lesquels elle collabore depuis des années et qui lui font confiance.

A propos des auteurs



Karin HEBTING est orthophoniste depuis 2000. Elle exerce en libéral près de Montpellier. Musicienne, elle s'est formée notamment auprès de C. Guérin, de B. Amy de la Bretèque et de A. Menin-Sicard. Gérante et formatrice de l'organisme de formation « La voix Languedocienne », à la suite de C. Guérin de 2015 à 2021, elle est maintenant chargée d'enseignement au sein du CFUO de Montpellier aux côtés de B. Amy de la Bretèque, M. Beaud et A. Mur concernant la prévention des troubles vocaux, le bilan de la voix et la rééducation des pathologies vocales. Elle accueille de nombreux stagiaires et dirige des mémoires en orthophonie depuis plusieurs années sur la thématique de la voix.

Email : k.hebting@free.fr



Etienne SICARD est professeur à l'INSA Toulouse en électronique, informatique et traitement du signal. Il est directeur de recherches de l'équipe ERU 46 sur la parole pathologique au Laboratoire LURCO. Il a été chercheur associé à l'IRIT dans le cadre du projet ANR Voice4PD sur le diagnostic différentiel des

Syndromes Parkinsoniens. Etienne SICARD est co-auteur des logiciels VOCALAB et DIADOLAB pour le bilan et la rééducation orthophonique de la voix et la parole. Il a co-écrit une vingtaine d'ouvrages et plus de 250 publications scientifiques dont une centaine dans le domaine de l'analyse de la voix et parole pathologique. Il a été nommé en 2006 *Distinguished Lecturer* de la société savante IEEE.

Site : <https://cv.hal.science/etienne-sicard>

Email : etienne.sicard@insa-toulouse.fr



Anne MENIN-SICARD est orthophoniste et titulaire d'un master recherche en Sciences du langage de l'université de Grenoble. Elle a exercé en libéral à Toulouse de 1994 à 2015. Anne MENIN-SICARD est co-auteur des logiciels VOCALAB et DIADOLAB.

Dans le cadre de AMS Formation, elle organise et anime des formations aux orthophonistes sur le bilan et la prise en charge de la voix et parole pathologique. Elle propose depuis 2019 des formations en ligne personnalisées à destination des orthophonistes. Chercheuse associée à l'ERU 46 du LURCO, elle développe des outils de mesures objectives et de rééducation de la parole en lien avec le logiciel DIADOLAB. Elle est auteur d'un ouvrage sur l'évaluation objective de la voix ainsi que de nombreuses publications dans le domaine de la voix et de la parole pathologique.

Email : anne.sicard2@orange.fr

Références

[Menin-Sicard 2024] Menin-Sicard A. (2024). Fiche thérapeutique N°12 - Faire un bilan de la phonation efficace et précis avec VOCALAB en 9 points et 10 étapes.

<https://www.formationvoixparole.fr/le-lab/fiches-pratiques/>

[Sicard 2013] Sicard E., Menin-Sicard A. (2013). Implémentation dans VOCALAB d'indicateurs objectifs de la qualité de la voix dans le cadre de l'évaluation de la voix. Rééducation orthophonique, Ortho édition, 2013, pp.23-27. <https://hal.archives-ouvertes.fr/hal-00836912>

[Sicard 2014] Sicard, E., Menin-Sicard, A., Perriere, S. (2014). Construction d'une base de données de voix : intérêt pour la recherche en orthophonie et le partage de pratiques. Rééducation orthophonique, Ortho édition, N° 257, pp. 177-202. <https://hal.science/hal-00968599>

[Sicard 2019] Sicard, E., Menin-Sicard, A. (2019). 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), Avr. 2019, Nice, France. <https://hal.science/hal-02096594>

[Sicard 2021] Sicard, E., Menin-Sicard, A. (2021). Le spectrogramme et son application en clinique orthophonique. 2021. <https://hal.science/hal-03107434>

[Sicard 2022] Sicard, E., Menin-Sicard, A. (2022). Temps phonatoire, rapport s/z et a/z : repères en lien avec la prise en charge orthophonique. <https://hal.science/hal-03662213>

[Sicard 2023] Sicard, E., Menin-Sicard, A. (2023). Fréquence fondamentale de la parole – Repères pour la prise en soin orthophonique. <https://hal.science/hal-04073008>

[Sicard 2024] Sicard, E., Menin-Sicard, A. (2024). Classification des axes thérapeutiques pour la prise en soin des troubles de la voix et de la parole - Analyse de 50 cas. <https://hal.science/hal-04645543>

[Vocalab 2024]. VOCALAB Version 4.5, <http://www.vocalab.org/>

[Verdolini 2006] Verdolini, K, Rosen, C. & Branski, R. (2006). Classification Manual For Voice Disorders, Volume 1, Psychology Press, 2006