



ACADÉMIE DE PARIS
FACULTÉ SORBONNE UNIVERSITÉ
MÉMOIRE POUR LE CERTIFICAT DE CAPACITÉ D'ORTHOPHONISTE

**Effet du renforcement audio-proprio-phonatoire
sur les acouphènes subjectifs chroniques :
Une étude SCED**

SOUS LA DIRECTION DE : Dr. Isabelle Marié-Bailly

ANNÉE UNIVERSITAIRE 2023-2024

JULIANS

Mélissa

LISTE DES TABLEAUX, FIGURES, ANNEXES ET ABRÉVIATIONS UTILISÉES

Liste des tableaux et figures

- Figure 1. Schéma expérimental de l'étude
- Figure 2. Triangle des voyelles du point de vue acoustique (A) et articuloire (B)
- Figure 3. Scores aux mesures répétées de la sévérité des acouphènes du patient 1
- Figure 4. Scores aux mesures répétées de la sévérité des acouphènes du patient 2
- Figure 5. Scores aux mesures répétées de la sévérité des acouphènes du patient 3
- Annexe A. Données démographiques et cliniques des patients de l'étude
- Annexe B. Présentation des échelles visuelles analogiques (EVA) de l'étude
- Annexe C. Présentation du Tinnitus Handicap Inventory (THI)
- Annexe D. Scores bruts de la mesure répétée
- Annexe E. Stabilité de la ligne de tendance des patients 1, 2 et 3
- Annexe F. Scores bruts des mesures secondaires

Liste des abréviations utilisées

AFREPA : Association Francophone des Équipes Pluridisciplinaires en Acouphénologie

BC-Tau : Baseline Corrected Tau

CHRO : Centre Hospitalier Régional d'Orléans

EVA : Échelle Visuelle Analogique

EVA-i : Échelle Visuelle Analogique de l'intensité des acouphènes

IR : Inhibition Résiduelle

NAP : Nonoverlap of All Pairs

ORL : Oto-Rhino-Laryngologie

PCI : Percentage Change Index

RoBiNT : Risks of Bias in N-of-1 Trial

SCED : Single-Case Experimental Design

SCRIBE : Single-Case Reporting Guideline in Behavioural Interventions

SE : Standard Error

THI : Tinnitus Handicap Inventory

2-SDB : 2 Standard Deviation Band

RÉSUMÉ

La prise en soin orthophonique des patients acouphéniques consiste à déplacer leur attention sur leurs difficultés mnésiques, attentionnelles ou perceptives dans le bruit plutôt que sur leurs acouphènes (Borel & Leybaert, 2020). La musicophonologie visant le renforcement audio-proprio-phonatoire incite ces patients à orienter leur attention sur le rétrocontrôle auditif et proprioceptif de leurs phonations. Pour évaluer l'effet de cette thérapie sur la sévérité des acouphènes, nous avons utilisé la méthodologie SCED en lignes de base multiple à travers trois sujets souffrant d'acouphènes subjectifs chroniques. La durée du protocole est de 29 jours incluant une phase de ligne de base et de thérapie comprenant 7 séances. Notre variable d'intérêt était la mesure quotidienne de la sévérité des acouphènes avec une EVA sur l'application mobile Siopi. Nous avons également évalué le transfert des effets thérapeutiques au quotidien avec le THI, et la diminution temporaire de l'intensité des acouphènes, appelée inhibition résiduelle, après l'auto-écoute de phonèmes analogues aux bruits blancs (/f/) ou aux acouphènes (/s/) avec une EVA-i. Les effets de la thérapie sont faibles mais significatifs sur la sévérité des acouphènes pour les patients 1 et 3. Les scores au THI ont diminué pour le patient 1, stagné pour le patient 2 et augmenté pour le patient 3. La modulation dans la production des consonnes sifflantes et chuintantes non voisées peut entraîner une augmentation ou une diminution temporaire de l'intensité des acouphènes. Ainsi, la musicophonologie offre une perspective encourageante en acouphénologie, nécessitant des répliques de l'étude pour démontrer un lien de causalité.

Mots clés : acouphènes subjectifs chroniques - renforcement audio-proprio-phonatoire - musicophonologie - inhibition résiduelle - SCED

ABSTRACT

Speech therapy for tinnitus patients involves shifting their focus to their memory, attentional, or perceptual difficulties in noise rather than to their tinnitus (Borel & Leybaert, 2020). Musico-phonology, aiming at audio-proprio-phonatory reinforcement, encourages these patients to direct their attention to the auditory and proprioceptive feedback of their phonations. To assess the effect of this therapy on the severity of tinnitus, we used the SCED methodology with multiple baseline designs across three subjects suffering from chronic subjective tinnitus. The protocol duration is 29 days, including a baseline and therapy phase comprising 7 sessions. Our variable of interest was the daily measurement of tinnitus severity with a VAS on the Siopi mobile application. We also evaluated the transfer of therapeutic effects to daily life with the THI, and the temporary reduction in tinnitus intensity, called residual inhibition, after self-listening to phonemes analogous to white noise (/f/) or to tinnitus (/s/) with a VAS-i. The effects of the therapy are weak but significant on the severity of tinnitus for patients 1 and 3. The THI scores decreased for patient 1, remained stagnant for patient 2, and increased for patient 3. The modulation in the production of voiceless sibilant and fricative consonants can lead to a temporary increase or decrease in tinnitus intensity. Thus, musico-phonology offers a promising perspective in tinnitology, requiring study replications to demonstrate a causal link.

Keywords : chronic subjective tinnitus - audio-proprio-phonatory reinforcement - musico-phonology - residual inhibition - SCED

INTRODUCTION

Les acouphènes, souvent décrits comme la perception consciente d'un son en l'absence d'une source sonore externe, affectent considérablement la qualité de vie de près de 1 à 2% de la population (Langguth et al., 2013). Cependant, le traitement des acouphènes reste un défi clinique majeur, principalement en raison de leur nature subjective et d'intrications complexes, incluant l'influence des facteurs causaux, en plus de comorbidités et de la détresse psychologique liée aux acouphènes. Ainsi, la variabilité de l'efficacité des traitements souligne l'hétérogénéité des profils des patients acouphéniques et la nécessité d'une prise en soin personnalisée (Cederroth et al., 2019). En l'absence de remède définitif, le traitement des acouphènes consiste à aider les patients à s'y habituer progressivement et à les accepter, en déplaçant cette perception gênante hors du champ de conscience, au même rang que les sons insignifiants pour le cerveau. À ce jour, l'orthophoniste est reconnu pour sa prise en soin des troubles mnésiques, attentionnels ou perceptifs dans le bruit des patients acouphéniques. De cette manière, le patient est amené à porter son attention sur ses difficultés cognitivo-langagières, plutôt que sur ses acouphènes (Borel & Leybaert, 2020).

Par ailleurs, les signaux moteurs peuvent moduler l'activité auditive, suggérant que l'articulation des sons, en tant que mouvement, est susceptible d'influencer la perception auditive (Schneider & Mooney, 2018) et potentiellement aider à rediriger l'attention sur l'auto-écoute, plutôt que sur les acouphènes. À notre connaissance, l'influence de l'articulation des phonèmes sur la perception des acouphènes n'a pas encore été explorée dans la littérature scientifique alors qu'elle pourrait élargir les possibilités de prises en soin orthophoniques des patients acouphéniques. Le Dr. Marié-Bailly expérimente les interactions entre audition et phonation par une approche en musicophonologie (Marié-Bailly & Varquet, 2020). Cette thérapie vise le renforcement audio-proprio-phonatoire, c'est-à-dire des rétrocontrôles auditifs et proprioceptifs liés à la phonation, pour améliorer la gestion des acouphènes. Dans cette optique, nous avons utilisé la méthodologie Single-Case Experimental Design (SCED) en ligne de base multiple à travers trois sujets acouphéniques, avec pour objectif principal de vérifier si le renforcement audio-proprio-phonatoire avec des phonèmes non voisés, c'est-à-dire sans vibration des cordes vocales, permet de diminuer la sévérité des acouphènes. Nos objectifs secondaires portent sur l'évaluation d'un transfert des effets de la thérapie aux aspects fonctionnel, émotionnel et catastrophique du handicap lié aux acouphènes, ainsi que sur la possibilité de produire une inhibition résiduelle (IR), autrement dit une réduction transitoire de l'intensité des acouphènes, à partir de l'auto-écoute des phonèmes analogues aux bruits blancs /ʃ/ ou aux acouphènes /s/.

MÉTHODE

Design expérimental

Cette étude ambitionne d'évaluer l'efficacité d'une nouvelle thérapie, raison pour laquelle la méthodologie SCED est apparue comme particulièrement adaptée (Tate & Perdices, 2019). Nous avons choisi plus spécifiquement un design en ligne de base multiple à travers les sujets, car il s'avère pertinent pour évaluer l'efficacité d'une thérapie dont les effets sont différés (Borel et al., 2022). La méthodologie SCED permet par ailleurs de pallier l'absence d'un groupe de comparaison et d'étudier un petit nombre de patients aux profils hétérogènes. Elle repose sur trois piliers fondamentaux : l'étude de chaque individu comme un cas unique ; l'introduction séquentielle et aléatoire des participants dans la thérapie ; et l'évaluation fréquente et répétée de la variable d'intérêt tout au long de l'étude (Krasny-Pacini & Evans, 2018).

Dans le cadre de cette étude, un protocole d'une durée 29 jours a été mis en place, dont la variable d'intérêt est la sévérité des acouphènes sur une échelle visuelle analogique (EVA) intégrée à l'application mobile Siopi (*cf.* Annexe B). Cette mesure doit, durant la phase de ligne de base, nous fournir des indications sur le fonctionnement typique des acouphènes des patients. Elle sert donc de référence pour une comparaison avec la phase d'intervention, comprenant 7 séances de thérapie de 30 minutes et dont la première est introduite à des moments différents pour chaque patient selon une pseudo-randomisation sur Excel (version 16.54) : après la 10^{ème} mesure pour le patient 1 ; après la 9^{ème} pour le patient 2 et après la 8^{ème} pour le patient 3.

De cette manière, l'introduction séquentielle de la thérapie permet de contrôler la présence ou l'absence d'amélioration spontanée en ligne de base (Borel et al., 2022) de la sévérité des acouphènes des patients. Par ailleurs, il est conseillé de démontrer l'effet de la thérapie auprès de trois patients à des temps différents (Kratowill et al., 2010).

Nous avons également respecté un minimum de 5 mesures par phase, comme recommandé par Tate et al. (2016). Les mesures brutes de la sévérité des acouphènes des patients sont précisées en annexe D. Les données collectées ont ensuite fait l'objet d'analyses statistiques spécifiques aux études SCED (*cf.* Résultats).

Par ailleurs, pour assurer une évaluation méthodique des risques de biais et la qualité de la présentation des résultats, nous nous sommes appuyées sur l'échelle *Risk of Bias in N-of-1 Trials* (RoBiNT) (Tate et al., 2013) et la checklist *Single-Case Reporting Guideline in Behavioural Interventions* (SCRIBE) (Tate et al., 2016).

Participants de l'étude

Pour pouvoir participer à notre étude, les patients devaient respecter les critères suivants : être âgés d'au moins 18 ans ; être sujet à des acouphènes subjectifs chroniques, c'est-à-dire présents depuis 6 mois sans interruption de plus de 24 heures ; présenter une acouphénométrie objectivant que la fréquence des acouphènes est supérieure ou égale à 3000 Hz ; avoir un score au THI strictement supérieur à 16, correspondant à un handicap modéré lié aux acouphènes au minimum ; avoir donné leur consentement en s'engageant à ne pas suivre d'autres traitements pour les acouphènes durant toute la durée de l'étude. Les patients devaient par ailleurs être équipés d'un smartphone compatible avec l'application mobile Siopi et d'un ordinateur avec une connexion internet pour les séances en téléconsultation sur Zoom.

Nous n'avons pas retenu les patients souffrant d'acouphènes objectifs, de troubles psychiatriques graves (comme la schizophrénie ou des troubles bipolaires non stabilisés), ni les personnes présentant une perte auditive moyenne (> 40 dB) non corrigée.

Les trois patients ont été recrutés au sein du service ORL du Centre Hospitalier Régional d'Orléans (CHRO), dans le cadre des consultations du Dr. Marié-Bailly, phoniatre et coordinatrice de l'équipe pluridisciplinaire acouphènes d'Orléans. Leurs données démographiques et cliniques sont décrites en annexe A.

Lieu de l'étude

La première et la dernière séance de la phase d'intervention se sont déroulées au sein du service ORL du CHRO. Les autres séances ont été réalisées à distance, sur la plateforme Zoom, afin de faciliter la mise en place de séances bihebdomadaires, tout en tenant compte des contraintes liées aux déplacements et/ou au travail des patients.

Éthique

Nous nous sommes assurée que le formulaire de consentement a bien été signé par tous les patients avant le début de l'étude. Ainsi, ceux-ci ont été pleinement informés du projet dans lequel ils se portaient volontaires, de la protection et de l'anonymisation de leurs données personnelles, ainsi que de leur possibilité de retrait, à tout moment, sans justification.

Structure du protocole de l'étude

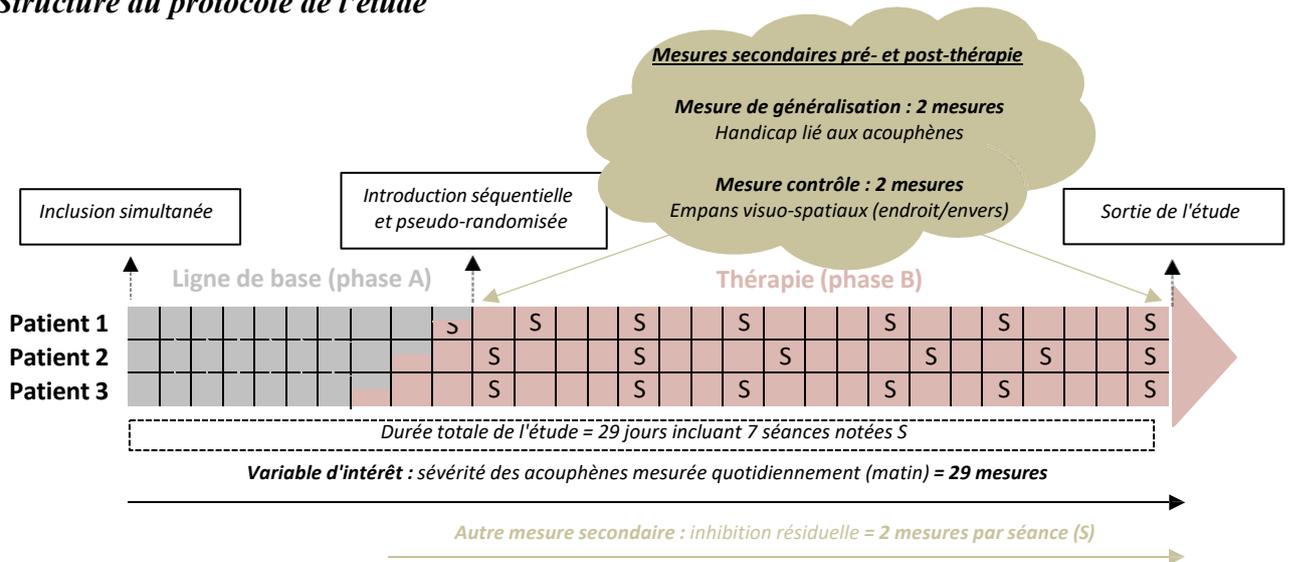


Fig. 1. Schéma expérimental de l'étude

Description de la mesure répétée

Notre hypothèse principale est qu'une thérapie visant le renforcement audio-proprio-phonatoire permet de diminuer la sévérité des acouphènes. L'application mobile Siopi a été sélectionnée pour la mesure répétée de notre étude (cf. Annexe B). Elle permet de mesurer la sévérité des acouphènes sur EVA allant de 0% (aucune sévérité) à 100% (sévérité intolérable). Notre critère d'évaluation était donc le score brut enregistré sur cette échelle.

Ces données ont été collectées dans des conditions standardisées afin d'assurer la reproductibilité et de minimiser les biais (Borel et al., 2022), c'est-à-dire les facteurs extérieurs susceptibles d'influencer nos résultats. En effet, nous avons demandé aux patients d'indiquer la sévérité de leurs acouphènes chaque matin entre 7h30 et 10h30 durant toute la durée du protocole. Autre avantage de ce procédé : l'enregistrement de la mesure avec le smartphone est simple, rapide et intuitive, donc facilement intégrable par le patient à sa routine quotidienne.

Description des mesures secondaires

Suivant les recommandations de la méthodologie SCED, nous avons réalisé des mesures complémentaires pour avoir une vision plus globale des effets de la thérapie sur les acouphènes des patients, principalement avant et après l'intervention, sauf pour les mesures d'IR, mesurées uniquement durant les séances. Les résultats s'avèrent très encourageants et font l'objet d'une présentation et d'une analyse qualitative (cf. Résultats).

- **Mesure de généralisation**

La deuxième hypothèse de notre étude est que les effets de la thérapie proposée se traduisent par une réduction de l'impact des acouphènes sur la qualité de vie des patients, en plus de la diminution de la sévérité des acouphènes. Pour mesurer cet effet, nous avons utilisé le Tinnitus Handicap Inventory (*cf.* Annexe C), proposé au début de la première séance et à la fin de la dernière séance.

Les 25 questions sont posées à l'oral par l'expérimentateur et les patients sont invités à répondre par : « oui » (4 points) ; « parfois » (2 points) ou « Non » (0 point). Plus le score est élevé, plus il est le signe d'un impact négatif important des acouphènes sur la qualité de vie des patients : nous avons donc retenu comme critère d'évaluation le score brut obtenu, score qui peut varier de 0 (handicap léger) à 100 (handicap invalidant).

Par ailleurs, outre le score global révélé, nous avons également considéré les trois sous-échelles de cet auto-questionnaire. En effet, l'analyse qualitative des sous-composantes fonctionnelles (11 items), émotionnelles (9 items) et catastrophiques (5 items), nous a permis d'obtenir une meilleure compréhension de l'impact des acouphènes sur ces différentes dimensions du ressenti subjectif des patients.

- **Mesures d'inhibition résiduelle**

La troisième hypothèse de notre étude est que l'auto-écoute de consonnes non voisées sifflante (/s/) ou chuintante (/ʃ/) peut produire de l'IR sur des acouphènes situés dans les fréquences aiguës, c'est-à-dire une diminution immédiate et de courte durée de l'intensité des acouphènes à la suite de l'exposition à un son proche de la fréquence des acouphènes. Ces mesures ont été effectuées uniquement durant les séances avec une EVA-i, allant de 0 à 10 (*cf.* Annexe B). Puis, nous avons effectué une analyse qualitative de ces mesures à l'aide d'un tableau (*cf.* Annexe F) comparant l'intensité des acouphènes avant et après la recherche d'IR et précisant si le phonème est modulé ou non, en fréquence et à la fréquence des acouphènes.

- **Mesure contrôle**

Nous avons également vérifié la spécificité de la thérapie avec une adaptation informatisée de l'épreuve des blocs de Corsi (disponible sur le site <https://www.psytoolkit.org>) en pré et post-intervention. Dans cette version informatisée, des carrés sont affichés sur l'écran

et le patient doit se souvenir de l'ordre dans lequel ils s'illuminent. La première séquence est constituée de deux carrés, puis le nombre de carrés à mémoriser augmente progressivement. Les empan visuo-spatiaux endroit et envers correspondent respectivement à la séquence la plus longue que le patient est capable de reproduire sans erreur, dans l'ordre de présentation et dans l'ordre inverse de présentation. Nous avons retenu les scores bruts obtenus à ces deux empan.

Description du matériel

Nous avons créé une banque sonore de 25 modèles de séquence de phonèmes non voisés explorant l'ensemble du triangle des voyelles (*cf.* figure 1) ; elle est accessible en s'adressant auprès du Dr. Marié-Bailly. De plus, pour rechercher la production d'IR d'acouphènes situés dans les fréquences aiguës, nous avons également créé des modèles d'émission de consonnes sifflantes (/s/) et chuintantes (/ʃ/) modulés en fréquence et non-modulés, personnalisés à la fréquence des acouphènes des patients.

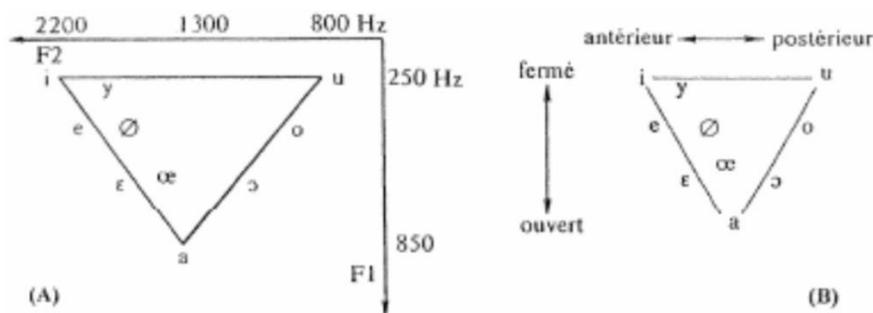


Fig. 1. Triangle des voyelles du point de vue acoustique (A) et articuloire (B) (adapté de Straka, 1965)

Pour fournir un feedback visuel des productions des patients, nous avons utilisé un spectrogramme avec Overtone Analyzer (version 5.6.3), selon les recommandations sur la rééducation vocale en téléconsultation de Menin-Sicard et Mauger (2020) pour les séances sur Zoom. Pour cela, l'expérimentateur était équipé d'un micro unidirectionnel USB (Audio-Technica ATR2100x) branché à l'ordinateur et d'une enceinte (Mackie CR5X).

En outre, pour les différentes mesures de notre étude, nous avons également eu recours à l'application mobile Siopi (version 1.2.74), au THI (*cf.* Annexe C) et à l'EVA-i, disponible auprès de l'Association Francophone des Équipes Pluridisciplinaires en Acouphénologie (AFREPA) (*cf.* Annexe B).

Description de la thérapie

La phase de thérapie comprend 7 séances de 30 minutes. Elle débute par une phase préparatoire de détente et de discrimination proprioceptive pour aller progressivement vers le renforcement audio-proprio-phonatoire et la recherche d'IR.

○ Détente et éveil proprioceptif (10 minutes)

La première partie de chaque séance est dédiée à la détente et à l'éveil proprioceptif, qui contribuent à l'objectif global de notre intervention. Dans cette première phase, le patient est invité à prendre appui sur la perception consciente de la position des différentes parties de son corps, puis, plus spécifiquement, de sa bouche et ses articulateurs (langue, lèvres, mâchoire).

En effet, nous commençons tout d'abord par un scan corporel guidé par la voix de l'expérimentateur. L'attention est portée de façon méthodique sur différentes parties du corps, en commençant par les pieds, puis en remontant progressivement jusqu'à la tête. Puis, le patient est amené à se concentrer sur les sensations physiques associées à sa respiration, avec une main posée sur son diaphragme et l'autre sur son thorax.

Enfin, nous terminons par la conscientisation de la position de la langue et l'assouplissement de la sphère oro-myo-faciale avec des exercices d'agilité de la langue : d'abord, la langue balaye le palais d'avant en arrière et inversement (x3) ; ensuite, elle passe derrière les dents, de gauche à droite et de droite à gauche (x3) ; puis devant les dents (x3) ; pour finir, la langue est étirée en dehors de la bouche, le long du menton, avant d'être ramenée à l'intérieur tout en émettant le phonème /x/ de manière prolongée (x3).

○ Écoute et restitution de séquences de phonèmes non voisés (10 minutes)

Durant la deuxième partie de la séance, nous travaillons le renforcement audio-proprio-phonatoire à travers des exercices d'écoute et de restitution de 8 modèles de séquences de phonèmes non voisés. Les modèles utilisés varient d'une séance à l'autre afin de diversifier l'écoute et d'éviter la monotonie. Le but est d'amener le patient à porter son attention sur son auto-écoute et sa proprioception articulaire plutôt que sur ses acouphènes.

Pour chaque modèle, les patients effectuent trois restitutions dans trois modalités d'auto-écoute différentes : en champ libre, c'est-à-dire en espace ouvert sans utiliser de moyen pour amplifier le retour auditif, puis, en s'inspirant des travaux de Nair (1999), avec les mains

positionnées en coque amplificatrice de la bouche à l'oreille gauche, puis de la bouche à l'oreille droite. De plus, les patients ont la possibilité de s'appuyer sur un spectrogramme pour vérifier visuellement la fidélité de leur restitution.

- **Recherche d'inhibition résiduelle à partir de l'auto-écoute (5 minutes)**

À la fin de chaque séance, le patient a le choix entre utiliser une consonne non voisée sifflante /s/ ou chuintante /ʃ/ pour rechercher la production d'IR. Il évalue dans un premier temps l'intensité de ses acouphènes de 0 à 10 sur une EVA-i. Puis, il est invité à répéter un modèle modulé en fréquence avec le phonème choisi pendant 2 minutes, en alternant entre phonation et respiration, tout en positionnant les mains en coque amplificatrice alternativement à chaque oreille.

À la fin des 2 minutes, il évalue à nouveau l'intensité de ses acouphènes sur l'EVA-i. Si une modification est constatée, nous attendons que les acouphènes reviennent à leur intensité initiale avant d'effectuer la deuxième mesure d'IR selon la même procédure, mais cette fois-ci avec un modèle non modulé et à la fréquence des acouphènes du patient. Le spectrogramme est une référence utile pour l'expérimentateur et le patient qui peuvent vérifier si la fréquence émise en auto-phonation correspond bien à celle de l'acouphène.

Mise en aveugle des patients et de l'expérimentateur

Notre protocole ne permet pas de dissimuler la thérapie au patient et à l'expérimentateur en raison de leur interaction directe et consciente. La subjectivité des mesures rend difficile la mise en aveugle des patients, et simuler un placebo pour des séances sans effet thérapeutique, notamment dans le traitement des acouphènes, représente un défi complexe.

Fidélité procédurale et fidélité inter-juge

Nous avons porté une attention particulière à la fidélité procédurale tout au long de notre étude au moyen d'enregistrements audiovisuels de chaque séance, permettant de vérifier que les consignes du protocole sont appliquées fidèlement à la manière dont il a été conçu.

La fidélité inter-juge n'a pu être appliquée dans notre étude, car l'ensemble des mesures effectuées sont basées sur des auto-évaluations, où chaque patient évalue sa propre situation, ce qui implique donc qu'il ne peut y avoir de juge externe.

Choix des indicateurs visuels et statistiques

Nous avons analysé les résultats de notre étude à partir de représentations graphiques, dans un premier temps, et d'indicateurs statistiques, dans un deuxième temps, qui permettent ensemble de conclure à l'efficacité d'une thérapie (Borel et al., 2022).

En effet, pour les analyses visuelles de notre étude nous avons retenu la représentation graphique du "trend stability : 20% median", du "Dual Criterion" et du "2 Standard-Deviation Band" sur les sites <https://www.manolov.shinyapps.io/Overlap> (Manolov et Solanas, 2018). Nous avons également sélectionné celle du "Percentage Change Index" (PCI) sur le site <https://www.manolov.shinyapps.io/Change> (Manolov et Solanas, 2018)

Le graphique "trend stability : 20% median" permet de vérifier la stabilité de la ligne de tendance des patients. Cette étape permet de déterminer si les scores de la mesure répétée en ligne de base sont suffisamment stables pour être représentatifs de l'évolution du patient. Pour cela, nous devons obtenir au moins 80% des points dans l'enveloppe de tendance, représentée par des pointillés rouges, en phase A (Krasny-Pacini & Evans, 2018).

Sur le "Dual Criterion", nous visualisons une droite rouge et une droite verte, représentant respectivement la ligne de niveau ou la moyenne, et la ligne de tendance de la phase A (Fischer et al., 2003, cités par Krasny-Pacini & Evans, 2018). Une majorité de points situés strictement en dessous de ces droites projetées en phase B indique un effet de la thérapie (Krasny-Pacini & Evans, 2018). La valeur p obtenue révèle si cette observation est significative, limitant le risque de rejeter à tort l'hypothèse nulle, en faveur de l'inefficacité de la thérapie.

L'enveloppe des deux écarts-types du "2 Standard-Deviation Band" permet de visualiser la variabilité des données autour de la moyenne (Krasny-Pacini & Evans, 2018). Pour démontrer un effet de la thérapie sur la diminution de la sévérité des acouphènes, nous devons observer au minimum deux points consécutifs en dessous de l'enveloppe des deux écarts-types.

Le graphique du "Percentage Change Index" (PCI) met en évidence la différence des moyennes entre les phases ("Mean Baseline Difference"), matérialisée par une droite bleue. De ce fait, le taux de diminution en phase d'intervention est un indicateur visuel de la diminution de la sévérité des acouphènes après introduction de la thérapie. Le PCI, représenté par une droite rouge en pointillé, correspond à la moyenne des trois dernières mesures de chaque phase.

De plus, il indique un effet tardif de la thérapie s'il est situé en-dessous de la "Mean Baseline Difference" en phase d'intervention (Manolov et al., 2016), car dans le contexte de notre étude, un effet positif se traduit par une diminution des symptômes acouphéniques.

En complément de ces représentations visuelles, nous avons calculé le pourcentage de non-chevauchement des points de la phase B comparativement à la phase A, appelé NAP ("Nonoverlap of All pairs") sur le site <http://www.singlecaseresearch.org/calculators> (Vannest, Parker, Gonen, et Adiguzel, 2016). À noter qu'une variabilité importante des données ne limite pas son utilisation. Ainsi, nous pouvons évaluer la taille de l'effet de la thérapie, qui est d'autant plus important que ce pourcentage est élevé, en tenant compte de l'erreur standard (SE) et de la valeur p associée. D'après Ioannidis (2018), pour indiquer un effet significatif de la thérapie la valeur p doit être strictement inférieure à 0,005. En revanche, le calcul du NAP ne tient pas compte de la tendance de la phase A, il convient donc d'ajouter le calcul de l'indicateur statistique Tau (Parker et al., 2011), qui met en évidence le non-chevauchement des mesures entre les différentes phases. Celui-ci est particulièrement indiqué en cas de données restreintes, du fait de sa robustesse (Lee & Cherney, 2018). Pour cela, nous avons utilisé le calculateur de Tarlow sur le site <https://ktarlow.com/stats/tau/> (Tarlow, 2016) qui, après analyse de la ligne de tendance, permet de déterminer le coefficient Tau à appliquer : BC-Tau en cas de tendance monotone significative ou Tau (No Baseline Corrected) dans le cas contraire.

RÉSULTATS

Les trois patients ont suivi l'ensemble du protocole qui a duré 29 jours entre juin et juillet 2023.

Mesure répétée : Effet de la thérapie sur la sévérité des acouphènes

Le score brut quotidiennement enregistré sur l'EVA de la sévérité des acouphènes, intégrée à l'application mobile Siopi, constitue la mesure répétée de notre étude. La patient 1 a été introduit dans la thérapie après la 10^{ème} mesure, le patient 2 après la 9^{ème} mesure et le patient 3 après la 8^{ème}. Les patients ont effectué comme convenu les 7 séances incluses dans la phase de thérapie (*cf.* figure 1).

D'après le graphique du "trend stability : 20% median" (*cf.* Annexe E), la ligne de tendance est stable donc représentative de la sévérité des acouphènes de chacun des patients, car l'enveloppe de la tendance de la phase de ligne de base, représentée en rouge par des pointillés, comprend 100% des mesures sur les trois graphiques.

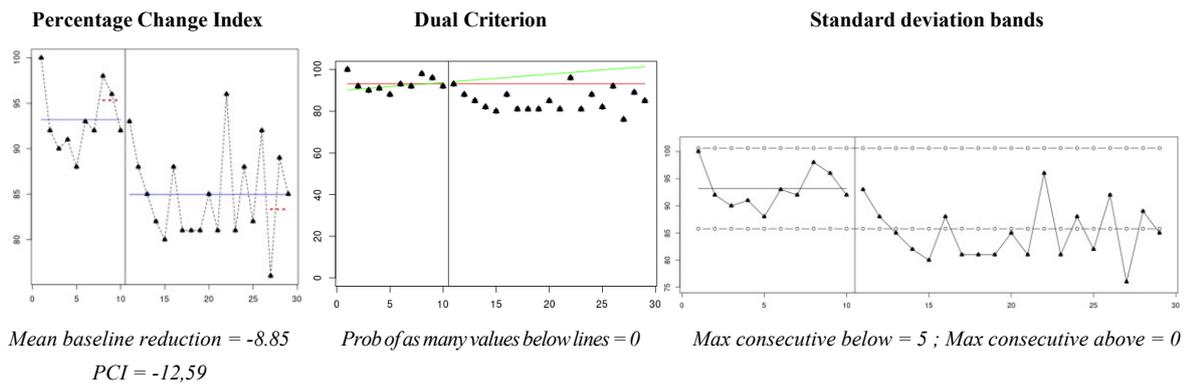


Fig. 3. Scores aux mesures répétées de la sévérité des acouphènes du patient 1

Les analyses visuelles du patient 1 montrent une tendance à la baisse de la sévérité des acouphènes, révélant donc un probable effet positif de la thérapie. La moyenne de la sévérité des acouphènes a diminué de 8,85% en phase d'intervention par rapport à la phase de ligne de base. De plus, la moyenne des trois derniers points de la phase d'intervention montre une diminution de 12,59 %, allant dans le sens d'un effet tardif de la thérapie. Cette tendance à la baisse est par ailleurs confirmée par le Dual Criterion, car la majorité des scores de la mesure répétée sont strictement situés sous les deux droites projetées en phase d'intervention, avec une probabilité très faible de rejeter à tort l'hypothèse nulle, selon laquelle la thérapie n'a pas d'effet. Malgré des données fluctuantes, révélatrices des variations intra individuelles du patient, nous observons jusqu'à cinq points consécutifs sous l'enveloppe des deux écarts-types du Standard deviation bands, démontrant l'effet de la thérapie. Par ailleurs, nous avons calculé le Tau (No Baseline Correction), car la ligne de tendance ne nécessite pas de correction. Celui-ci est de -0.552 ($p = 0.001$; $SE_{\text{Tau}} = 0.219$), indiquant une taille d'effet significative. En revanche, le NAP est de 11,05% ($p = 0.0007$), révélant que l'effet de la thérapie est considéré comme faible.

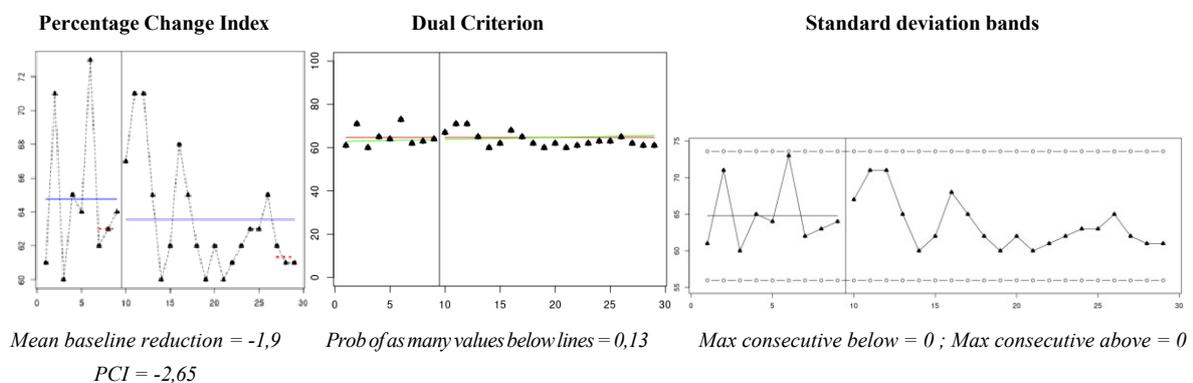


Fig. 4. Scores aux mesures répétées de la sévérité des acouphènes du patient 2

Pour le patient 2, la thérapie ne semble pas avoir eu d'effets significatifs sur la sévérité des acouphènes. La différence des moyennes entre les deux phases et le PCI, qui sont respectivement de -1,9% et -2,65%, indiquent un faible et tardif effet de la thérapie. Le Dual Criterion confirme que cet effet n'est pas significatif ($p = 0,13$). De plus, l'absence de points consécutifs en dessous de l'enveloppe des deux écarts-types du Standard Deviation Band indique qu'il n'y a aucune tendance claire permettant de démontrer un effet de la thérapie. Enfin, le calcul du Tau et du NAP confirme que la diminution de la sévérité des acouphènes n'est pas statistiquement significative : le Tau (No Baseline Correction) est de -0.125 ($p = 0.461$; $SE_{\text{Tau}} = 0.261$) et le NAP vaut 41,11% ($p = 0,4507$).

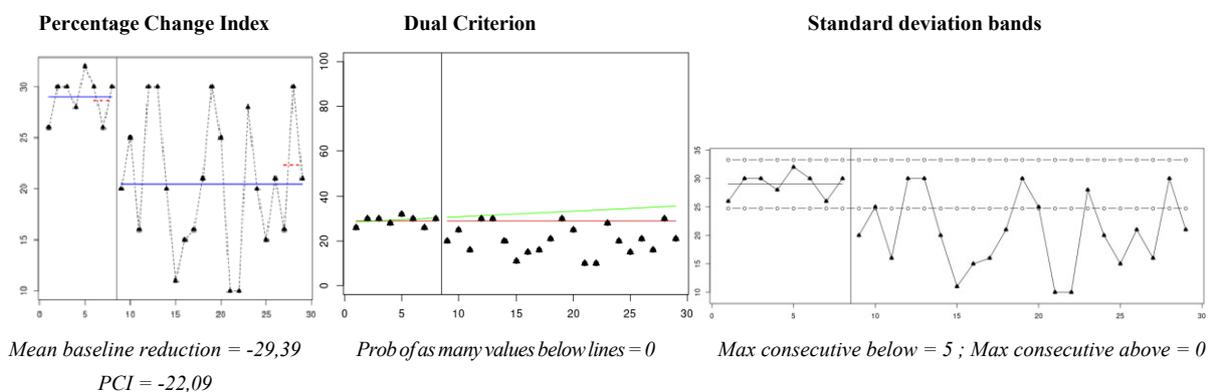


Fig. 5. Scores aux mesures répétées de la sévérité des acouphènes du patient 3

Nous avons mis en évidence un effet significatif de la thérapie sur le patient 3. La moyenne de la sévérité des acouphènes a baissé de -29,39% durant la phase de thérapie. Le PCI affiche -22,09%. Toutefois, cet indicateur est à considérer avec précaution en raison de l'augmentation brutale de la sévérité des acouphènes à l'avant-dernière mesure de la phase B qui a pour effet de tirer, vers la moyenne, les trois derniers scores. Le Dual Criterion appuie cette tendance à la baisse, puisque les points sont strictement situés sous des droites projetées en phase d'intervention, avec une valeur p pratiquement nulle. La visualisation des 2-SDB confirme cette diminution, car il y a jusqu'à cinq points consécutifs sous l'enveloppe de la phase de thérapie. Pour les calculs du Tau et du NAP, nous obtenons respectivement -0.497 ($p = 0,003$; $SE_{\text{Tau}} = 0.228$) et 13,39% ($p = 0.0027$), ce qui signifie qu'ils sont statistiquement significatifs. Toutefois, la valeur du NAP montre que l'effet global de la thérapie reste faible.

Mesures secondaires

Les scores bruts des mesures secondaires sont regroupés dans des tableaux en annexe F.

○ **Mesures de généralisation pré et post-thérapie : Tinnitus Handicap Inventory**

Pour le patient 1, nous observons une amélioration des scores au THI, ce qui peut indiquer un effet positif de la thérapie sur l'impact des acouphènes dans la vie quotidienne. Le score total est passé de 68 avant la thérapie à 40 à la fin de la thérapie, le handicap n'est donc plus considéré comme lourd, mais désormais comme moyen d'après le THI. Par ailleurs, cette amélioration est principalement de nature fonctionnelle, avec une réduction de 12 points, tandis que les aspects émotionnel et catastrophique ont tous deux diminué de 8 points.

Pour le patient 2, il n'y a pas de différence notable dans les scores avant et après la thérapie, suggérant que la thérapie n'a pas eu d'effet sur le handicap lié aux acouphènes dans son quotidien. En effet, le score total a légèrement augmenté en fin de thérapie, passant à 56 (+ 2 points), ce qui correspond toujours à un handicap moyen. Les scores relatifs aux sous-échelles fonctionnelle et émotionnelle sont restés stables, à l'exception de celui de la sous-échelle catastrophique qui a connu une légère hausse (+ 2 points).

L'impact des acouphènes sur la vie quotidienne du patient 3 est plus négatif en fin de thérapie, comme en témoigne l'augmentation des scores. Le score total est en effet passé de 18 à 34, ce qui correspond à une augmentation de 8 points pour l'aspect fonctionnel, de 4 points pour l'émotionnel, et également de 4 points pour le catastrophique. Toutefois, ce patient conserve un degré de handicap modéré au sens du THI.

○ **Mesures contrôle pré et post-thérapie : épreuve informatisée des blocs de Corsi**

Il n'y a pas de changements notables dans les scores des patients avant et après la phase d'intervention, ce qui suggère que la thérapie n'a pas d'influence sur leurs empan visuo-spatiaux endroit et envers. Nous avons donc mis en avant la spécificité de la thérapie visant le traitement de la sévérité des acouphènes.

Avant l'introduction de la thérapie, les scores respectifs des patients 1, 2 et 3 étaient les suivants : 6 pour l'empan droit et 4 pour l'empan envers ; 6 pour l'empan droit et 5 pour l'empan envers ; 4 pour l'empan droit et 3 pour l'empan envers.

Après la thérapie, les scores sont restés relativement stables. Pour le patient 1, l'empan droit a diminué (- 1 point) et l'empan envers a augmenté (+ 1 point). L'empan droit est identique et l'empan envers a diminué (- 1 point) pour le patient 2. Le patient 3 a conservé ses scores pour l'empan droit et envers en fin de thérapie.

○ **Mesures d'inhibition résiduelle**

L'analyse qualitative des scores à l'EVA-i montre que les phonèmes /s/ ou /ʃ/ modulés en fréquence sont potentiellement plus efficaces pour produire de l'IR, que lorsqu'ils sont non modulés et à la fréquence des acouphènes des patients. Les scores bruts obtenus à l'EVA-i, le phonème choisi et la modulation dans leur production sont précisés en annexe F.

Le patient 1 a montré une amélioration marquée lors de la dernière séance avec le phonème /s/ modulé en fréquence et non modulé à la fréquence des acouphènes, se traduisant par une production d'IR complète. Cependant, cette amélioration semble s'effectuer de manière différente selon la modulation. En effet, alors qu'aucun effet n'a été observé à la première séance, les séances 2 à 6 montrent une réduction de 1 à 2 points sur l'EVA-i avec les phonèmes /s/ ou /ʃ/ modulé en fréquence, tandis qu'elles montrent une augmentation puis une diminution (séance 6) des scores avec le phonème /s/ non modulé à la fréquence des acouphènes.

Le patient 2 montre peu ou pas de changement, quel que soit le phonème choisi et la modulation. Nous observons une légère tendance à l'amélioration des scores pour les phonèmes /s/ ou /ʃ/ modulés en fréquence, et une légère aggravation de l'intensité des acouphènes quand ils sont non modulés et à la fréquence des acouphènes, bien que ces variations soient marginales.

Le patient 3 montre une amélioration à partir de la séance 2 avec le phonème /ʃ/ modulées en fréquence, allant de 0,5 à 1,5 point, mais une aggravation de 0,5 à 1 point à partir de la séance 3 avec les phonèmes /s/ ou /ʃ/ non modulés et à la fréquence des acouphènes.

DISCUSSION

L'objectif principal de notre étude était d'évaluer l'effet du renforcement audio-proprio-phonatoire sur la sévérité des acouphènes subjectifs chroniques. Les scores bruts quotidiens de la sévérité des acouphènes, enregistrés sur l'application mobile Siopi, ont permis de mettre en évidence un effet positif de la thérapie pour deux des trois patients. En effet, même si l'effet de la thérapie est considéré comme faible pour les patients 1 et 3, la diminution de la sévérité des acouphènes reste significative. En revanche, la sévérité des acouphènes du patient 2 n'a pas changé de manière significative en réponse à la thérapie.

Ainsi, nous avons pu mettre en évidence que le renforcement audio-proprio-phonatoire peut avoir un effet sur la réduction de la sévérité des acouphènes. À notre connaissance, il s'agit du premier entraînement à l'attention multisensorielle combinant discrimination auditive et proprioceptive, par le biais de l'auto-écoute de sonorisations non voisées. Ces résultats concordent avec les principes généraux de la littérature scientifique sur l'efficacité des entraînements à l'attention multisensorielle. En effet, la redirection de l'attention sur des stimuli auditifs, visuels et somatosensoriels peut diminuer légèrement, mais significativement, la sévérité des acouphènes, et dans le même temps améliorer les capacités attentionnelles des patients (Spiegel et al., 2015). Cette diminution de la sévérité des acouphènes, en réponse à un entraînement perceptuel multisensoriel, serait également liée à des modifications de la connectivité neuronale dans les réseaux sensoriels et attentionnels (Searchfield et al., 2020). En ce sens, le renforcement audio-proprio-phonatoire partage le principe sous-jacent de l'utilisation de la multisensorialité, puisque les patients étaient amenés à porter leur attention à la fois sur leur auto-écoute et leur proprioception articulaire. De plus, la visualisation du spectrogramme durant les premières séances a également pu contribuer à la redirection attentionnelle. Par ailleurs, une étude a montré que les personnes acouphéniques ont de moins bonnes performances en matière d'attention auditive par rapport à un groupe témoin, montrant une diminution des capacités d'attention sélective et soutenue liée aux acouphènes (Lima et al., 2019). De ce fait, il est possible que l'amélioration de la discrimination auditive et proprioceptive contribuent, en plus de la diminution de la sévérité des acouphènes, à l'amélioration de ces capacités, soulignant l'importance de considérer ces aspects dans le traitement des acouphènes. L'APSA (Attention and Performance Self-Assessment) est un outil d'auto-évaluation qui a été créé et validé pour évaluer les difficultés cognitives associées aux acouphènes (Bankstahl & Görtelmeyer, 2013). Il aurait donc été intéressant d'évaluer les

capacités attentionnelles des patients avant et après l'intervention avec cet outil, afin de mieux comprendre la manière dont la thérapie peut influencer ces capacités.

Nos hypothèses secondaires portaient sur le transfert des effets de la thérapie aux aspects fonctionnel, émotionnel et catastrophique liés aux acouphènes dans la vie quotidienne des patients, ainsi que sur la possibilité de produire une IR à partir de l'auto-écoute des consonnes sourdes sifflante et chuintante, proches de la fréquence des acouphènes.

Concernant la mesure de généralisation pré- et post-thérapeutique avec le THI, les résultats sont très hétérogènes. Les scores du patient 1 se sont améliorés, en particulier dans le domaine fonctionnel, et le degré de handicap est passé de lourd à moyen. En revanche, le handicap lié aux acouphènes dans le quotidien du patient 2 est resté moyen, avec une augmentation marginale du score. Pour le patient 3, bien que le score total ait augmenté, le niveau de handicap est toujours considéré comme modéré d'après le THI.

Les scores au THI sont donc variables d'un patient à l'autre en post-thérapie. De plus, ils ne suivent pas nécessairement la même tendance que la mesure de la sévérité des acouphènes sur l'EVA pour le patient 3. Pourtant, cette dernière observation ne semble pas concorder avec la littérature scientifique, qui montre plutôt une corrélation entre les scores EVA et THI (Figueiredo et al., 2015). Cependant, il est possible que la relation entre ces deux mesures puisse varier d'un individu à l'autre, car d'autres facteurs peuvent influencer le ressenti du handicap lié aux acouphènes, indépendamment de la sévérité mesurée sur une échelle visuelle analogique. Cette distinction souligne l'importance de considérer les acouphènes comme une expérience multidimensionnelle pouvant être influencée par des facteurs psychosociaux, tels que le stress ou encore l'anxiété, en plus de la perception auditive. D'ailleurs, une étude a montré que les thérapies ciblant spécifiquement les acouphènes peuvent s'avérer insuffisantes pour diminuer le handicap ressenti, en particulier par les femmes, d'autant plus en présence de facteurs psychosociaux significatifs (Skarżyński et al., 2020). Ainsi, les problèmes personnels rencontrés par le patient 3 pendant la phase d'intervention pourraient avoir contribué à l'augmentation des scores aux sous-échelles fonctionnelle, émotionnelle et catastrophique du THI. Au-delà des facteurs psychosociaux, d'autres symptômes comorbides aux acouphènes pourraient également expliquer la variabilité des réponses à l'intervention. En effet, il est possible que l'interaction entre l'hyperacousie et les acouphènes du patient 2 ait pu contribuer à l'absence d'effet de la thérapie sur la sévérité des acouphènes, y compris en ce qui concerne le ressenti quasi-inchangé du handicap lié aux acouphènes. D'où, l'importance de considérer

l'hyperacousie dans l'évaluation et le traitement des acouphènes, comme le souligne une étude portant sur la création et la validation du Hyperacusis Handicap Questionnaire (HHQ) (Prabhu & Nagaraj, 2020). Pour une meilleure compréhension de l'impact de la thérapie sur le handicap lié aux acouphènes des patients, il aurait fallu inclure l'évaluation des symptômes comorbides aux acouphènes. En effet, l'hyperacousie ou certains aspects psychologiques, comme l'anxiété et la dépression, peuvent nécessiter une prise en soin supplémentaire ou plus spécifique pour l'obtention d'améliorations substantielles. Pour cela, nous aurions pu utiliser les différentes EVA de l'application mobile Siopi qui permettent non seulement d'évaluer la sévérité des acouphènes, mais aussi celle des symptômes associés. Les questionnaires d'anxiété et de dépression, tels que le Hospital Anxiety and Depression Scale (HADS), sont également intéressants dans la mesure où ils pourraient permettre d'identifier les besoins supplémentaires en matière de soutien psychologique et de traitement (Aazh et al., 2019).

Concernant les mesures d'IR, même si le patient 1 a pu expérimenter une diminution temporaire de l'intensité de ses acouphènes quelle que soit la modulation des sonorisations, allant même jusqu'à une IR complète, nous observons une tendance à l'aggravation de la perception de l'intensité des acouphènes avec les consonnes sourdes sifflante (/s/) ou chuintante /ʃ/ non modulés à la fréquence des acouphènes. Nous observons également une tendance à l'amélioration avec ces phonèmes modulés en fréquence chez les trois patients, même si ces variations sont minimales chez le patient 2.

En effet, les résultats des mesures de production d'IR à partir des consonnes sourdes sifflante (/s/) et chuintante (/ʃ/) sont prometteurs. À notre connaissance, c'est la première fois qu'une étude expérimente la possibilité d'influencer temporairement la perception de l'intensité des acouphènes à partir de phonèmes produits par le patient lui-même. Dans notre étude, la production d'IR semble plus efficace avec les sonorisations modulées en fréquence.

Un mécanisme possible de l'IR serait l'adaptation neuronale aux niveaux périphérique ou central après la stimulation acoustique (Galazyuk et al., 2016). En fonction des études de mesures psychoacoustiques, les stimuli les plus efficaces pour produire de l'IR diffèrent. Une étude chez 68 patients, à partir d'une séquence acoustique composée de stimuli pulsés proches de la fréquence des acouphènes, a induit une IR chez 86,7% des patients (Fournier et al., 2018). Une revue systématique a montré que l'IR peut être induite par une variété de stimuli acoustiques, y compris les sons modulés en amplitude et en fréquence, mais celle-ci serait plus efficace avec des sons purs et à bandes étroites ciblés sur la fréquence des acouphènes (Perez-Carpena et al., 2021). Ainsi, la proximité avec la fréquence des acouphènes semble être un

élément pertinent pour potentialiser la production d'IR. En effet, bien que nous ne cherchions pas spécifiquement à cibler la fréquence des acouphènes des patients avec les sonorisations modulées, ces dernières avaient tendance à être situées dans les hautes fréquences, d'après la visualisation du spectrogramme. Selon Lejeune et Dupont (2021), les consonnes non voisées /s/ et /ʃ/ sont respectivement situées dans la zone de 6000 à 8000 Hz et dans la zone de 3000 à 5000 Hz. Cela coïncide avec la fréquence des acouphènes des patients 1, 2 et 3 qui se situaient respectivement à 6284 Hz, 7172 Hz, 4290 Hz, soit dans les sons aigus. Ainsi, même si les sonorisations n'étaient pas au plus proche de la fréquence des acouphènes des patients, elles balayaient majoritairement le spectre des hautes fréquences. En revanche, la littérature scientifique actuelle ne permet pas de fournir une explication claire concernant l'exacerbation de la perception de l'intensité des acouphènes avec ces mêmes consonnes non modulées et ciblées à la fréquence des acouphènes. Nous pouvons supposer que cela pourrait être dû à une redirection de l'attention sur les acouphènes, au développement d'un conditionnement négatif envers les sons présentant des caractéristiques communes avec leurs acouphènes (fréquence, caractère constant, reproduction du sifflement des acouphènes avec le phonème /s/). De plus, il est possible que la production d'un son tenu favorise les crispations au niveau de la mâchoire, pouvant accentuer la perception des acouphènes. D'ailleurs, une étude a montré que les contractions forcées de la mâchoire avaient tendance à aggraver les acouphènes, indiquant une modulation somatique des acouphènes appelés dans ce cas somatosensoriels (Won et al., 2013). Néanmoins, ces hypothèses restent spéculatives, en attendant des preuves concrètes dans la littérature pour étayer ces mécanismes.

Plusieurs limites et sources de biais inhérentes à la conception et à la mise en œuvre de cette étude doivent être prises en compte pour interpréter correctement les résultats. Du côté du patient, les données recueillies reposent exclusivement sur des auto-évaluations, elles sont donc difficilement objectivables. De plus, il est possible que l'amélioration ressentie par certains patients soit liée à un effet placebo. Concernant la thérapie, l'approche intégrée complexifie l'attribution de la diminution de la sévérité des acouphènes à un élément spécifique ou à une combinaison d'éléments de la thérapie. En outre, la phase préparatoire portant sur la détente et la respiration peut s'avérer difficile à contrôler en téléconsultation. Au niveau du matériel, malgré l'utilisation de stratégies pour améliorer la précision du spectrogramme à distance, celle-ci peut être affectée par la qualité du microphone, des haut-parleurs et de la connexion internet du patient. De plus, certaines caractéristiques acoustiques, et donc la perception fine des sons, peut être modifiées à travers un équipement numérique. Enfin, bien que l'utilisation du smartphone pour la mesure répétée de l'étude puisse augmenter la validité écologique, elle peut également en diminuer la contrôlabilité.

CONCLUSION

Pour conclure, notre recherche a permis de montrer que la phonation peut influencer la perception des acouphènes. En effet, cette approche expérimentale en musicophonologie rend les patients acteurs de leur prise en soin par l'auto-écoute de phonèmes non voisés combinée à la discrimination proprioceptive articulaire, favorisant le détournement de l'attention des acouphènes et pouvant en diminuer la sévérité. De plus, la production d'IR est possible à la suite de l'auto-écoute de phonèmes émis par le patient. Ceci pouvant fournir un soulagement temporaire, notamment en période de crise, et ce immédiatement et sans aides externes.

Néanmoins, la réplication de l'étude est nécessaire pour mettre en évidence un lien de causalité. Pour des recherches futures, il serait intéressant de proposer cette thérapie avec davantage de patients, sur une période plus longue ou de manière plus intensive pour tenter d'obtenir des effets plus marqués, et d'ajouter une évaluation du maintien des bénéfices de la thérapie sur le long terme. D'autres travaux pourraient également comparer les effets de la thérapie sur la perception des acouphènes selon les profils des patients (ex : avec ou sans surdité, avec ou sans hyperacousie, etc.), selon différents types de phonations (ex : non voisés versus voisés). Enfin, les mécanismes sous-jacents de la production d'IR à partir de la phonation méritent d'être davantage explorés pour potentialiser son efficacité.

Dans cette optique, il serait pertinent que des orthophonistes puissent expérimenter cette approche en musicophonologie pour la prise en soin des patients acouphéniques.

REMERCIEMENTS

Je souhaite exprimer ma sincère reconnaissance envers ma directrice de mémoire, Dr. Isabelle Marié-Bailly, pour sa précieuse expertise, sa bienveillance et sa disponibilité durant l'élaboration de ce projet. Je remercie également Isabelle Cornuau pour le temps qu'elle a consacré à réaliser les tests audiométriques de nos participants, et Robin Guillard, non seulement pour m'avoir permis d'utiliser Siopi, mais aussi pour son aide dans la collecte de données. Un grand merci à Arnaud Norena et Nicolas Dauman pour leur partage d'expertise passionné et enrichissant au sujet des acouphènes. Une mention spéciale aux trois patients, sans qui cette étude n'aurait pas vu le jour. Je ne saurais terminer sans exprimer toute ma gratitude envers mes proches et amis, dont le soutien a été un pilier tout au long de ces années d'études.

Je dédie ce mémoire à Odette, qui restera pour toujours très chère à mon cœur

ATTESTATION DE NON-PLAGIAT

Je soussignée Mélissa JULIANS déclare être pleinement consciente que le plagiat de documents ou d'une partie d'un document publiés sur toutes formes de support, y compris l'Internet, constitue une violation des droits d'auteur ainsi qu'une fraude caractérisée. En conséquence, je m'engage à citer toutes les sources que j'ai utilisées pour écrire ce mémoire.

Signature :

BIBLIOGRAPHIE

- Aazh, H., Baguley, D. M., & Moore, B. C. J. (2019). Factors Related to Insomnia in Adult Patients with Tinnitus and/or Hyperacusis : An Exploratory Analysis. *Journal of the American Academy of Audiology*, 30(09), 802-809. <https://doi.org/10.3766/jaaa.18020>
- Bankstahl, U., & Görtelmeyer, R. (2013). Measuring subjective complaints of attention and performance failures—Development and psychometric validation in tinnitus of the self-assessment scale APSA. *Health and Quality of Life Outcomes*, 11(1), 86. <https://doi.org/10.1186/1477-7525-11-86>
- Borel, S., Gatignol, P., Gros, A., & Tran, T. M. (2022). *Manuel de recherche en orthophonie*. De Boeck Supérieur.
- Borel, S., & Leybaert, J. (2020). *Surdités de l'enfant et de l'adulte : Bilans et interventions orthophoniques*. De Boeck supérieur.
- Cederroth, C. R., Gallus, S., Hall, D. A., Kleinjung, T., Langguth, B., Maruotti, A., Meyer, M., Norena, A., Probst, T., Pryss, R., Searchfield, G., Shekhawat, G., Spiliopoulou, M., Vanneste, S., & Schlee, W. (2019). Editorial : Towards an Understanding of Tinnitus Heterogeneity. *Frontiers in Aging Neuroscience*, 11, 53. <https://doi.org/10.3389/fnagi.2019.00053>
- D. P., S., T., L., B., T., M. A., P., K., K., C. M., S., & G. D., S. (2015). Multisensory attention training for treatment of tinnitus. *Scientific Reports*, 5(1), 10802. <https://doi.org/10.1038/srep10802>
- Dupont, M., & Lejeune, B. (2021). *Surdit  et implant cochl aire : 625 exercices d'entraînement auditif* (3e  d). Elsevier Masson.
- Figueiredo, R. R., De Azevedo, A. A., & De Mello Oliveira, P. (2009). Correlation analysis of the visual-analogue scale and the Tinnitus Handicap Inventory in tinnitus patients. *Brazilian Journal of Otorhinolaryngology*, 75(1), 76-79. [https://doi.org/10.1016/S1808-8694\(15\)30835-1](https://doi.org/10.1016/S1808-8694(15)30835-1)
- Fournier, P., Cuvillier, A.-F., Gallego, S., Paolino, F., Paolino, M., Quemar, A., Londero, A., & Norena, A. (2018). A New Method for Assessing Masking and Residual Inhibition of Tinnitus. *Trends in Hearing*, 22, 233121651876999. <https://doi.org/10.1177/2331216518769996>
- Galazyuk, A. V., Voytenko, S. V., & Longenecker, R. J. (2017). Long-Lasting forward Suppression of Spontaneous Firing in Auditory Neurons : Implication to the Residual Inhibition of Tinnitus. *Journal of the Association for Research in Otolaryngology*, 18(2), 343-353. <https://doi.org/10.1007/s10162-016-0601-9>
- Ghulyan-Bédikian, V., Paolino, M., Giorgetti-D'Esclercs, F., & Paolino, F. (2010). Propri t s psychom triques d'une version française du Tinnitus Handicap Inventory. *L'Enc phale*, 36(5), 390-396. <https://doi.org/10.1016/j.encep.2009.12.007>

- Ioannidis, J. P. A. (2018). The Proposal to Lower P Value Thresholds to .005. *JAMA*, 319(14), 1429. <https://doi.org/10.1001/jama.2018.1536>
- Krasny-Pacini, A., & Evans, J. (2018). Single-case experimental designs to assess intervention effectiveness in rehabilitation : A practical guide. *Annals of Physical and Rehabilitation Medicine*, 61(3), 164-179. <https://doi.org/10.1016/j.rehab.2017.12.002>
- Kratochwill, T. R., Hitchcock, J., Horner, R. H., Levin, J. R., Odom, S. L., Rindskopf, D. M., & Shadish, W. R. (2010). *Single-case designs technical documentation*. What Works Clearinghouse. http://ies.ed.gov/ncee/wwc/pdf/wwc_scd.pdf
- Langguth, B., Kreuzer, P. M., Kleinjung, T., & De Ridder, D. (2013). Tinnitus : Causes and clinical management. *The Lancet Neurology*, 12(9), 920-930. [https://doi.org/10.1016/S1474-4422\(13\)70160-1](https://doi.org/10.1016/S1474-4422(13)70160-1)
- Lee, J. B., & Cherney, L. R. (2018). Tau-U : A Quantitative Approach for Analysis of Single-Case Experimental Data in Aphasia. *American Journal of Speech-Language Pathology*, 27(1S), 495-503. https://doi.org/10.1044/2017_AJSLP-16-0197
- Lima, D. O., Araújo, A. M. G. D. D., Branco-Barreiro, F. C. A., Carneiro, C. D. S., Almeida, L. N. A., & Rosa, M. R. D. D. (2020). Auditory attention in individuals with tinnitus. *Brazilian Journal of Otorhinolaryngology*, 86(4), 461-467. <https://doi.org/10.1016/j.bjorl.2019.01.011>
- Manolov, R., Moeyaert, M., & Evans, J. (2016). *Single-case data analysis : Software resources for applied researchers*. <https://doi.org/10.13140/RG.2.1.3981.7766>
- Manolov, R., & Solanas, A. (2018). Analytical Options for Single-Case Experimental Designs : Review and Application to Brain Impairment. *Brain Impairment*, 19(1), 18-32. <https://doi.org/10.1017/BrImp.2017.17>
- Marié-Bailly, I., & Varquet, H. (2020). De la musicothérapie à la musico-phonologie à distance. *Revue française de musicothérapie*, 39(1). <https://hal.science/hal-03432603>
- Mavrogeni, P., Maihoub, S., Tamás, L., & Molnár, A. (2022). Tinnitus characteristics and associated variables on Tinnitus Handicap Inventory among a Hungarian population. *Journal of Otology*, 17(3), 136-139. <https://doi.org/10.1016/j.joto.2022.04.003>
- Menin-Sicard, A. (2021). *Fiche Thérapeutique n°16—La Rééducation vocale en téléconsultation*. <https://sante.gerip.com>
- Nair, G. (1999). *Voice Tradition and Technology : A State-of-the-art Studio*. Singular Publishing Group.
- Parker, R. I., Vannest, K. J., Davis, J. L., & Sauber, S. B. (2011). Combining Nonoverlap and Trend for Single-Case Research : Tau-U. *Behavior Therapy*, 42(2), 284-299. <https://doi.org/10.1016/j.beth.2010.08.006>

- Perez-Carpena, P., Bibas, A., Lopez-Escamez, J. A., Vardonikolaki, K., & Kikidis, D. (2021). Systematic review of sound stimulation to elicit tinnitus residual inhibition. In *Progress in Brain Research* (Vol. 262, p. 1-21). Elsevier. <https://doi.org/10.1016/bs.pbr.2021.01.020>
- Prabhu, P., & Nagaraj, M. K. (2020). Development and validation of Hyperacusis Handicap Questionnaire in individuals with tinnitus associated with hyperacusis. *Journal of Otology*, 15(4), 124-128. <https://doi.org/10.1016/j.joto.2019.12.004>
- Schneider, D. M., & Mooney, R. (2018). How Movement Modulates Hearing. *Annual Review of Neuroscience*, 41(1), 553-572. <https://doi.org/10.1146/annurev-neuro-072116-031215>
- Searchfield, G. D., Spiegel, D. P., Poppe, T. N. E. R., Durai, M., Jensen, M., Kobayashi, K., Park, J., Russell, B. R., Shekhawat, G. S., Sundram, F., Thompson, B. B., & Wise, K. J. (2021). A proof-of-concept study comparing tinnitus and neural connectivity changes following multisensory perceptual training with and without a low-dose of fluoxetine. *International Journal of Neuroscience*, 131(5), 433-444. <https://doi.org/10.1080/00207454.2020.1746310>
- Straka, G. (1965). *Album phonétique*. Presses de l'Université Laval.
- Tarlow, K. R. (2016). *Baseline corrected Tau calculator*. <http://www.ktarlow.com/stats/tau>
- Tate, R. L., & Perdices, M. (2019). *Single-Case Experimental Designs for Clinical Research and Neurorehabilitation Settings : Planning, Conduct, Analysis and Reporting* (1^{re} éd.). Routledge. <https://doi.org/10.4324/9780429488184>
- Tate, R. L., Perdices, M., Rosenkoetter, U., McDonald, S., Togher, L., Shadish, W., Horner, R., Kratochwill, T., Barlow, D. H., Kazdin, A., Sampson, M., Shamseer, L., & Vohra, S. (2016). The Single-Case Reporting Guideline In BEhavioural Interventions (SCRIBE) 2016 : Explanation and elaboration. *Archives of Scientific Psychology*, 4(1), 10-31. <https://doi.org/10.1037/arc0000027>
- Tate, R. L., Perdices, M., Rosenkoetter, U., Wakim, D., Godbee, K., Togher, L., & McDonald, S. (2013). Revision of a method quality rating scale for single-case experimental designs and *n* -of-1 trials : The 15-item Risk of Bias in *N* -of-1 Trials (RoBiNT) Scale. *Neuropsychological Rehabilitation*, 23(5), 619-638. <https://doi.org/10.1080/09602011.2013.824383>
- Vannest, K. J., Parker, R. I., Gonen, O., & Adiguzel, T. (2016). *Single Case Research : Web based calculators for SCR analysis* (Version 2.0) [Logiciel]. Texas A&M University. <http://singlecaseresearch.org>
- Won, J. Y., Yoo, S., Lee, S. K., Choi, H. K., Yakunina, N., Le, Q., & Nam, E.-C. (2013). Prevalence and Factors Associated with Neck and Jaw Muscle Modulation of Tinnitus. *Audiology and Neurotology*, 18(4), 261-273. <https://doi.org/10.1159/000351685>

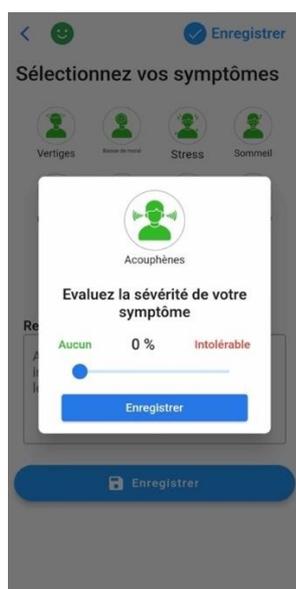
ANNEXES

Annexe A - Données démographiques et cliniques des patients de l'étude

Patient	Patient 1	Patient 2	Patient 3
Âge	50 ans	52 ans	52 ans
Sexe	Femme	Homme	Femme
Apparition des acouphènes	Depuis 20 ans	Depuis 35 ans	Depuis octobre 2022
Description des symptômes	Bilatéraux, en continu, type sifflement	Bilatéraux, en continu, type sifflement	Bilatéraux, en continu, type chuintement
Fréquence des acouphènes	6284 Hz	7172 Hz	4290 Hz
Facteurs causaux	Otospongiose	Traumatisme sonore	Traumatisme sonore
Perte auditive associée	Bilatérale légère à modérée dans les basses et moyennes fréquences ; sévère dans les hautes fréquences	Bilatérale légère dans les hautes fréquences (8000 Hz)	Bilatérale légère dans les hautes fréquences (entre 1500 et 4000 Hz)
Appareillage	Oui (contour d'oreille)	Non	Non
Hyperacousie	Non	Oui	Non
Stress/Anxiété	Oui	Oui	Oui
Trouble du sommeil	Oui	Non	Oui
Trouble de l'articulation temporo-mandibulaire	Serrage des dents	Hypertonie à gauche	Hypertonie à gauche
Douleurs autres	Migraines, douleurs cervicales	Céphalées	

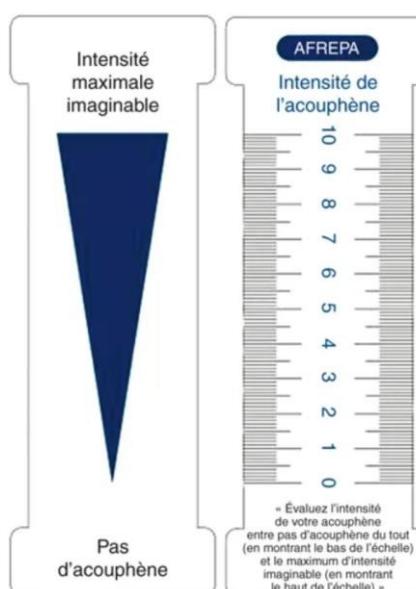
Annexe B - Présentation des échelles visuelles analogiques (EVA) de l'étude

Mesure de la sévérité des acouphènes



EVA sur l'application mobile Siopi

Mesure de l'inhibition résiduelle



EVA-i mise à disposition des patients

Annexe C - Présentation du Tinnitus Handicap Inventory (THI)

TINNITUS HANDICAP INVENTORY (THI)

Version française validée par Ghulyan-Bédikian et coll.(2010)*

	ITEM	REPONSE		
		4	2	0
1F.	A cause de votre acouphène, vous est-il difficile de vous concentrer ?	OUI	PARFOIS	NON
2F.	A cause de l'intensité de votre acouphène, vous est-il difficile d'entendre les personnes qui vous entourent ?	OUI	PARFOIS	NON
3E.	Votre acouphène vous rend-il agacé ?	OUI	PARFOIS	NON
4F.	Vous sentez-vous l'esprit confus(e) à cause de votre acouphène ?	OUI	PARFOIS	NON
5K.	A cause de votre acouphène vous sentez-vous désespéré(e) ?	OUI	PARFOIS	NON
6E.	Vous plaignez-vous beaucoup de votre acouphène ?	OUI	PARFOIS	NON
7F.	A cause de votre acouphène, avez-vous du mal à trouver le sommeil la nuit ?	OUI	PARFOIS	NON
8C.	Avez-vous le sentiment de ne pas pouvoir vous libérer de votre acouphène ?	OUI	PARFOIS	NON
9F.	Votre acouphène interfère-t-il dans votre plaisir à pratiquer des activités sociales (aller au restaurant, au cinéma...) ?	OUI	PARFOIS	NON
10E.	A cause de votre acouphène, vous sentez-vous frustré(e) ?	OUI	PARFOIS	NON
11C.	A cause de votre acouphène, avez-vous le sentiment d'être atteint(e) d'une maladie grave ?	OUI	PARFOIS	NON
12F.	A cause de votre acouphène vous est-il difficile de profiter pleinement de la vie ?	OUI	PARFOIS	NON
13F.	Votre acouphène interfère-t-il dans vos responsabilités au travail ou à la maison ?	OUI	PARFOIS	NON
14E.	Pensez-vous que vous êtes souvent irritable à cause de votre acouphène ?	OUI	PARFOIS	NON
15F.	A cause de votre acouphène, vous est-il difficile de lire ?	OUI	PARFOIS	NON
16E.	Est-ce votre acouphène qui vous empêche de profiter de votre vie ?	OUI	PARFOIS	NON
17E.	Pensez-vous que votre problème d'acouphène a instillé un stress dans vos relations avec les membres de votre famille et vos amis ?	OUI	PARFOIS	NON
18F.	Est-il difficile de vous concentrer sur ce que vous faites ?	OUI	PARFOIS	NON
19C.	Pensez-vous ne pas avoir de contrôle sur votre acouphène ?	OUI	PARFOIS	NON
20F.	A cause de votre acouphène, vous sentez-vous souvent fatigué(e) ?	OUI	PARFOIS	NON
21E.	A cause de votre acouphène, vous sentez-vous déprimé(e) ?	OUI	PARFOIS	NON
22E.	Votre acouphène vous rend-il anxieux(se) ?	OUI	PARFOIS	NON
23C.	Pensez-vous ne plus pouvoir faire face à votre acouphène ?	OUI	PARFOIS	NON
24F.	Votre acouphène s'aggrave-t-il quand vous êtes stressé(e) ?	OUI	PARFOIS	NON
25E.	Votre acouphène vous donne-t-il un sentiment d'incertitude ?	OUI	PARFOIS	NON
TOTAL				

SCORE TOTAL (faites le total du nombre de points et comparez le résultat par rapport aux niveaux ci-dessous)

De 0 à 16	Handicap léger (uniquement perceptible dans un environnement calme)	NIVEAU 1
De 18 à 36	Handicap modéré (faiblement couvert par des sons provenant de l'environnement et faiblement gênant les activités)	NIVEAU 2
De 38 à 56	Handicap moyen (souvent en présence d'un bruit de fond ; les activités quotidiennes peuvent malgré tout être effectuées)	NIVEAU 3
De 58 à 76	Handicap lourd (presque toujours perceptible, conduit au dérèglement des activités du sommeil et est susceptible de porter atteinte aux activités quotidiennes)	NIVEAU 4
De 76 à 100	Handicap invalidant (très gênant, troubles du sommeil dérégulés, difficultés rencontrées pour toute activité)	NIVEAU 5

F = sous-échelle fonctionnelle - E = sous-échelle **émotionnelle** - C = sous-échelle catastrophique :
score total : F E C

*Pneumatisme psychométriques d'une version française du Tinnitus Handicap Inventory. Ghulyan-Bédikian, U. Pedino. F. Giorgianni D'Escleres, F. Peolino. L'Encéphale (2010) 36,390-390

Annexe D - Scores bruts de la mesure répétée

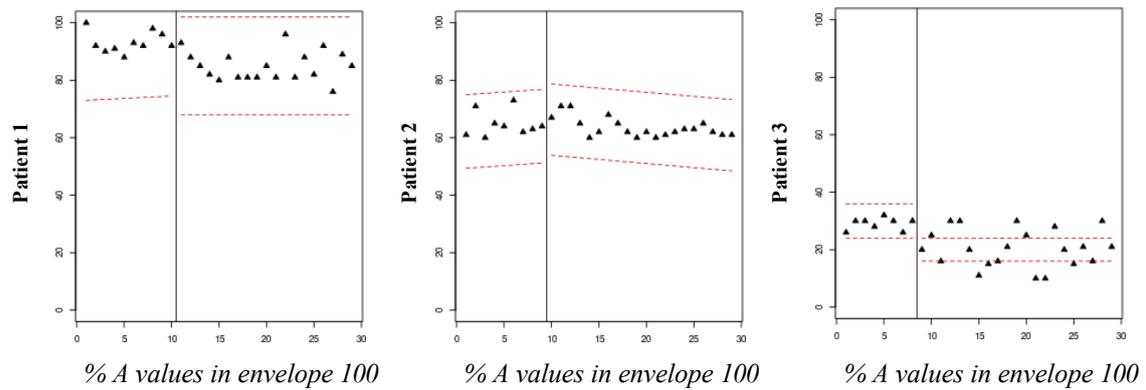
Score	Phase	Score	Phase	Score	Phase
100	A	61	A	26	A
92	A	71	A	30	A
90	A	60	A	30	A
91	A	65	A	28	A
88	A	64	A	32	A
93	A	73	A	30	A
92	A	62	A	26	A
98	A	63	A	30	A
96	A	64	A	20	B
92	A	67	B	25	B
93	B	71	B	16	B
88	B	71	B	30	B
85	B	65	B	30	B
82	B	60	B	20	B
80	B	62	B	11	B
88	B	68	B	15	B
81	B	65	B	16	B
81	B	62	B	21	B
81	B	60	B	30	B
85	B	62	B	25	B
81	B	60	B	10	B
96	B	61	B	10	B
81	B	62	B	28	B
88	B	63	B	20	B
82	B	63	B	15	B
92	B	65	B	21	B
76	B	62	B	16	B
89	B	61	B	30	B
85	B	61	B	21	B
<i>Moyenne phase A : 93.20</i> <i>Moyenne phase B : 84.95</i>		<i>Moyenne phase A : 64.78</i> <i>Moyenne phase B : 63.55</i>		<i>Moyenne phase A : 64.78</i> <i>Moyenne phase B : 63.55</i>	

Patient 1

Patient 2

Patient 3

Annexe E - Stabilité de la ligne de tendance des patients 1, 2 et 3



Annexe F - Scores bruts des mesures secondaires

- Mesure de généralisation : Scores bruts au THI

		Phase de sélection	Pré-thérapie	Post-thérapie
Patient 1	Score totale	72	68	36
	Fonctionnel		34	22
	Émotionnel		22	14
	Catastrophique		12	4
Patient 2	Score totale	58	54	56
	Fonctionnel		22	22
	Émotionnel		18	18
	Catastrophique		16	14
Patient 3	Score totale	22	16	34
	Fonctionnel		6	14
	Émotionnel		10	14
	Catastrophique		2	6

- **Mesure d'inhibition résiduelle : Scores bruts à l'EVA-i**

		Consonne non voisée /s/ ou /ʃ/ modulée en fréquence		Consonne non voisée /s/ ou /ʃ/ non modulée et à la fréquence des acouphènes			
		Phonème choisi	EVA-i avant	EVA-i après	Phonème choisi	EVA-i avant	EVA-i après
Patient 1	Séance 1	/ʃ/	9	9	/ʃ/	9	9
	Séance 2	/s/	9	8	/s/	9	10
	Séance 3	/s/	8	7	/s/	8	8,5
	Séance 4	/s/	9	7	/ʃ/	9	10
	Séance 5	/ʃ/	9	7	/ʃ/	9	10
	Séance 6	/s/	10	8	/s/	10	7
	Séance 7	/s/	10	0	/s/	10	0
Patient 2	Séance 1	/s/	6,5	6,3	/s/	6,5	6,7
	Séance 2	/ʃ/	6	6	/s/	6	6
	Séance 3	/ʃ/	5,8	5,8	/s/	5,8	5,8
	Séance 4	/s/	6,2	6,1	/s/	6,2	6,4
	Séance 5	/ʃ/	6	6,1	/ʃ/	6	6,1
	Séance 6	/s/	6,2	6,1	/s/	6,2	6,4
	Séance 7	/ʃ/	6,5	6,3	/s/	6,5	6,5
Patient 3	Séance 1	/ʃ/	2	2	/ʃ/	2	2
	Séance 2	/ʃ/	1	0,5	/s/	1	1
	Séance 3	/ʃ/	1	0,5	/s/	1	2
	Séance 4	/ʃ/	1	0,2	/ʃ/	1	1,8
	Séance 5	/ʃ/	2	0,5	/ʃ/	2	2,5
	Séance 6	/ʃ/	2	0,5	/s/	2	3
	Séance 7	/ʃ/	1	0,5	/ʃ/	1	1,5

- **Mesure contrôle : Score brut à l'épreuve informatisée des Blocs de Corsi**

	Scores pré-thérapie		Scores post-thérapie	
	Empan endroit	Empan envers	Empan endroit	Empan envers
Patient 1	6	4	5	5
Patient 2	6	5	5	4
Patient 3	4	3	3	3