

Neurofeedback dynamique non linéaire : une nouvelle approche du traitement des acouphènes par neuromodulation cérébrale

ALDO MESSINA, GIORGIO RAPONI, MARIANNA FRANCO, MICHELA MARIA DI NARDO

RÉSUMÉ : LE **neurofeedback dynamique non linéaire : une nouvelle approche du traitement des acouphènes par modulation cérébrale.**

ALDO MESSINA, GIORGIO RAPONI, MARIANNA FRANCO, MICHELA MARIA DI NARDO

Nous présentons les résultats préliminaires de notre recherche multicentrique Palerme-Milan visant à évaluer l'efficacité d'un nouvel outil thérapeutique utile aux patients souffrant d'acouphènes, le Neurofeedback dynamique non linéaire. Cela prend la forme d'une neuromodulation de l'activité électrique du cerveau, dont nous supposons qu'elle peut améliorer la perception des acouphènes et des symptômes psychophysiques associés. Il s'agit d'une sorte d'entraînement qui permet au cerveau d'autoréguler son activité et de l'optimiser. Afin d'évaluer son efficacité, nous soumettons des patients volontaires diagnostiqués avec des acouphènes à une série de sessions de Neurofeedback dynamique non linéaire, et nous recueillons des données à partir de mesures audiométriques et de questionnaires d'auto-évaluation sur le handicap causé par les acouphènes, le niveau de préoccupation pathologique, la dépression, l'anxiété, le stress et la qualité du sommeil. Les résultats que nous présentons ici, bien qu'ils doivent encore être vérifiés sur un plus grand échantillon, sont prometteurs et semblent confirmer la particularité de cette technique, à savoir qu'elle repose sur les principes cardinaux de l'activité cérébrale, de l'autorégulation, de la neuroplasticité et de l'apprentissage.

RÉSUMÉ : LE **neurofeedback dynamique non linéaire : une nouvelle approche du traitement des acouphènes par neuromodulation cérébrale.**

ALDO MESSINA, GIORGIO RAPONI, MARIANNA FRANCO, MICHELA MARIA DI NARDO

Nous présentons les résultats préliminaires de notre recherche multicentrique Palerme-Milan qui vise à évaluer l'efficacité d'un nouvel outil thérapeutique utile aux patients souffrant d'acouphènes, le Neurofeedback Dynamique Non-Linéaire. Il en résulte une neuromodulation de l'activité électrique du cerveau, dont nous supposons qu'elle est capable d'améliorer la perception des acouphènes et les symptômes psychophysiques qui y sont liés. Il s'agit d'une sorte d'entraînement qui permet au cerveau d'autoréguler son activité en l'optimisant. Pour évaluer son efficacité, nous soumettons des patients volontaires, diagnostiqués comme souffrant d'acouphènes, à une série de séances de Neurofeedback dynamique non linéaire, et nous recueillons des données à partir de mesures audiométriques et de questionnaires d'auto-évaluation concernant le handicap causé par les acouphènes, le niveau d'inquiétude pathologique, la dépression, l'anxiété, le stress et la qualité du sommeil. Les résultats que nous illustrons, même s'ils doivent être vérifiés sur un échantillon plus large, sont prometteurs et semblent confirmer la particularité de cette technique qui repose sur les principes cardinaux de l'activité cérébrale, de l'autorégulation, de la neuroplasticité et de l'apprentissage.

MOTS CLÉS : Neurofeedback - acouphènes - THI. Neurofeedback - acouphènes - THI.

Introduction

L'objectif de la recherche est de proposer et d'offrir un nouvel outil thérapeutique aux patients souffrant d'acouphènes, en évaluant l'efficacité d'un nouvel "appareil" qui crée une neuromodulation de l'activité électrique du cerveau, c'est-à-dire un *neurofeedback* dynamique non linéaire. Cela permet d'améliorer non seulement la perception des acouphènes, mais aussi les symptômes connexes tels que la dépression, l'anxiété, le stress et les troubles du son. L'hypothèse est qu'une série de séances de *neurofeedback* dynamique non linéaire conduira à une diminution de la perception des acouphènes, conduisant également à une amélioration de l'état psychophysique. L'*acouphène* (*tinnitus*) est initialement défini

comme "la perception d'un son en l'absence de stimulation sonore" (Jastreboff, 1991), ensuite

Spécialiste en audiologie, Chef de l'unité d'audiologie, AOU Policlinico 'Paolo Giaccone' Palermo
Auteur pour la correspondance : Aldo Messina, e-mail : aldo_odecon@libero.it

comme "la perception d'un son donnée exclusivement par l'activité au sein du système nerveux central en l'absence de toute activité vibratoire, mécanique au sein de la cochlée et non liée à une stimulation externe quelconque" (Jastreboff, 1995). Il est généralement admis que, dans la plupart des cas, il s'agit d'une "perception illusoire" similaire à celle qui se produit pour le système somatosensoriel dans le cas de la perception du membre fantôme chez les amputés. À la lumière des plus récentes découvertes neurophysiologiques concernant la fonction auditive, les acouphènes peuvent être définis comme "une dispersion sensorielle des voies auditives, que l'on peut classer dans le domaine des hallucinoses, causée par des phénomènes neuroplastiques avec l'implication du système limbique, en particulier de l'amygdale" (A. Messina, 2017). Selon l'une des classifications les plus convaincantes, basée sur la pathogénie (Cuda, 2004), les acouphènes peuvent être distingués en :

- *acouphène de désafférentation*, acouphène caractérisé par une stabilité temporelle in-, acouphène dépendant et sensibilisé par le stimulus acoustique
- *acouphènes à modulation cross-modale*, acouphènes d'origine et

entretenus par les réactions oxydatives et immunologiques induites par le stress psychologique, les acouphènes psychiatriques.

Plusieurs études ont démontré l'association étroite entre les acouphènes et les troubles psychologiques (Adoga et al., 2008 ; Harter et al., 2004 ; Reynolds et al., 2004 ; Londero et al., 2006), montrant que les acouphènes provoquent une détresse qui entraîne une détérioration du bien-être psychologique et entrave le plaisir quotidien des personnes concernées. 10 à 74 % des patients souffrant d'acouphènes chroniques souffrent de troubles dépressifs et 28 à 49 % de symptômes anxieux (Eun-Young J, Ji-Hyun Y, 2016). Cependant, on ne sait toujours pas si c'est l'acouphène qui produit les troubles mentaux ou si ce sont les troubles mentaux qui produisent l'acouphène. Gerhard A, et al. (2016) affirment que "les acouphènes sont mieux conceptualisés dans une perspective biopsychosociale, où les variables biologiques, psychologiques et sociales sont prises en compte pour comprendre comment et quand les acouphènes deviennent un problème". La question est de savoir si les personnes souffrant de troubles de l'humeur ou de difficultés affectives sont plus vulnérables aux acouphènes ou vice versa, c'est-à-dire que ce sont les acouphènes qui provoquent les troubles de l'humeur (Eun-Young J, Ji-Hyun Y, 2016). Récemment, les facteurs psychologiques ont été considérés non seulement en termes de comorbidité des acouphènes, mais aussi comme des mécanismes fondamentaux à l'origine du maintien des acouphènes. D'autres arguments en faveur d'un rôle des facteurs psychologiques dans les acouphènes proviennent du succès des thérapies psychologiques qui ciblent l'anxiété et les peurs liées aux acouphènes afin de briser le cercle vicieux, réduisant ainsi le renforcement négatif du son acouphénique. En particulier, les thérapies cognitivo-comportementales se sont avérées efficaces pour réduire la conscience et l'impact des acouphènes sur la vie des gens (Cima et al., 2012). Langguth et al. (2012) ont récemment prouvé l'existence de trois réseaux fonctionnels d'acouphènes : un réseau de détresse, un réseau d'attention et un réseau de mémoire. Le réseau de détresse peut être déclenché par la douleur, des stimuli auditifs réels ou fantômes, ou d'autres sensations (Langguth et al., 2012 ; Leaver et al., 2012) et comprend plusieurs structures limbiques telles que l'amygdale, le cortex cingulaire antérieur, l'hippocampe, le cortex orbitofrontal et le cortex insulaire antérieur. Le réseau d'attention, qui rend le patient " conscient " des stimuli auditifs fantômes, implique le cortex cingulaire antérieur, le cortex insulaire antérieur, l'amygdale et l'hippocampe (Jastreboff, 1990 ; Moller, 2003 ; Lockwood et al, 1998 ; Shulman, 1995), tandis que le réseau de la mémoire, bien que comprenant principalement l'hippocampe et l'amygdale, est considéré comme ex-essentiel pour l'apprentissage et le conditionnement du comportement de menace. L'implication de ces réseaux n'est pas suffisante pour expliquer le développement de la perception initiale du fantôme en soi, mais ils sont considérés comme essentiels pour le développement des acouphènes conscients et chroniques et, éventuellement, de leurs complications. Les résultats de la recherche menée par Krysta et al. (2016) indiquent que les symptômes dépressifs médient le cercle vicieux du maintien des acouphènes : cela suggère que les symptômes dépressifs jouent un rôle clé dans la facilitation de la nature chronique des acouphènes et peuvent soutenir l'apparition et le renforcement continu des deux voies du " cercle vicieux " (acouphènes et dépression). De plus, les pensées dépressives peuvent faire en sorte que le son prenne une signification négative, ce qui provoque la peur et l'anxiété chez les personnes souffrant

d'acouphènes chroniques (Langguth et al., 2011). En outre, les traitements connus pour être efficaces dans la restauration du fonctionnement normal de ces réseaux, tels que la thérapie antidépressive, la stimulation magnétique transcrânienne et la thérapie cognitivo-comportementale, ont montré des effets positifs dans la modification ou l'atténuation des symptômes des acouphènes (Cima et al., 2012 ; Meeus et al., 2011 ; Vanneste & de Ridder, 2012).

Matériaux et méthodes

Depuis environ un an, nous soumettons un échantillon de patients diagnostiqués avec des acouphènes à une formation de Neurofeedback dynamique non linéaire. Cette méthodologie non invasive et indolore nous permet d'obtenir des informations sur l'activité cérébrale d'un individu et permet au cerveau d'optimiser son activité, produisant ainsi des changements et des améliorations neuro-cognitives. Cette technique s'appuie sur les trois principes suivants qui sous-tendent l'activité cérébrale : autorégulation, neuroplasticité et apprentissage. Selon l'autorégulation ou l'homéostasie dynamique, tout comme le corps régule en permanence ses paramètres (température corporelle, taux de glucose, pression sanguine, etc.), le cerveau possède également ses propres mécanismes d'autorégulation. Grâce à la neuroplasticité, le cerveau change constamment et s'adapte à son environnement. Il est clair que certaines zones du cerveau sont dédiées à des fonctions spécifiques, mais la division en zones fonctionnelles peut changer en cas d'urgence ou de nécessité (par exemple, une personne ayant eu un accident et ayant perdu la moitié de son cerveau a pu réorganiser les fonctions des deux hémisphères dans la zone non affectée par l'accident). La plasticité du cerveau rend possible des changements organisationnels qui permettront un meilleur fonctionnement. En outre, le cerveau est toujours en quête d'apprentissage et est toujours capable d'apprendre, quel que soit son état, et cet apprentissage entraîne des changements organisationnels qui peuvent avoir des effets dans des domaines très différents et réguler d'autres systèmes corporels, car notre cerveau contrôle indirectement ou directement tous les systèmes. Les neurones se renouvellent s'ils sont stimulés, et ce à tout âge, et cette "repousse" procure du bien-être. Dans la deuxième génération, des algorithmes de neurofeedback sont utilisés pour établir les règles selon lesquelles la variabilité est détectée dans les schémas EEG qui se produisent en temps réel et qui indiquent une turbulence ou une instabilité de l'activité électrique corticale. Lorsque les algorithmes détectent une variabilité excessive ou une complexité réduite, indiquant que le système nerveux central (SNC) est sorti de sa plage d'activité optimale, des *rétroactions* sont déclenchées pour encourager le cerveau à se réinitialiser et, avec le temps, à s'autocorriger. La répétition de ce *feedback*, souvent en dessous de la conscience, permet de revenir à de meilleurs points de départ et, séance après séance, d'optimiser le SNC de sorte que les schémas dysrégulateurs sont abandonnés et, par conséquent, les symptômes aussi (Alan Bachers, 2010). Au cours d'une séance de *Neurofeedback* dynamique non linéaire, le formateur applique des capteurs sur les oreilles et la boîte crânienne pour analyser l'activité électrique du cerveau du patient sur une plage de fréquences allant de 0 à 42 Hz ; cette plage est analysée en 8 sous-sections, ou intervalles de fréquence pour chaque hémisphère. Seize intervalles sont donc scannés et analysés en même temps et le *retour d'information* peut se faire sur l'un d'entre eux ou sur tous en même temps. Les capteurs, qui ne servent que de récepteurs, sont reliés à un amplificateur qui transforme le signal pour qu'il puisse être lu par l'ordinateur. L'entraînement dure environ 33 minutes, pendant lesquelles le patient écoute de la musique avec des écouteurs. Le patient est détendu, aucun effort mental ou concentration intense n'est requis. Le logiciel reçoit l'électroencéphalogramme en temps réel et recherche les signaux d'erreur ou d'incohérence dans le cerveau qui correspondent généralement à une variation

une amplitude marquée et soudaine. Au moment où ces erreurs ou incohérences sont enregistrées, la musique est interrompue pendant une fraction de seconde. Le cerveau, interrompu, part à la recherche de la cause de cette interruption. Le cerveau n'aime pas les interruptions mais s'attend à un flux continu et, dès que quelque chose d'inattendu est détecté, la réponse d'orientation est déclenchée. L'événement inattendu est évalué comme inoffensif, mais l'activité en cours est alors comme suspendue et le cerveau peut prendre le relais en se corrigeant immédiatement pour se stabiliser à nouveau dans sa zone de confort. Les interruptions ultérieures génèrent autant de corrections neuronales. De nouvelles connexions synaptiques sont établies, remplaçant les connexions déficientes. Séance après séance, ces centaines, puis ces milliers de micro-réorganisations favorisent un meilleur fonctionnement du système nerveux du patient. Chaque session est unique et ne peut être répétée, car le système s'adapte à chaque cerveau et à son état particulier à ce moment-là. La population étudiée se compose de patients masculins et féminins âgés de 18 à 75 ans ayant une histoire clinique d'acouphènes. La recherche est toujours en cours et fait partie d'une étude multicentrique impliquant le service d'audiologie de l'hôpital universitaire "Paolo Giaccone" de Palerme, dirigé par le Dr Aldo Messina et la clinique otoneurologique ambulatoire de Milan du Dr Giorgio Raponi. Nous recueillons les données des mesures audiométriques et des questionnaires d'auto-évaluation THI, PSWQ, DASS21 et PSQI aux moments suivants : T0 (avant l'entraînement simulé qui établit la valeur de contrôle de base), T1 (après l'entraînement simulé et avant l'entraînement standard), T2 (après 10 sessions standard) et T3 (après 20 sessions standard). Le THI (Newman, Jacobson et Spitzer, 1996) est divisé en cinq classes : FAIBLE (score de 0 à 16), FAIBLE (score de 18 à 36), MODÉRÉ (score de 38 à 56), SÉVÈRE (score de 58 à 76), CATASTROPHIQUE (score de 78 à 100). Le PSWQ (Meyer, Miller, Metzger et Borkovec, 1990) contient 16 items, qui ne se réfèrent pas au contenu des inquiétudes du sujet, mais à des caractéristiques du fait même de l'inquiétude, indépendamment de sa raison. Le PSWQ est une mesure de trait : il concerne l'habitude de s'inquiéter de manière générale, indépendamment des moments, quelles que soient les situations. L'inquiétude est mesurée sur quatre niveaux : TRÈS FAIBLE (score 0-16), FAIBLE (score 17-37), MODÉRÉ (score 38-59), ÉLEVÉ (score 60-80). Le DASS (Lovibond & Lovibond, 1995) est en version réduite avec 21 items, sur les trois aspects dépression, anxiété et stress. Pour chaque aspect, l'évaluation est codée avec 5 classes : NORMAL (score : dépression 0-4, anxiété 0-3,

stress 0-7), LIEVE (score : dépression 5-6, anxiété 4-5, stress 8-9), MODÉRÉ (score : dépression 7-10, anxiété 6-7, stress 10-12), GRAVE (score : dépression 11-13, anxiété 8-9, stress 13-16), TRÈS SÉVÈRE (score : dépression 14+, anxiété 10+, stress 17+). Enfin, le questionnaire PSQI indique des troubles du sommeil si le score obtenu est égal ou supérieur à 5.

Résultats

Les résultats présentés ici font référence à l'échantillon partiel recruté jusqu'à la fin du mois de mai 2018 sur les deux sites de Palerme et de Milan. Sur les 45 patients recrutés au total, 58% étaient des hommes et âgés de 23 à 75 ans.

L'échantillon déclare en moyenne un handicap modéré (point THI moyen = 51) :

Tableau 1 - Distribution des scores THI au temps T0 dans l'échantillon partiel recruté jusqu'à la fin du mois de mai 2018.

Classe THI (handicap causé par les acouphènes)	100% = 45 Patients au temps T0
Grade 1 Pauvre	2%
Grade 2 Léger	27%
Grade 3 Modéré	31%
Grade 4 Sévère	24%
Catastrophique de niveau 5	16%

La tendance à la préoccupation pathologique est en moyenne modérée (score moyen PSWQ = 49) :

Tableau 2 - Distribution des scores PSWQ au temps T0 dans l'échantillon partiel recruté jusqu'à la fin du mois de mai 2018.

Classe PSWQ (niveau de préoccupation)	100% = 45 patients au moment T0
Très faible	0%
Faible	20%
Modéré	64%
Haut	16%

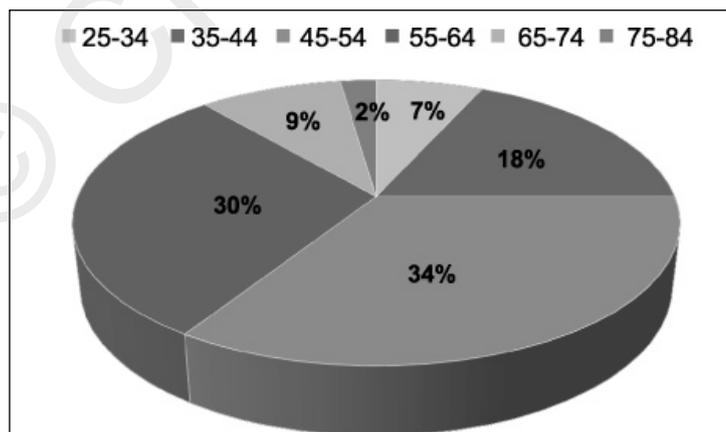


Figure 1 - Répartition par âge (en années révolues) dans l'échantillon partiel recruté jusqu'à fin mai 2018.

En outre, sur la base du questionnaire DASS21, on a constaté un léger niveau de dépression (score moyen = 6), un niveau modéré d'anxiété (score moyen = 6) et un léger niveau de stress (score moyen = 9) :

Tableau 3 - Distribution du score de dépression DASS au temps T0 dans l'échantillon partiel recruté jusqu'à fin mai 2018.

Classe DASS (niveau de dépression)	100% = 45 Patients au temps T0
Normal	42%
Léger	18%
Modéré	20%
Sévère	11%
Très sérieux	9%

Tableau 4 - Distribution du score d'anxiété DASS au temps T0 dans l'échantillon partiel recruté jusqu'à fin mai 2018.

Classe de DASS (niveau d'anxiété)	100% = 45 Patients au temps T0
Normal	33%
Léger	29%
Modéré	13%
Sévère	9%
Très sérieux	16%

Tableau 5 - Distribution du score de stress DASS au temps T0 dans l'échantillon partiel recruté jusqu'à fin mai 2018.

Classe de DASS (niveau de stress)	100% = 45 patients au temps T0
Normal	56%
Léger	7%
Modéré	9%
Sévère	20%
Très sérieux	9%

Enfin, la *qualité du sommeil* est mauvaise (score ≥ 5) pour 77% des patients.

Sur les 45 patients recrutés, 29 ont suivi la formation et ont rempli tous les questionnaires.

Tableau 6 - % de changement dans le score moyen de THI *par rapport* à T0.

T1	T2	T3
-12%	-17%	-17%

Remarque : étant donné la taille encore réduite de l'échantillon, la signification statistique des différences entre le score moyen aux temps T1, T2 et T3 *par rapport* à T0 n'est pas vérifiée.

Tableau 7 - % de changement dans le score moyen PSWQ *par rapport* à T0.

T1	T2	T3
-3%	-4%	-4%

Remarque : étant donné la taille encore réduite de l'échantillon, la signification statistique des différences entre le score moyen aux temps T1, T2 et T3 *par rapport* à T0 n'est pas vérifiée.

Tableau 8 - % de changement du score PSQI moyen *par rapport* à T0.

T1	T2	T3
-17%	-22%	-26%

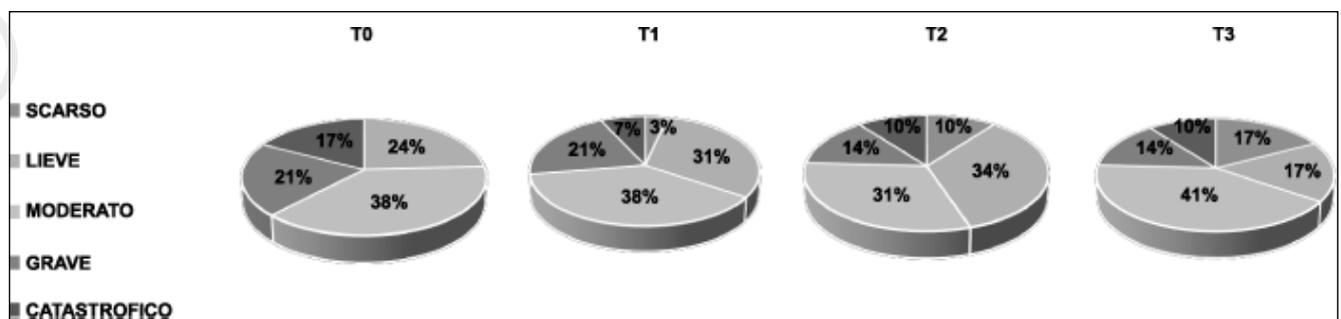
Tableau 9 - % de changement dans le score moyen DASS Dépression vs. T0.

T1	T2	T3
-13%	-51%	-56%

Remarque : étant donné la taille encore réduite de l'échantillon, la signification statistique des différences entre le score moyen aux temps T1, T2 et T3 *par rapport* à T0 n'est pas vérifiée.

Tableau 10 - Variation en % du score moyen d'anxiété DASS *par rapport* à T0.

T1	T2	T3
-16%	-55%	-57%



Neurofeedback *dynamique non linéaire* : une nouvelle approche du traitement des acouphènes par neuromodulation
Figure 2 - Distribution du score THT dans l'échantillon partiel qui a terminé le cycle de neurofeedback dynamique non linéaire à la fin du mois de mai 2018 : comparaison entre les temps T0, T1, T2 et T3.

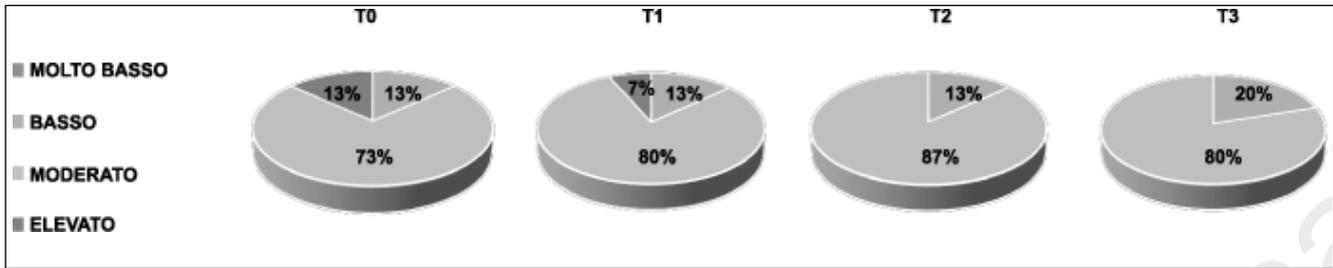


Figure 3 - Distribution du score PSWQ dans l'échantillon partiel qui avait terminé le cycle de *neurofeedback* dynamique non linéaire à la fin du mois de mai 2018 : comparaison des temps T0, T1, T2 et T3.

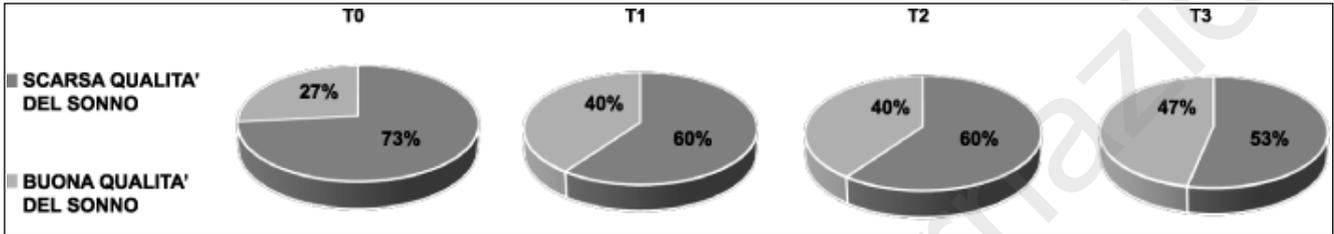


Figure 4 - Distribution du score PSQI dans l'échantillon partiel qui a terminé le cycle de *neurofeedback* dynamique non linéaire à la fin du mois de mai 2018 : comparaison entre les temps T0, T1, T2 et T3.

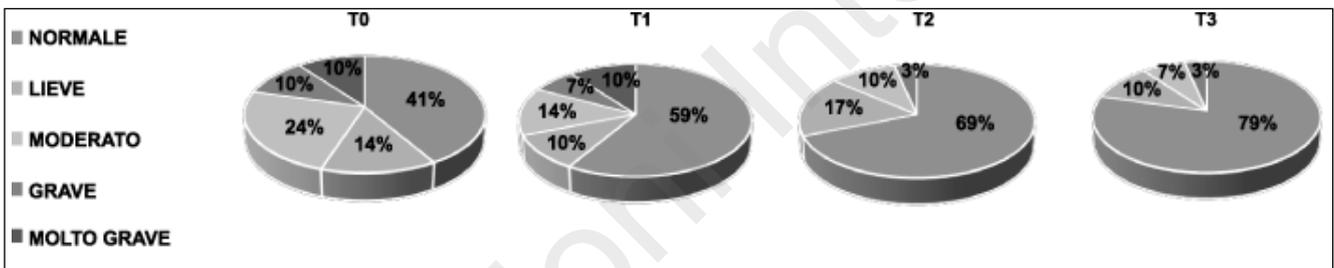


Figure 5 - Distribution du score de dépression DASS dans l'échantillon partiel qui a terminé le cycle de *neurofeedback* dynamique non linéaire à la fin du mois de mai 2018 : comparaison des temps T0, T1, T2 et T3.

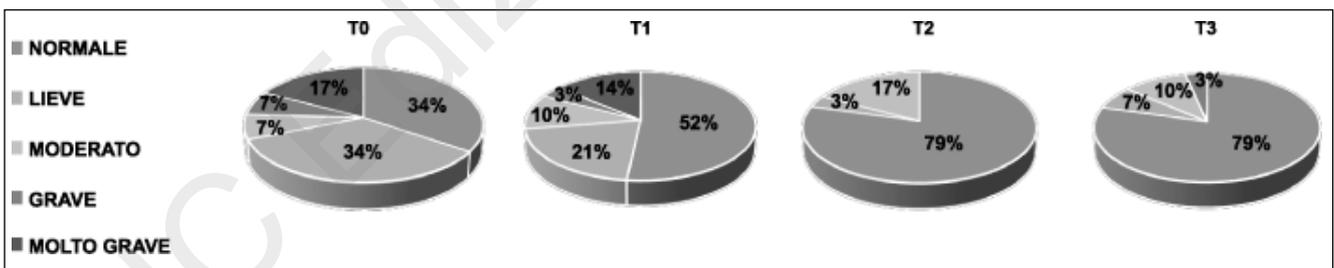


Figure 6 - Distribution du score d'anxiété DASS dans l'échantillon partiel ayant terminé le cycle de *neurofeedback* dynamique non linéaire à la fin du mois de mai 2018 : comparaison entre les temps T0, T1, T2 et T3.

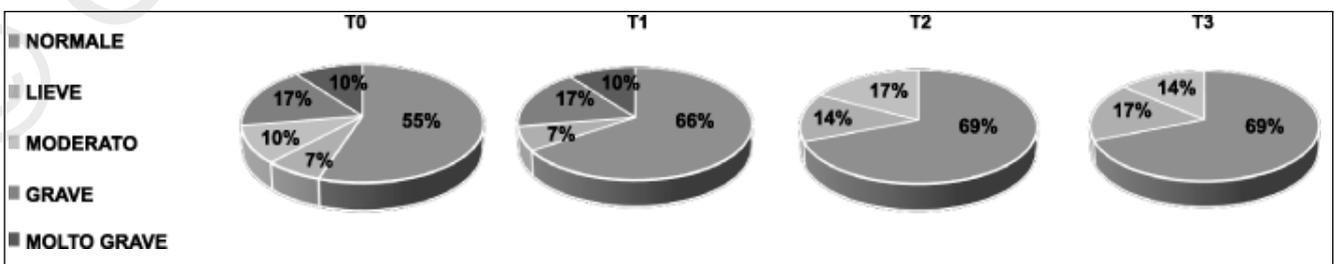


Figure 7 - Distribution du score de stress DASS dans l'échantillon partiel qui avait terminé le cycle de *neurofeedback* dynamique non linéaire à la fin du mois de mai 2018 : comparaison entre les temps T0, T1, T2 et T3.

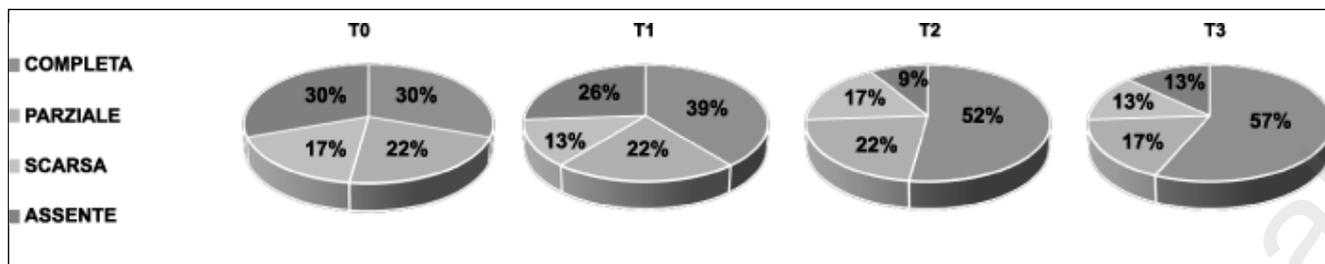


Figure 8 - Distribution de l'inhibition résiduelle (le "résidu" de l'acouphène après l'administration d'une tonalité masquante pendant une minute) chez le cam-pion partiel qui a terminé le cycle de *neurofeedback* dynamique non linéaire à la fin du mois de mai 2018 : comparaison des temps T0, T1, T2 et T3.

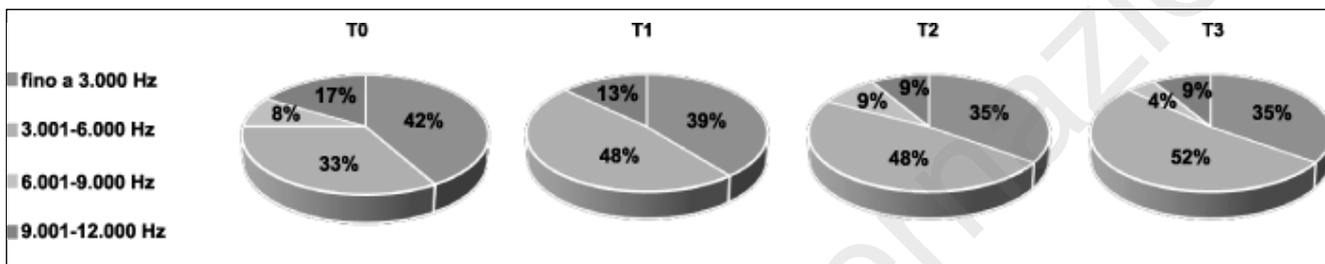


Figure 9 - Distribution de l'intensité du tangage dans l'échantillon partiel qui a terminé le cycle de *neurofeedback* dynamique non linéaire à la fin du mois de mai 2018 : comparaison des temps T0, T1, T2 et T3.

Tableau 11 - Variation en % du score moyen de stress DASS *par rapport* à T0.

T1	T2	T3
-10%		

Remarque : étant donné la taille encore réduite de l'échantillon, la signification statistique des différences entre le score moyen aux temps T1, T2 et T3 *par rapport* à T0 n'est pas vérifiée.

Tableau 12 - % de changement dans l'acuféno-métrie moyenne (moyenne des fréquences de 250Hz à 8000Hz et moyenne de l'oreille droite et de l'oreille gauche dans le cas d'acouphènes bilatéraux) vs T0.

T1	T2	T3
-12%	-17%	-19%

Remarque : En raison de la taille encore réduite de l'échantillon, la signification statistique des différences entre le score moyen aux temps T1, T2 et T3 *par rapport* à T0 n'est pas vérifiée.

Conclusions

L'étude que nous avons entreprise avec le *neurofeedback* dynamique non linéaire NeurOptimal® représente, selon les données présentées ci-dessus, une contribution précieuse à l'échantillon examiné de patients acuféno-pathes. L'effet positif du *neurofeedback* sur les patients souffrant d'acouphènes réside dans sa capacité à réduire la perception de l'acouphène et l'attention paradoxale qui lui est portée, ce qui constitue le point crucial du traitement de ce trouble. Par conséquent, le *neurofeedback* dynamique non linéaire peut être considéré comme un complément ou, dans certains cas, comme un substitut à la TRT, en particulier chez les patients normo-entendants, car l'objectif du traitement est similaire à la TRT,

bien qu'avec un mécanisme d'action complètement différent basé sur la modulation de l'activité cérébrale plutôt que sur la modulation sonore du cerveau.

A. Messina et al.

acouphènes. Cette étude est pour l'instant préliminaire, mais les résultats encourageants qu'elle a fournis nous incitent à augmenter la taille de l'échantillon, ce qui soutiendra la signification statistique des résultats. Une étude plus approfondie se concentrera ensuite sur les *clusters* identifiés sur la base de la classification selon Cuda (2004), notamment en ce qui concerne les catégories "acouphènes de désafférentation", "acouphènes de modulation cross-modale" et "acouphènes de stress psychologique".

Nous tenons à remercier la société S.I.N.D. NEUROTTIMO SRL SB et son associé fondateur Francesco Lanza, qui ont soutenu ce protocole de recherche depuis sa conception et ont joué un rôle important d'intermédiaire avec l'Institut Zengar, propriétaire de NeurOptimal®.

Bibliographie

- Adoga AA, Obindo JT. L'association entre les acouphènes et les maladies mentales. Intech. 2013.
- Ambrosetti U, Fagnani E, Ambrosoli M. L'acufene e l'orecchio. Dans : L. Del Bo (Ed.). 2009.
- Baguley DM, Andersson G, McKenna L, McFerran DJ. Tinnitus : A multidis- ciplinary approach, 2nd Ed. Chichester, UK : Wiley. 2013.
- Cima RF, Maes IH, Joore MA, Scheyen DJ, Refaie El A, Baguley DM, Ante- unis LJ, Van Breukelen GJ, Vlaeyen JW. Traitement spécialisé basé sur la thérapie cognitivo-comportementale versus la prise en charge des acouphènes : un essai randomisé con- trolé. Lancet. 2012;379:1951-1959.
- Cuda D. Épidémiologie et classification des acouphènes. Dans 'Acouphènes : diagnostic et traitement' par Cuda D. Cahiers de mise à jour monographique. A, OOI. 2004;41-50.
- Del Bo L. Acouphènes. Causes, diagnostic, thérapies. Milan : Tecniche nuove. 2016;3- 21.
- Eun-Young J, Ji-Hyun Y. The role of Psychological Factors in Tinnitus. Hanyang Medical Reviews. 2016;36:92-98.
- Gerhard A, Hesser H, McKenna L. Psychological Mechanisms and Tinnitus. Dans : Acouphènes. Perspectives cliniques et de recherche. Baguley DM, Fagelson M, San Diego, Plural Publishing. 2016.
- Hallam RS, Rachman S, Hinchcliffe R. Psychological aspects of tinnitus. Dans : Rachman. 1984.
- Hear Res. 2016 Apr;334:37-48.

- Husain FT. Réseaux neuronaux des acouphènes chez l'homme : élucidation de la sévérité et de l'habituation. 2016.
- Jastreboff PJ. Perception auditive fantôme (acouphènes) : Mécanismes de génération et de perception. Recherche en neurosciences. 1990;8(4):221-254.
- Kraus KS, Canlon B. Connexion neuronale et interaction entre les systèmes auditifs et limbiques. Effet du bruit et des acouphènes. *Écoutez. Res.* 2012;88:34-46.
- Krysta J Trevis, Neil M McLachlan, Sarah J Wilson. 'Psychological mediators today chronic tinnitus : The critical role of depression in Journal of Affective Disorders'. 2016;234-240.
- Lagguth B, Landgrebe M, Kleinjung T, Sand GP, Hajak G. Tinnitus and depression. 2011.
- Langguth B, Schecklmann M, Lehner A, et al. 'Neuroimaging and neuro-modulation : complementary approaches for identifying The neuronal correlates of tinnitus. *Avant. Syst. Neurosci.* 2012;6:15.
- Langguth B, Schecklmann M, Lehner A. Neuroimagerie et neuromodulation : approches complémentaires pour identifier les corrélats neuronaux du tinnitus. *Front Syst Neurosci* 2012;6:15.
- Lovibond SH, Lovibond PE. Manuel pour la dépression, l'anxiété et le stress
- Échelles (deuxième édition) Fondation pour la psychologie. 1995.
- Meyer TJ, Miller ML, Metzger RL, Barkaoc TD. Développement et validation du Penn state Worry Questionnaire. *Behavior Research and Therapy.* 1990;21:487-496.
- Moller AR. Physiopathologie des acouphènes. *Otolaryngol. Clin. N. Am.* 2003;36:249-266.
- Monti JM, Monti D. Les troubles du sommeil dans le trouble anxieux généralisé et leur traitement. 2000;263-276.
- Newman CW, Jacobson GP, Spitzer JB. Développement de l'inventaire handi- cap des acouphènes. *Otolaryngol Head Neck Surg.* 1996;122(2):143-148.
- Pascale V. Neurofeedback : outils, méthodes et applications. 2017.
- Rachman S. (Ed.), Contributions à la psychologie médicale. Oxford, R.U. 1990;31-53.
- Sanchez L. L'épidémiologie des acouphènes. *Audiological Med.* 2004;2:8-17.
- Storb SH, Strahl HM. Thérapie cognitive de groupe pour les acouphènes - une rétrospection Étude de leur efficacité. *Latyngo Rhino Otol.* 2006;85(7):506-511.
- Torricelli L. Aspects psychologiques des acouphènes. Dans "Acufeni : Diagnosi e Terapia" par Cuda D. TorGraf. 2004.
- World J Biol Psychiatry. 2011 Oct;12(7):489-500.