

UNIVERSITE MONTPELLIER 1 – UFR Sciences Pharmaceutiques et Biologiques

**CENTRE DE RECHERCHES, D' ETUDES ET DE FORMATION EN
AUDIOPROTHESE**

Mémoire de fin d'études
pour l'obtention

du Diplôme d'Etat d'Audioprothésiste

**Appareillage auditif, acouphène et plasticité centrale :
Influence d'un appareillage auditif sur les caractéristiques
psychoacoustiques des acouphènes**

Présenté le 17 Octobre 2005 devant le jury d'examen

par

M. Morgan Potier

Référents :

Dr Arnaud Norena
UMR CNRS 5020
Neurosciences & Systèmes Sensoriels
Université Claude Bernard Lyon 1

Mr Stéphane Gallégo
Docteur en Sciences
Audioprothésiste
Lyon

A mes parents et mon frère, sans qui rien n'aurait été possible.

A mon grand père, pour sa présence permanente.

A Lucie, pour ce qu'elle est...

- Sommaire -

Liste des principales abréviations	p. 1
Introduction	p. 2
1. Les acouphènes : quelques rappels	p. 3
1.1. Définitions	p. 3
1.2. Rappel historique	p. 3
1.3. Epidémiologie / Prévalence	p. 4
1.4. Caractéristiques psychoacoustiques	p. 5
1.4.1. La sonie	p. 6
1.4.2. La hauteur	p. 6
1.4.3. Niveau minimum de masquage de l'acouphène	p. 6
1.4.4. Inhibition résiduelle de l'acouphène	p. 6
1.5. Mécanismes physiopathologiques potentiels des acouphènes	p. 8
♦ Les mécanismes dits « périphériques »	p. 8
♦ Les mécanismes dits « centraux »	p. 8
1.6. Approches thérapeutiques	p. 10
1.7. Les traitements acoustiques	p. 10
1.7.1. Un peu d'histoire	p. 10
1.7.2. Les différents types d'instruments	p. 11
➤ Les générateurs de bruit blanc	p. 11
➤ Les appareils combinant ACA et générateur de bruit	p. 11
➤ Les générateurs de bruit d'ambiance	p. 12
➤ Les appareils de correction auditive	p. 12
1.8. Etat des lieux de la recherche	p. 12
1.9. Etat des lieux Audioprothétique	p. 13

2. Matériels et méthodes	p. 14
• Sujets	p. 14
↳ Critères d'inclusion et d'exclusion	p. 14
↳ Recrutement	p. 14
• Matériels	p. 15
• Réglementation, autorisation, législation	p. 15
❖ La notice d'information	p. 15
❖ Le consentement de participation	p. 16
• Méthodes	p. 16
• Présentation des différents tests	p. 16
• Chronologie de l'étude	p. 17
2.1. Les tests psychoacoustiques	p. 17
2.1.1. Seuil tonal absolu	p. 17
2.1.2. L'acouphénométrie	p. 19
2.1.2.1. Sonie de l'acouphène	p. 20
2.1.2.2. Spectre de l'acouphène	p. 21
2.1.3. Niveau minimum de masquage de l'acouphène	p. 24
2.1.4. Inhibition résiduelle de l'acouphène	p. 26
2.2. Les questionnaires et autres outils d'évaluation	p. 27
2.2.1. Les questionnaires	p. 27
2.2.1.1. La sévérité de l'acouphène : Subjective Tinnitus Severity Scale	p. 28
2.2.1.2. Le handicap engendré par l'acouphène : Tinnitus Handicap Questionnaire	p. 29
2.2.1.3. La sensibilité auditive : Hearing Sensitivity Questionnaire	p. 29
2.2.2. Les autres outils	p. 30
2.2.2.1. L'échelle visuelle analogique	p. 30
2.2.2.2. Le tableau de suivi de port des ACA	p. 31
Informations diverses	p. 31

3. Résultats	p. 32
4. Discussion	p. 44
Conclusion	p. 50
Bibliographie	p. 51
Annexes	p. 55
Remerciements	p. 65
Index	p. 66

- LISTE DES PRINCIPALES ABREVIATIONS -

ACA : Appareil de Correction Auditive.

CAE : Conduit Auditif Externe.

CCE : Cellule Ciliée Externe.

CCI : Cellule Ciliée Interne.

CCPPRB : Comité Consultatif de Protection des Personnes dans la Recherche Biomédicale.

CNRS : Centre National de Recherche Scientifique.

dB : Décibel, unité sans dimension qui sert à exprimer le rapport de deux grandeurs de même nature dans une échelle logarithmique.

dB HL : Décibel « Hearing Loss ».

dB SPL : Décibel « Sound Pressure Level ».

DDP : Durée De Port des ACA.

EVA : Echelle Visuelle Analogique prenant la forme d'une règle sans graduations et sans extremums, permettant de mesurer l'intensité de l'acouphène.

FC : Fréquence Caractéristique.

GBB : Générateur de Bruit Blanc.

HSQ : Hearing Sensitivity Questionnaire : Questionnaire à dimension psychologique cherchant à estimer la sensibilité auditive du sujet acouphénique.

Hz : Hertz, unité de fréquence qui doit son nom au physicien allemand Heinrich Rudolf Hertz (1857-1894).

IR : Inhibition résiduelle de l'acouphène.

LGOB : Loudness Grow in Octave Band : test permettant d'évaluer la sonie dans la dynamique du sujet.

NMM : niveau minimum de stimulation acoustique permettant le masquage de l'acouphène.

OD : Oreille Droite.

OG : Oreille Gauche.

STSS : Subjective Tinnitus Severity Scale : Questionnaire estimant la sévérité de l'acouphène en termes d'intrusion, de dominance et de détresse.

TCI : Tinnitus Control Instrument.

THQ : Tinnitus Handicap Questionnaire : Questionnaire conçu pour mesurer le degré perçu par le patient du handicap de son acouphène.

Introduction :

Les acouphènes ne sont pas nouveaux. Ils font souffrir un grand nombre d'individus... bien plus encore que ce que l'on imagine : on connaît forcément une ou plusieurs personnes atteintes par le phénomène. L'acouphène peut être défini comme la perception d'un son ne prenant pas naissance dans une vibration sonore du monde extérieur.

Est-ce que je n'entendrai plus ces bruits dans mes oreilles avec vos appareils ?

Cette question est certainement celle que les audioprothésistes entendent le plus lorsqu'ils appareillent des malentendants acouphéniques.

Alors que l'acouphène est régulièrement rencontré et côtoyé dans l'activité professionnelle des audioprothésistes, peu d'entre eux s'y intéressent réellement.

Ce désintéressement est certainement la résultante de plusieurs facteurs : la méconnaissance encore actuelle de ses mécanismes physiopathologiques, la diversité de formes qu'il peut revêtir, la complexité pour aborder le phénomène d'un point de vue prothétique...

Mais le vieillissement de la population, l'augmentation de l'espérance de vie et l'exposition grandissante à des niveaux sonores de plus en plus élevés sont autant d'éléments qui permettent d'imaginer l'augmentation de sa prévalence dans les années à venir.

Ces éléments seront aussi à l'origine d'une augmentation du nombre de malentendants qui aura statistiquement plus de « chance » à avoir un acouphène associé à leur surdité.

Quelle place l'appareillage auditif prendra t-il dans la prise en charge de l'acouphène ?

En d'autres mots, si l'on connaissait précisément l'impact que possède un appareillage auditif sur l'acouphène, il pourrait peut être, en attendant que la recherche avance, devenir un des éléments thérapeutiques de sa prise en charge.

Nous nous proposons donc d'étudier et d'essayer de quantifier, l'influence d'un appareillage auditif sur les caractéristiques psychoacoustiques des acouphènes.

Après un rappel global sur les acouphènes, nous présenterons la méthode utilisée avant de dégager les premiers résultats.

1. Les acouphènes : quelques rappels

1.1. Définitions

Étymologiquement parlant, l'acouphène vient du grec *akouein* (= entendre) et *phainein* (= paraître). L'acouphène se définit donc comme une perception auditive par un sujet, en l'absence de toute stimulation acoustique concomitante dans l'environnement. Cette perception auditive fantôme peut être localisée dans les oreilles (une seule ou les deux) mais peut également être centrée au niveau de la boîte crânienne sans avoir une latéralité nette.

L'acouphène n'est pas à proprement parlé une hallucination auditive. Il se distingue de celle-ci par le contenu rudimentaire de la sensation perçue ; en effet, les acouphènes ressemblent dans la grande majorité, à des sifflements. Ils se distinguent aussi des hallucinations auditives par la prise de conscience du patient quant à l'origine de cette perception : le sujet souffrant d'acouphènes reconnaît que les sons perçus ne correspondent à aucune réalité extérieure, alors que lors d'hallucination auditive, le sujet est convaincu de leur existence réelle extérieure.

Pour décrire au mieux ce « bruit » intérieur que les sujets systématisent mal et qui les obsède tant, les acouphéniques utilisent une richesse d'expression variable, évoquant un chuintement, un tintement, un grésillement ou même le « chant des cigales »...

Si les Anglo-Saxons désignent les acouphènes par le terme de Tinnitus (*tinnir* = tinter, mot d'origine latine introduit par Pline l'Ancien au 1^{er} siècle après *Jésus-Christ*), en France le terme de sifflement d'oreille ou de bourdonnement d'oreille est fréquemment utilisé par les acouphéniques mais aussi par les praticiens (même si ces termes préjugent d'une tonalité particulière que n'a pas toujours l'acouphène).

Rappelons que l'on distingue deux formes d'acouphène : les acouphènes objectifs et les acouphènes subjectifs. Les acouphènes objectifs, les moins nombreux, résultent d'une pathologie objectivable : anomalies vasculaires, contractions anormales des muscles de la sphère ORL, hypertension artérielle... En revanche, on parle d'acouphènes subjectifs lorsque leur origine n'est pas objectivable. En effet, l'origine de ces acouphènes subjectifs, les plus fréquents, peut se situer à n'importe quel niveau des voies auditives depuis le CAE jusqu'au cortex auditif.

L'acouphène est donc bien un symptôme et non une pathologie.

1.2. Rappel historique

L'aperçu historique qui suit ne cherche pas à rendre compte de la totalité des recherches et descriptions touchant les acouphènes (ceci aurait été trop long et hors propos du cadre d'un mémoire d'Audioprothèse) mais cherche plutôt à retranscrire l'intérêt et le regard que les hommes ont portés sur ce symptôme et ce, depuis si longtemps.

En se référant à la bibliographie, il est évident de constater que ce symptôme est extrêmement ancien puisqu'il fut décrit très tôt dans l'histoire au travers des civilisations :

Le plus ancien document trouvé à ce sujet fait probablement partie de la période Babylonienne : parmi les nombreuses tablettes qui constituaient la « librairie » du roi Assurbanipal (668-626 avant *Jésus-Christ*), quatre d'entre elles concernaient les pathologies de l'oreille et leurs symptômes, l'acouphène y est notamment décrit.

Plus tard, le grand philosophe Hippocrate (400 ans avant *Jésus-Christ*), qui en souffrait les a bien décrit et les mentionna dans son ouvrage « Corpus Hippocratium ».

Comme dit précédemment, c'est au 1^{er} siècle après *Jésus-Christ* qu'apparu un nouveau terme latin pour qualifier ce mal : « tinnitus ». Ce terme inventé par Plin l'Ancien, médecin, historien et naturaliste, sera dorénavant repris par les Anglo-Saxons pour nommer les acouphènes.

En Occident et dès le XI^{ème} siècle, des écoles de médecine émergent à Salerne en Italie et à Montpellier en France. Les innovations de cette dernière, particulièrement en matière d'otologie, sont nombreuses. On peut y voir s'illustrer leurs représentants les plus célèbres : Arnaud de Villeneuve (1245-1315), Bernard de Gordon (1250-1320) ou même Gui de Chauliac (1300-1368) qui donneront ultérieurement, pour la plupart, leurs noms à des hôpitaux de la ville.

Bien plus proche de nous en 1868, J. Toynbee, célèbre otologiste, meurt à 51 ans des suites d'une inhalation de chloroforme et d'acide prussique qu'il pratiquait sur lui-même, afin de soulager son bourdonnement d'oreille.

On pourrait encore évoquer plusieurs acouphéniques célèbres : L. Van Beethoven (1770-1827), atteint de surdité et qui cherchait à la fin de sa vie « à vaincre le fracas des tintements qui le mortifiaient », ou même Céline (1894-1961) qui décrivait ses acouphènes comme « des trains qui lui passaient dans la tête », mais aussi J.J Rousseau (1712-1778), V. Van Gogh (1853-1890) qui s'automutila vers la fin de sa vie (en 1888) en s'arrachant le pavillon de l'oreille suite à un accès de folie, afin de mettre un terme aux souffrances que lui occasionnaient ses acouphènes...

On peut donc s'apercevoir que ce symptôme n'est pas nouveau, qu'il a toujours préoccupé les hommes et que sa complexité a pu laisser perplexe ceux qui s'y sont intéressés.

Ce rappel synthétique nous montre aussi à quel point les idées sur les acouphènes ont pu progressivement évoluer au cours des siècles, d'une vision purement magique qui peut nous faire sourire aujourd'hui, à un ensemble plus proche des concepts médicaux et scientifiques actuels.

Bien que d'énormes progrès dans la compréhension des acouphènes aient été réalisés, il faut avouer que la connaissance sur leurs origines n'est toujours pas clairement identifiée même si les techniques modernes d'explorations devraient sans nul doute lever quelques incertitudes en donnant des éléments de réponse.

1.3. Epidémiologie / Prévalence

En France, les études épidémiologiques sur les acouphènes sont plutôt rares. Les principales études épidémiologiques sur le sujet (et transposables en France) ont été réalisées dans les pays anglo-saxons. Leur but est de connaître la prévalence de ce symptôme en fonction de variables diverses : démographiques (âge, sexe...), audiolologiques (perte auditive...) ou autres. Les données épidémiologiques ainsi recueillies permettent d'illustrer l'importance du phénomène en terme de santé publique.

De manière générale, on peut estimer que 8 à 10 % de la population adulte d'un pays économiquement développé (tel que le Royaume-Uni ou la France), est touché par un acouphène (Coles, 1984).

Les études effectuées mettent en exergue l'importance significative de plusieurs facteurs : la perte auditive, l'âge, le bruit et les facteurs socioéconomiques.

Le facteur commun qui paraît corrélérer le plus la présence d'acouphène est sans doute la perte auditive (Sirimanna *et al.*, 1996) : 92% des acouphéniques présentent une perte auditive associée. Notons aussi que lors d'un traumatisme sonore acoustique, il s'en suit dans la totalité des cas l'apparition d'un acouphène (Mrena *et al.*, 2002). Le travail dans le bruit augmente la prévalence de 7,5% si l'exposition professionnelle a été nulle ou faible, à 20,7% si le sujet a été exposé à un bruit important durant la vie active (Dauman, 1997).

Dans l'ensemble, même si les hommes paraissent légèrement plus affectés par le symptôme que les femmes (Brown, 1990), le facteur démographique le plus significatif est sans doute l'âge. En effet, même si l'acouphène peut survenir à n'importe quel âge, l'étude de Brown montre que le symptôme affecte principalement les sujets âgés (65-74 ans) avec un âge moyen d'apparition autour de 50 ans. Ceci corrobore l'argument associant acouphène et perte auditive puisque cette tranche d'âge est, comme nous le savons, touchée par une perte auditive liée à leur âge : la presbycusie.

L'âge, l'exposition au bruit et les facteurs socioéconomiques paraissent donc agir par l'intermédiaire de la perte auditive qu'ils favorisent. Cette observation renforce donc l'idée selon laquelle tout processus capable d'occasionner une surdité est probablement aussi en mesure de provoquer un acouphène. Ainsi, plus les dommages sur l'appareil auditif sont marqués, plus la perte auditive est importante, et plus la probabilité d'avoir des acouphènes gênants est grande.

1.4. Caractéristiques psychoacoustiques

L'étude des caractéristiques perceptives de l'acouphène, appelé aussi acouphénométrie permet de distinguer les quatre attributs perceptifs des acouphènes :

- ◆ La hauteur, caractérisé par la fréquence ;
- ◆ Le timbre ;
- ◆ La sonie ;
- ◆ La localisation.

En outre, l'étude de la masquabilité de l'acouphène par des stimuli tels que des bruits ou des sons purs fait également partie de l'acouphénométrie.

Les intérêts de l'acouphénométrie sont multiples et divers, mais on peut dégager les points les plus importants suivants :

- L'acouphénométrie est un moyen simple et non invasif pour tenter de catégoriser les différents types d'acouphènes (puisque'ils peuvent être sous-tendus par diverses pathologies), mais aussi pour fournir des informations sur les mécanismes physiologiques qui sous-tendent les acouphènes (et donc de mieux connaître ce symptôme).

- L'acouphénométrie peut aussi, en suivant l'évolution des acouphènes, permettre de quantifier et d'évaluer l'efficacité des différentes approches thérapeutiques.

1.4.1. La sonie

La sonie de l'acouphène, ou sensation d'intensité subjective, est l'un des facteurs primordial pour les cliniciens et les acouphéniques afin de mieux cerner le symptôme.

Dès 1983, une étude a montré que dans la plupart des cas, le niveau de l'acouphène (exprimé en niveau de sensation : dB SL) était compris entre 5 et 10 dB SL au dessus du seuil d'audition (Cazals et Bourdin, 1983).

1.4.2. La hauteur

La mesure de la hauteur de l'acouphène (son spectre) est aussi un élément essentiel dans la connaissance du symptôme. Les nombreux outils permettant cette mesure reposent essentiellement sur deux façons d'appréhender la composition de l'acouphène : soit l'acouphène est considéré comme un son pur ; soit comme un son complexe.

Bien qu'un grand nombre d'études montrent que la hauteur de l'acouphène est généralement élevée (Stouffer et Tyler, 1990 ; Geoffroy et Chéry-Croze, 1999 ; Henry *et al.*, 1999 ; Vernon, 1991 ; Cazals et Bourdin, 1983), la méthode d'ajustement utilisée pour déterminer précisément cette hauteur donne des écarts relativement importants (Burns, 1984 ; Norton *et al.*, 1990).

Certains auteurs ont donc essayé d'utiliser des sons complexes, plutôt que des sons purs, pour estimer la hauteur de l'acouphène (Hazell, 1981 ; Penner, 1993). L'utilisation de cette méthode montrent que les sons complexes synthétisés selon les indications du sujet étaient jugés plus ressemblants à l'acouphène que les sons purs censés caractériser la hauteur dominante de l'acouphène (même si la similarité entre le son complexe et l'acouphène n'a jamais été décrite comme totale).

On peut donc dire que, même si l'acouphène semble être un son avec une tonalité dominante, il est probable qu'il s'apparente plus à un son complexe (sorte de bruit à bande étroite) plutôt qu'à un son pur.

1.4.3. Niveau minimum de masquage de l'acouphène

La mesure du niveau minimum de stimulation acoustique requis pour masquer l'acouphène (NMM) de façon partielle ou totale, fait également partie des caractéristiques perceptives mesurables par l'acouphénométrie.

Cette mesure peut donner une indication sur l'éventuelle similarité des processus neurophysiologiques impliqués dans le traitement de l'acouphène avec celui d'un son externe (Tyler, 1991 ; Jastreboff, 1990).

D'après plusieurs études de Mitchell (Mitchell, 1983 ; Mitchell *et al.*, 1991), ce masquage serait possible dans 19% des cas par n'importe quel son, et dans 75% des cas par une stimulation acoustique appropriée (citée par Vernon *et al.*, 1990).

1.4.4. Inhibition résiduelle de l'acouphène

Après l'extinction du son masquant, il est souvent rapporté que la sonie de l'acouphène soit modifiée. Dans la majorité des cas, l'acouphène connaît une réduction partielle ou totale : cet effet est appelé l'inhibition résiduelle.

Il se peut aussi quelque fois qu'après l'arrêt du masqueur, la sonie de l'acouphène augmente :

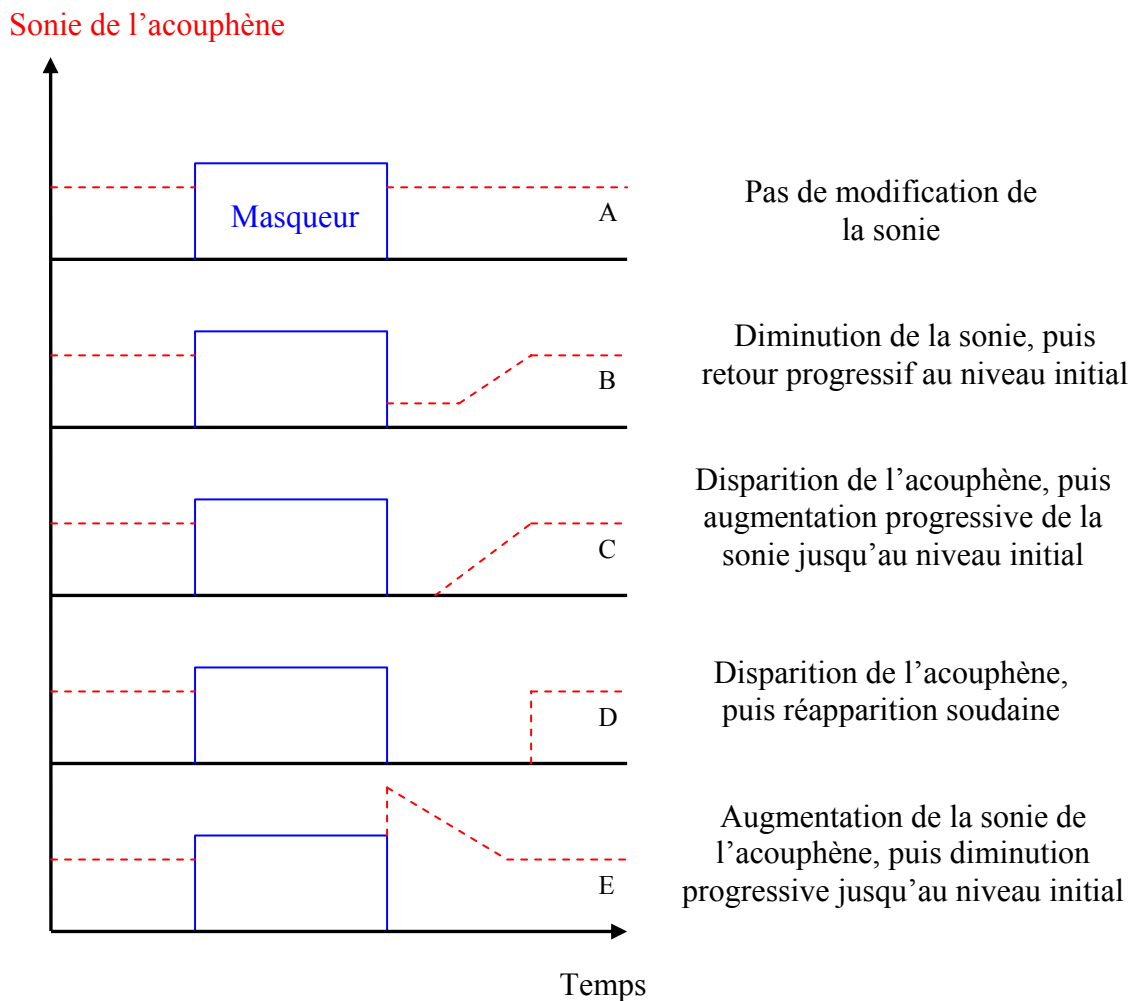


Fig. 1 : Représentation schématique des formes les plus communes de la variation de sonie de l'acouphène après exposition à un masqueur. (d'après Tyler, 1991)

La figure ci-dessus montre les 5 types de modification de la sonie de l'acouphène les plus couramment observés par Tyler *et al.*, après l'arrêt d'un masqueur.

Notons que dans 89 % des cas, les sujets présentent une réduction partielle ou complète de la sonie de l'acouphène après l'exposition au masqueur (cas B, C et D).

1.5. Mécanismes physiopathologiques potentiels des acouphènes

Bien que la connaissance des origines des acouphènes tende à se préciser, il existe toujours diverses hypothèses expliquant leurs existences et leurs mécanismes.

Pour synthétiser et sans rentrer dans le détail, il est possible de catégoriser les mécanismes générateurs de l'acouphène en deux types :

Les mécanismes dits « périphériques » qui induisent une modification des décharges neuronales dès le nerf auditif. Ces processus peuvent se produire au niveau cochléaire, au niveau de la synapse CCI-nerf auditif et au niveau du nerf auditif lui-même (avec diverses hypothèses pouvant expliquer ce modèle : dommages discordants entre CCE et CCI, découplage des stéréocils des CCE avec la membrane tectoriale, implication du système efférent latéral, activation des récepteurs NMDA... : Puel *et al.*, 2002 ; Guitton *et al.*, 2003 ; Pujol et Puel, 1999). Historiquement, les hypothèses concernant ces origines périphériques de l'acouphène sont les plus anciennes et tiennent actuellement une place importante dans l'explication du phénomène. Le détail de ces diverses hypothèses ne sera pas abordé dans ce mémoire pour deux raisons : premièrement, elles n'apporteraient rien qui pourrait être utilisé par la suite ; deuxièmement, la place limitée ne permet pas de les expliquer en totalité sans déformer ou réduire leur contenu.

Mais on voit apparaître depuis quelques années d'autres mécanismes qui pourraient expliquer l'apparition du symptôme : les mécanismes dits « centraux ». Dans ce modèle, l'activité neuronale aberrante sous-tendant l'acouphène n'apparaît qu'au niveau central du système auditif.

Pour résumer, les hypothèses dites périphériques suggèrent des causes strictement périphériques à l'émergence des acouphènes alors que les hypothèses dites centrales postulent que les modifications périphériques ne sont qu'indirectement liées à l'acouphène : ce sont elles qui déclenchent les processus centraux de réorganisation à l'origine de l'apparition de l'acouphène.

En outre, le simple fait que l'acouphène soit une perception consciente, il met en jeu les structures cérébrales liées à « l'interprétation » psychologique d'une perception. Il est donc évident que tout acouphène, d'origine périphérique ou centrale, possède une composante centrale. De toute façon, compte tenu de la très grande hétérogénéité observée dans la population des acouphéniques, il est fort probable que ces divers mécanismes puissent exister voire coexister chez un même individu.

Concernant le modèle central :

Pour les centres, une perte auditive est « vue » comme une diminution des entrées afférentes. Cette diminution des entrées provoque des modifications des centres, telles qu'une diminution de l'inhibition centrale et un démasquage des connexions existantes – i.e. à l'origine de la réorganisation tonotopique (cf figure 2 ci-dessous, représentant l'organisation tonotopique normale et celle modifiée par une perte auditive).

Comme mentionné ci-dessus, l'acouphène est généralement associé à une perte auditive (Sirimanna *et al.*, 1996). Il a donc été suggéré que les acouphènes étaient associés aux modifications centrales induites par une perte auditive. Dans ce modèle, la diminution des entrées afférentes tient donc un rôle prépondérant dans les modifications centrales potentiellement à l'origine des acouphènes.

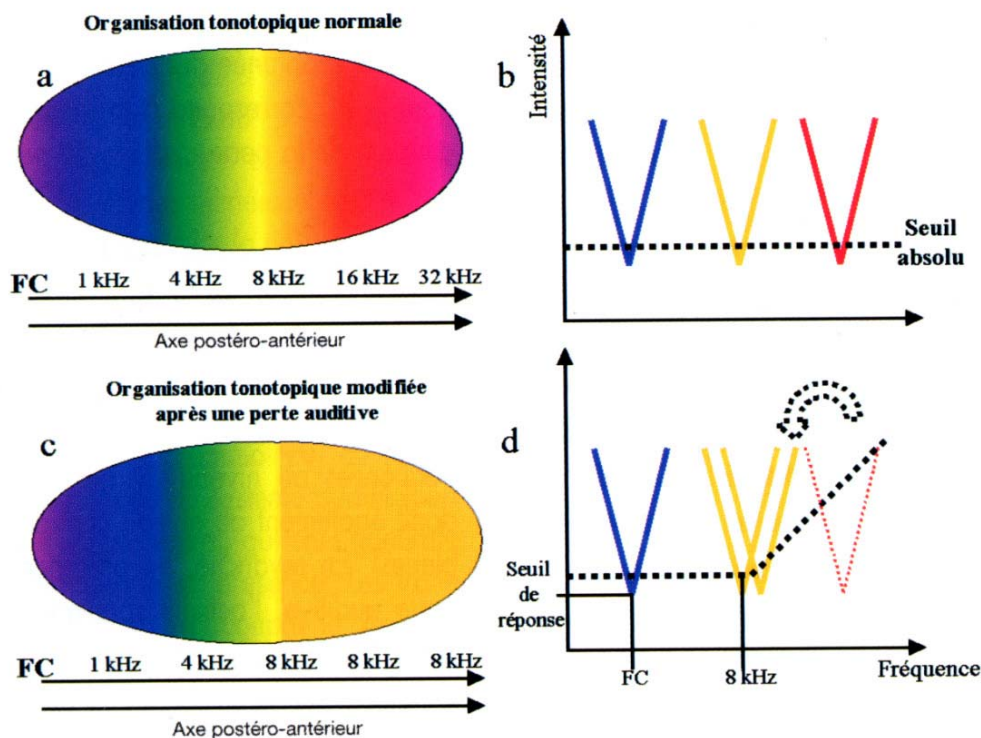


Fig. 2 : Schéma de l'organisation tonotopique corticale chez le rat en condition normale (sans perte auditive) et après perte auditive. (d'après Norena 2003)

a) Illustration de l'organisation tonotopique du cortex auditif. Une couleur correspond à une fréquence caractéristique (FC). Les modifications de la couleur traduisent les modifications de la FC des neurones.

b) Représentation des champs récepteurs de trois neurones virtuels. La couleur des traits correspond à leur position spatiale (a). Le seuil absolu est représenté par une ligne discontinue.

c) Illustration idem qu'en a) mais après une perte auditive. Les neurones qui répondaient initialement (avant la perte auditive) aux fréquences situées dans la perte auditive (au dessus de 8 KHz) se mettent à répondre aux fréquences proches de la fréquence de coupure de la perte auditive (aux alentours de 8 KHz, de couleur jaune-orange).

d) Le champ récepteur situé dans la perte auditive (traits en pointillés rouges) a été déplacé vers la fréquence de coupure de la perte auditive.

1.6. Approches thérapeutiques

Théoriquement (d'un point de vue acoustique) s'il était possible de compenser cette diminution des entrées afférentes, alors les modifications centrales liées à la perte auditive devraient être inversées, et l'acouphène modifié, diminué voire stoppé.

Dans ce contexte, il existe plusieurs types d'approches pour compenser une diminution des entrées afférentes :

- L'implant cochléaire (Ito *et al.*, 1994),
- La stimulation acoustique dans la région de la perte auditive : quel soit « passive » (lors des stimuli acoustiques, aucune consigne particulière n'est donnée aux sujets) ou « active » (entraînement sensoriel, à la discrimination fréquentielle par exemple) (Norena *et al.*, 2002),
- La prothèse auditive.

Cette étude consiste à étudier les effets du port d'un ACA sur les acouphènes. Il a été suggéré que le spectre de l'acouphène correspondait aux modifications centrales après perte auditive (le spectre de l'acouphène correspond à la région réorganisée : Henry *et al.*, 1999 ; Norena *et al.*, 2002). Le spectre de l'acouphène sera donc l'une de nos « variables » dans le cadre de cette étude ou l'amplification prothétique est censée inverser (ou en tout cas modifier) les mécanismes de réorganisation.

Mais quels ont été dans l'histoire et quels sont les types de stimulations acoustiques déjà existantes et/ou déjà utilisées ?

1.7. Les traitements acoustiques

1.7.1. Un peu d'histoire

Historiquement, le masquage par des sons extérieurs a été le premier traitement de l'acouphène. En effet, dès le III^{ème} siècle avant *Jésus-Christ*, Aristote rapporte la disparition de ses bourdonnements en présence d'autres sons (Feldmann, 1987).

Bien plus tard, Itard (en 1821) est le premier à mettre en évidence, avec des résultats spectaculaires, la technique de masquage de l'acouphène : il décrit en particulier le cas d'une femme dont l'acouphène est insupportable et qui « guérit » en passant plusieurs mois dans un moulin à eau... il réalise ensuite une description de bruits auxquels s'exposer pour masquer son acouphène selon les divers sons qui le composent, et souligne en particulier leur effet bénéfique pour le sommeil (Itard, 1821). Les patients souffrant d'acouphènes devront attendre 1928 pour qu'un premier dispositif leur soit proposé (Jones *et al.*, 1928), d'ailleurs la première étude du phénomène de masquage de l'acouphène ne sera publiée qu'en 1971 (Feldmann, 1971).

La première utilisation des appareils à correction auditive (ACA) en vue d'un masquage de l'acouphène des patients présentant une perte auditive remonte à 1947 (Saltzman *et al.*, 1947). Cette pratique destinée à soulager les personnes porteuses d'acouphènes invalidants s'est progressivement répandue.

Parallèlement, on a vu apparaître d'abord aux Etats-Unis (Vernon, 1977 ; Goldstein et Shulman, 1994) puis dans d'autres parties du monde, des instruments spécifiques aux acouphéniques baptisés « masqueurs » et destinés à être employés dans le cas d'audition normale ou subnormale.

Des appareils combinés associant le masqueur à l'ACA verront ensuite le jour.

Depuis une trentaine d'année, le recours systématique à la prothèse auditive et/ou à divers générateurs de bruit, s'est imposé dans toutes les unités cliniques spécialisées dans la prise en charge des acouphènes. En Europe, la Grande-Bretagne a longtemps fait figure de précurseur dans ce domaine (Hazell *et al.*, 1995). En France, cette pratique est plus récente (surtout pour les générateurs de bruit longtemps introuvables sur le marché) et depuis quelques années cette situation est révolue : un choix de produits de plus en plus diversifiés est maintenant disponible.

1.7.2. Les différents types d'instruments

A l'heure actuelle, différents appareillages sont disponibles pour la prise en charge thérapeutique des acouphéniques. Bien que ces appareils mettent probablement en œuvre des mécanismes physiologiques différents, ils développent des mécanismes communs liés aux propriétés plastiques de notre système nerveux qu'ils soient spécialisés ou non dans le traitement des informations auditives nous entourant.

Il en existe de plusieurs sortes : appareils de correction auditive, générateurs de bruit blanc seul ou combinés à un ACA, et générateur de bruit d'ambiance. Dans cette étude, ce sont les premiers types qui nous intéressent, nous les détaillerons par la suite.

➤ Les générateurs de bruit blanc (GBB) : Ils sont de tailles diverses (intra-auriculaires, intra-hélix, mini contours d'oreille) et visent par plasticité neuronale (en introduisant un bruit de fond de faible intensité : quelques décibels seulement au dessus du seuil d'audition) à favoriser l'habituation simultanée du bruit émis par le générateur avec le(s) son(s) de l'acouphène. Ils peuvent générer un bruit blanc (bruit contenant toutes les fréquences audibles par l'homme à la même intensité) pouvant être associé à une coupure des graves et/ou des aigus.

Mais depuis quelques temps, il est possible de choisir la composition du bruit en fonction des demandes du patient : le spectre du bruit programmé peut être un bruit blanc, un bruit filtré passe-haut, passe-bas ou passe-bande (en jouant sur des fréquences de coupures, des valeurs de filtres et des niveaux de sorties différents).

En réalité, principalement à cause des transducteurs de sortie du générateur, le bruit émis ressemble plutôt à un bruit à large bande qu'à un bruit blanc.

➤ Les appareils combinant ACA et générateur de bruit : Si une surdité associée à un acouphène justifie des aides auditives, lorsque les ACA s'avèrent insuffisantes à améliorer la tolérance du symptôme, il est possible de leur associer en seconde intention, un générateur de bruit blanc.

Un fabricant commercialise depuis quelque temps ce type d'appareil combiné, appelé TCI-combi (*Tinnitus Control Instrument*). Cet appareil peut comme le précédent, intervenir sur les propriétés du bruit utilisé mais donne aussi la possibilité au patient d'utiliser ou pas le générateur de bruit de façon indépendante à l'aide auditive. Il peut d'ailleurs régler lui-même -via un potentiomètre- l'intensité du son masquant par rapport aux fluctuations que son acouphène pourrait connaître durant la journée.

➤ Les générateurs de bruit d'ambiance : Ces générateurs permettent de diffuser au choix, des sons « naturels » (bien qu'ils soient synthétisés) comme le vent, la pluie, la mer... ou même de la musique relaxante de durées préprogrammées. Généralement couplés à un oreiller contenant des haut-parleurs, ils permettent de ne pas déranger le partenaire. Ces générateurs ne semblent pas remporter la faveur des acouphéniques, préférant s'ils veulent essayer cette méthode, utiliser des moyens plus simples et moins onéreux comme écouter un CD de bruits de nature, ou mettre une fontaine d'appartement à proximité d'eux. Cette stimulation permet, chez beaucoup d'entre eux, un masquage de l'acouphène facilitant la concentration ou l'endormissement.

➤ Les appareils de correction auditive : Ils ont pour fonction essentielle d'amplifier les vibrations sonores parvenant à l'organe auditif et peuvent ainsi réduire la gêne liée à l'acouphène de diverses manières (3 effets différents) :

Premièrement, en augmentant la capacité des patients à communiquer et en diminuant l'effort requis pour qu'ils entendent correctement, les ACA permettent une bonne reconnaissance de la parole (meilleure intelligibilité) et décroissent le stress. Ce dernier, connu pour potentialiser l'intensité subjective de l'acouphène, provoque par sa diminution, une réduction de l'intensité de l'acouphène lui-même et/ou celle des réactions de patients face à l'acouphène : ce qui aboutit finalement à une diminution de l'intolérance au symptôme.

De plus, les sons amplifiés par l'ACA peuvent avoir un effet direct sur l'acouphène : cet effet peut relever du simple masquage acoustique ou, à plus long terme, avec une mise en jeu de la plasticité cérébrale.

En effet, le masquage obtenu ici est bien différent que celui qu'un masqueur d'acouphène peut apporter : l'effet de masque procuré par un ACA est composé de l'environnement sonore lui-même, c'est-à-dire constamment variable et donc traité par les voies centrales. C'est d'ailleurs l'univers sonore habituel du patient, il est donc considéré par le cerveau comme « normal » et non parasite. Il permet à terme, d'interagir avec les mécanismes générateurs des acouphènes.

Un problème majeur est rencontré lorsque l'acouphène est de type aigu. En effet, c'est le type d'acouphène qui gêne le plus les patients : Vernon montre que la hauteur tonale de plus de la moitié des acouphéniques qui consultent se trouve dans les fréquences aiguës (Vernon, 1994).

Malheureusement, pendant longtemps la plage fréquentielle des ACA ne permettait pas d'amplifier les fréquences supérieures à 3000 Hz, mais aujourd'hui cette plage fréquentielle est bien plus grande et permet de traiter plus aisément les acouphènes liés à la presbyacousie.

1.8. Etat des lieux de la recherche

Même si le port des ACA représente de loin, la technique la plus utilisée dans la prise en charge des sujets acouphéniques (puisque'ils ont une perte auditive associée : cf épidémiologie : Coles, 1984), force est de constater que les effets de masquage et d'habituation de ces derniers sur l'acouphène sont très peu documentés (Tyler, 1996).

L'une des études réalisées sur le sujet montre simplement que les malentendants acouphéniques appareillés sont, grâce à leur ACA, plus à l'aise pour communiquer et que par conséquent cela permet de réduire l'handicap engendré par l'acouphène (Surr *et al.*, 1999).

Ce même auteur montrait déjà dans une étude antérieure (Surr *et al.*, 1985) que sur 200 acouphéniques nouvellement appareillés, 50% rapportent une réduction totale ou partielle de leur acouphène (lors du port de leur ACA) et même pour certains d'entre eux, une inhibition résiduelle. Il soulignait aussi que la diminution des acouphènes rapportée par les malentendants était l'un des facteurs de réussite de l'appareillage.

Enfin, une étude plus ancienne met en évidence l'importance de la durée de port des ACA sur l'atténuation de l'acouphène : une différence significative existe entre les sujets portant leur ACA moins de 2 heures par jour avec ceux les portant plus (Melin *et al.*, 1987).

Il n'existe donc aucune étude qui quantifie l'influence que peut avoir le port d'un ACA sur les caractéristiques de l'acouphène (variation de sa sonie, de sa tonie, d'une quelconque inhibition résiduelle...). C'est pourquoi, j'étais enthousiaste d'avoir la possibilité de collaborer avec une équipe du CNRS sur cette thématique.

1.9. Etat des lieux Audioprothétique

Il est vrai que bien souvent, même si l'audioprothésiste peut supposer à son patient une possible amélioration perceptif de l'acouphène grâce à l'appareillage, il ne peut rien avancer de certain en la matière (qualitativement et quantitativement parlant).

Même si un grand nombre de personnes appareillées relatent une amélioration certaine, la prudence du professionnel doit être de rigueur quant à l'annonce d'une modification possible de l'acouphène (atténuation, variation...). Cette amélioration, si elle n'est pas atteinte pourrait être un élément de déception (ou de frustration) et renforcerait alors l'attention que porte le patient sur son acouphène.

D'ailleurs, à part un feed-back du patient quant à son acouphène, peu d'audioprothésiste, dans la pratique quotidienne, mesure l'évolution de celui-ci (sauf si l'audioprothésiste réalise des tests spécifiques de type acouphénométrie). Ceci est compréhensible puisque, l'élément premier de consultation est le problème d'intelligibilité lié à la perte auditive, l'amélioration perceptif de l'acouphène, s'il est présent, n'étant qu'en deuxième intention l'élément recherché. Notons que dans le cas d'un appareillage auditif, l'amélioration perceptive de l'acouphène et de sa tolérance n'est d'ailleurs pas un but mais une conséquence.

C'est pourquoi, nous nous proposons de suivre les effets qu'un ACA pourrait avoir sur les caractéristiques psychoacoustiques de l'acouphène en nous intéressant à ses modifications.

2. Matériels et méthodes

Pour réaliser cette étude, nous effectuerons des tests psychoacoustiques avant et après appareillage. Avant de décrire de manière détaillée les différents tests pratiqués (audiométrie tonale, acouphénométrie...) et leur matériel, déterminons les sujets concernés par de cette étude :

• Sujets

Entrant dans le cadre de cette étude toute personne qui présente une perte auditive avec une gêne à la compréhension de la parole (et donc susceptible d'être appareillée pour la première fois) et possédant un acouphène associé.

↳ Critères d'inclusion et d'exclusion

Pour que cette étude soit viable, le sujet devra lors de l'anamnèse, rapporter un acouphène comme étant relativement stable (en sonie et en tonie) dans le temps. Ainsi les sujets porteurs d'acouphènes intermittents ou fluctuants devront être écartés. En effet, la variation pré-appareillage de l'acouphène induirait des erreurs dans l'analyse des mesures effectuées et donc dans l'interprétation des résultats. Nous n'intégrerons pas non plus les sujets déjà sous traitement médical pour leur acouphène (impossibilité de savoir si les modifications potentielles proviendraient du traitement médical ou de l'appareillage), ainsi que les acouphéniques déjà appareillés et consultant pour un renouvellement (phénomènes plastiques déjà initiés).

Par contre il est important de signaler que tout type spectral de l'acouphène (s'il est stable) peut intégrer l'étude. Nous ne nous limiterons donc pas aux acouphènes aigus, même s'ils représentent le plus grand nombre rencontré (surtout dans le cas d'une presbyacousie : Meikle *et al.*, 1991).

L'acouphène pourra d'ailleurs être unilatéral ou bilatéral. Dans le cas d'une quelconque bilatéralité, les mesures s'effectueront toujours du côté appareillé ou l'acouphène est le plus gênant et/ou stable.

↳ Recrutement

La totalité des sujets ont été « recrutés » chez plusieurs audioprothésistes de Lyon qui voulaient bien se prêter à cette étude et collaborer avec le CNRS : M^r Stéphane Gallégo, M^r Kamel Adjout et M^r Paul Berger.

En effet, en accord avec eux, les audioprothésistes étaient chargés de me contacter s'ils détectaient lors de leur anamnèse un sujet rentrant dans le cadre de cette étude. Après les avoir informé sur l'objet de l'étude, ils leur proposaient de participer librement (possibilité d'arrêter la participation à tout moment) et gratuitement (financièrement : ni payant, ni indemnisé).

Il est vrai qu'au-delà de l'aspect purement audiolgique et/ou acouphénométrique du sujet, un aspect humain et pratique était à respecter (capacité cognitif et envie du sujet à réaliser des tests relativement difficiles, parfois longs... et pouvant aussi se rendre aisément aux multiples rendez-vous).

• Matériels

Pour la réalisation des tests, nous avons à notre disposition un matériel portable spécifique : relié à un ordinateur portable, un module externe (carte son RM 1) *Tucher Davis Technologies* permettait via un casque Sennheiser HD 250 II « Linear » étalonné, la passation des tests.

Notons que les différents programmes permettant ces tests ont été mis au point et développés sous Matlab par Arnaud Norena de l'équipe du CNRS. Il est important de préciser que tous les tests sont réalisés et représentés en dB SPL (Sound Pressure Level), l'étalonnage du module et du casque a été réalisée en laboratoire avant le début de l'étude.

Le choix entre autre, quant à l'utilisation d'un ordinateur portable pour la réalisation de ces tests, n'a pas été innocent : les sujets recrutés viennent dans une première intention, consulter un audioprothésiste pour se faire appareiller. Il nous a semblé évident que la participation à l'étude devait venir se greffer naturellement au déroulement de l'appareillage.

C'est ainsi que dans un souci de facilité et de reproductibilité dans la réalisation des tests, je me rendais dans chaque laboratoire, en tout cas lors de notre premier rendez-vous (je reviendrai plus précisément sur l'organisation chronologique des tests dans la partie intitulée « méthodes »).

• Réglementation, autorisation, législation

La loi de la bioéthique exige que les sujets participant à une étude scientifique soient informés (et protégés) par plusieurs pièces administratives. En effet, si pour la réalisation d'un mémoire dans le cadre d'une formation ces papiers n'ont a priori pas lieu d'être, il en est tout autre chose pour la recherche... et ceci est bien compréhensible. Je ne connaissais absolument pas les textes de lois qui régissent tout ceci, comme je ne connaissais pas les diverses autorisations d'agrément dont le CNRS doit se munir avant de commencer tout acte de recherche (avis favorable du Comité Consultatif de Protection des Personnes dans la Recherche Biomédicale : CCPRB, en incluant les lieux de mesures, les noms des responsables...) et ce fut pour moi une grande découverte.

Avant de commencer les mesures proprement dites, je faisais donc lire et signer par chaque sujet une notice d'information et un consentement de participation.

❖ La notice d'information

La notice d'information (cf [Annexe](#)) remise au sujet, tend comme son nom l'indique, à l'informer globalement quant à l'étude réalisée en lui stipulant :

- L'intitulé de la recherche.
- Les objectifs scientifiques.
- Les organisateurs et promoteurs (nom de l'investigateur, du collaborateur scientifique...).
- La méthodologie et déroulement de l'expérimentation.
- Les contraintes et désagréments (tests psychoacoustiques répétitifs qui requièrent une attention soutenue...).
- La protection des volontaires (souscription d'une assurance par le promoteur, autorisation à réaliser les tests, libre accès, confidentialité et droit de rectification des données par le sujet...).

❖ Le consentement de participation

Ce consentement (cf [Annexe](#)) doit être rempli et signé par les parties (investigateur et sujet) en deux exemplaires. Il est donc nominatif et réprecise un certain nombre de points :

- La liberté par le sujet, d'accepter, de refuser ou d'arrêter à tout moment sa participation.
- La confidentialité des données concernant le sujet, ainsi que les résultats ne seront pas individuel (et donc identifiant).
- Le non bénéfice individuel direct des personnes y participant.

• Méthodes

Afin de constater une quelconque évolution des caractéristiques de l'acouphène dû au port d'ACA, il est évident qu'il faille effectuer des tests permettant de mesurer les caractéristiques psychoacoustiques de l'acouphène (de type acouphénométrie et autres), en les réitérant tout au long du processus d'appareillage (suivi longitudinal). Ce suivi se divise donc en deux parties : une partie de tests proprement dit, et une partie d'autoévaluation par le sujet à son domicile (échelle visuelle...).

Les différents tests

Avant de les détailler individuellement, voici les tests réalisés lors des rendez-vous avec le sujet :

- 1) Seuils liminaires d'audition (seuil absolu)
- 2) Sonie de l'acouphène
- 3) Spectre de l'acouphène
- 4) Niveau minimum de masquage de l'acouphène
- 5) Inhibition résiduelle de l'acouphène

A la vue de la pluralité et de la diversité de ces tests (souvent « chronophages » et demandant une attention relativement soutenue), nous avons optés pour leur allégement, en utilisant deux types de formule : si le temps, la réceptivité du sujet et les conditions étaient réunies, la totalité des tests était effectuée ; par contre si tous ces facteurs n'étaient pas au rendez-vous (et cela peut-être souvent le cas dans un laboratoire d'audioprothèse), une version « allégée » était réalisée : seul les tests principaux -au cœur de l'étude- comme le seuil absolu, la sonie ou le spectre de l'acouphène étaient effectués.

Puis je faisais remplir 3 questionnaires relatifs à l'acouphène et à ses conséquences.

Ces questionnaires, bien connus par ceux qui les utilisent et les exploitent, sont les seuls à avoir été validés en français :

- La sévérité de l'acouphène : Subjective Tinnitus Severity Scale (STSS)
- Le handicap engendré par l'acouphène : Tinnitus Handicap Questionnaire (THQ)
- La sensibilité auditive : Hearing Sensitivity Questionnaire (HSQ)

Enfin, je remettais au sujet deux documents qu'il devait remplir à son domicile pendant la durée de l'étude :

- Une échelle visuelle analogique de l'acouphène (échelle subjective) lui permettant de graduer journalièrement l'intensité de son acouphène.
- Un tableau de suivi du temps total de port des ACA.

• **Chronologie de l'étude**

Pour la réalisation de cette étude, nous nous sommes fixés de suivre chaque sujet sur une période d'au moins six mois. Les différents tests cités plus haut et que je vais décrire, sont réalisés à intervalles précis.

Pour commencer, les premières mesures ont été réalisées avant le port de l'ACA, soit, pour des raisons pratiques, le jour de la livraison même des ACA (si possible avant les essais).

Ceci est compréhensible puisqu'il est difficile de prévoir ou prédire pour un audioprothésiste exerçant, si le malentendant sur le point d'être appareillé possède ou pas un acouphène associé, et s'il rentre ou pas dans le cadre de cette étude. Ce n'est donc qu'après lui avoir pratiqué l'anamnèse que l'audioprothésiste intégrait dans le protocole un sujet lui semblant intéressant.

En voulant respecter notre souhait premier, à savoir de ne pas rajouter des rendez-vous et des déplacements au sujet (supplémentaires à ceux destinés à l'appareillage), nous ne pouvions effectuer les tests pré-appareillages que le jour même de la livraison (appelé jour J0 par la suite). Sauf cas particulier, ces premiers tests ont donc été pour la plupart, réalisés le jour J0... mais par soucis de reproductibilité pré-appareillage et dans la mesure du possible (disponibilité du sujet...), je réalisais à deux reprises les mesures (reproductibilité, entraînement du sujet...).

Puis, pour ce suivi longitudinal, nous nous sommes synchronisés sur les rendez-vous de visites que le sujet pouvait avoir avec l'audioprothésiste, dans le cadre des essais des ACA.

En théorie, nous avions donc des rendez-vous à J+7, J+15, J+30 et J+6 mois.

Bien entendu selon les disponibilités de chacun et parfois quelques impondérables, ces rendez-vous pouvaient connaître des variations de quelques jours (surtout pour les J+30 ou J+6 mois) mais nous tentions de respecter au mieux cette organisation chronologique et notre échéancier prévisionnel.

2.1. Les tests psychoacoustiques

2.1.1. Seuil tonal absolu

Une fois le côté à mesurer fixé, j'effectuais une recherche du seuil liminaire tonal. Cette audiométrie, bien connu par le sujet puisque l'ayant déjà pratiqué au moins deux fois (chez l'ORL lors du dépistage et avec l'audioprothésiste au 1^{er} rendez-vous) ne posait pas de problème. Sa réalisation reste la même que chez la plupart des testeurs qui la pratique (pour

chaque fréquence, reconnaissance du signal à une intensité suffisante puis recherche des seuils de perception par la méthode croissante au dB SPL près, vérification du seuil...) en s'assurant que le signal soit bien identifié par l'acouphénique afin qu'il ne puisse pas le confondre avec son acouphène (utilisation d'un signal pulsé, plus réactogène).

Dès que le seuil de perception est trouvé à une fréquence donnée, le programme passe à une autre fréquence de façon automatique et aléatoire.

Précisons que les fréquences ne sont pas testées par octave mais par demi-octave (pour avoir plus de points et donc de finesse), que le seuil est affiné à plus ou moins 1 décibel et surtout, comme préciser plus haut, que les valeurs ainsi que leur représentation sont en dB SPL en non en dB HL (Hearing Loss) comme elles le sont habituellement. Il ne faut donc pas s'affoler dans un premier temps si les résultats ne concordent pas avec ceux d'un audiogramme habituel. Cette représentation, bien que perturbatrice au début puisqu'elle fait changer ses repères, est facilement assimilée par la suite.

Voici une visualisation de l'écran et des possibilités auquel le testeur a accès :

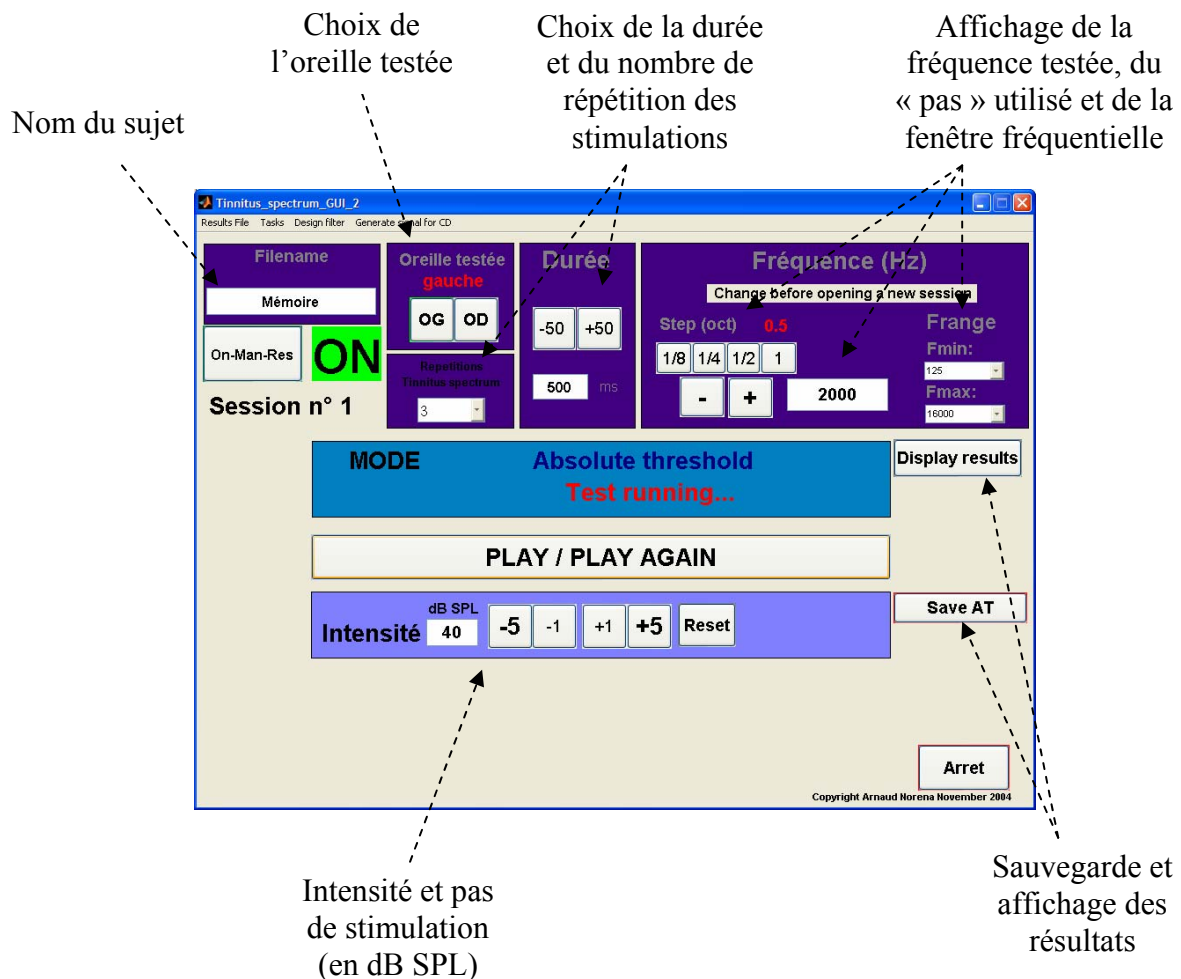


Fig. 3 : Seuil tonal absolu : aperçu de l'écran de contrôle du testeur. Visualisation des différentes options à sa disposition. (Programmation sous Matlab®, Copyright Arnaud Norena)

La représentation des résultats ne se fait donc pas sur un graphique habituel de type américain (dB HL), mais sur un graphique « renversé » (se rapprochant plus d'un graphique psychoacoustique) où les valeurs sont exprimées en dB SPL.

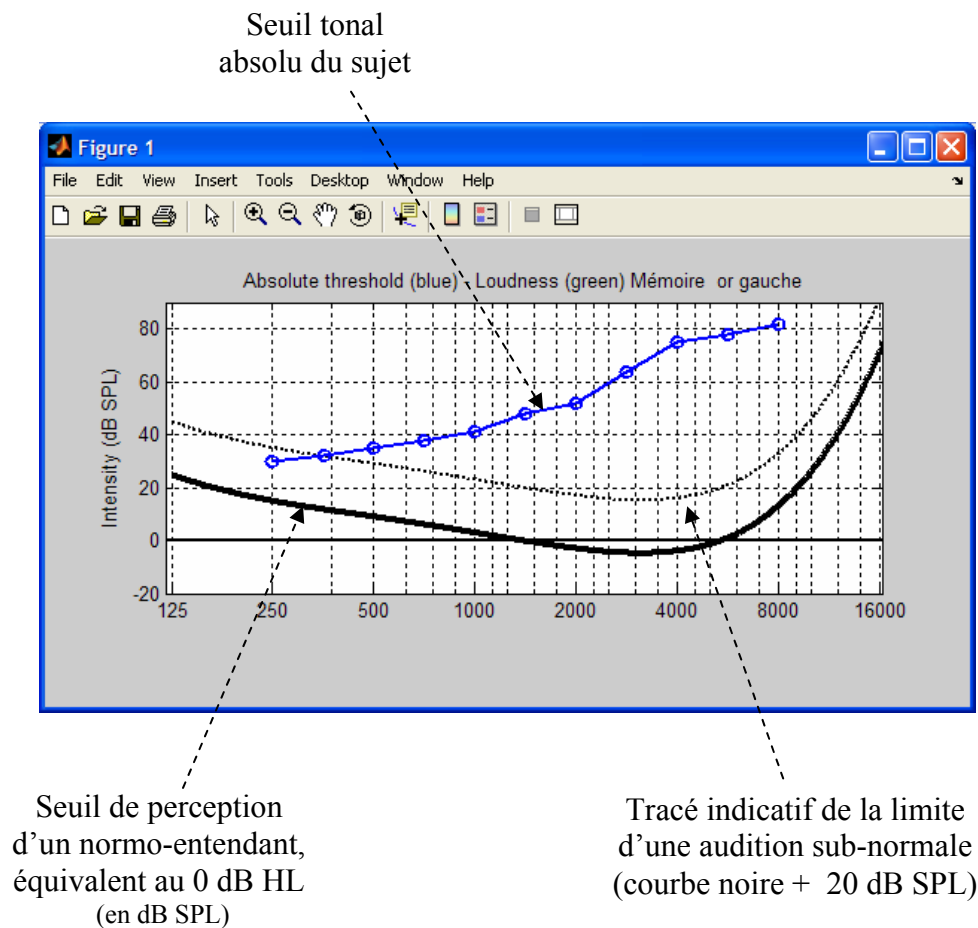


Fig. 4 : Aperçu de la représentation graphique utilisée.
En abscisse est représentée la fréquence (exprimée en Hz) tandis que l'intensité (exprimée en dB SPL) est représentée en ordonnée.

2.1.2. L'acouphénométrie

Comme décrit plus haut, j'effectuais des tests acouphénométriques, permettant de mesurer les caractéristiques perceptives de l'acouphène telles que sa sonie, sa hauteur, son timbre et sa localisation.

Dans cette étude, les mesures porteront essentiellement sur la détermination de la sonie et du spectre de l'acouphène. Les tests permettant de déterminer la latéralisation de l'acouphène n'existant pas vraiment, nous nous contentons donc pour l'identification de ce paramètre, de l'appréciation de sujet.

D'ailleurs pour préciser cette latéralité et d'autres informations (nom, prénom, ancienneté de l'acouphène, cause probable d'apparition...), je remplissais avec eux un questionnaire de pré-sélection (cf [Annexe](#)).

2.1.2.1. Sonie de l'acouphène

La mesure de la sonie de l'acouphène cherche à en estimer son intensité subjective.

Il existe essentiellement deux méthodes pour mesurer ce paramètre :

- L'appariement par un son externe (méthode dite « objective »), appelé aussi égalisation de sonie.
- La cotation dans une échelle subjective.

Dans notre étude, nous avons utilisé les deux méthodes. En effet, la méthode d'appariement par un son externe était réalisée lors des différents rendez-vous avec le sujet ; tandis que la cotation dans une échelle subjective était effectuée par le sujet lui-même à son domicile.

Les mesures utilisant la méthode d'appariement par un son externe consistaient à ajuster l'intensité d'un son pur présenté dans l'oreille homolatérale (afin de s'affranchir des problèmes de recrutement), de telle sorte qu'il présente la même sonie que celle de l'acouphène. Une stimulation contralatérale pouvait être effectuée dans le cas où le sujet ait du mal à ajuster la sonie en homolatéral, ou tout simplement par préférence du sujet.

Cette mesure était effectuée avec des sons purs choisis aléatoirement par le logiciel dans les bandes d'octaves (généralement en demi-octave). La « fenêtre » fréquentielle était fixée par le testeur à la vue de la perte auditive (fréquence minimale rarement inférieure à 500 Hz, et fréquence maximale n'excédant pas 8000 Hz) pour optimiser le test.

Bien que la stimulation était toujours pulsatile, le nombre et la durée de présentation du signal pouvait être modifiés par le sujet et/ou le testeur (souvent 3 présentations convenaient).

Pour une meilleure compréhension, l'énoncé (toujours en italique par la suite) se doit à chaque fois de rester simple et court :

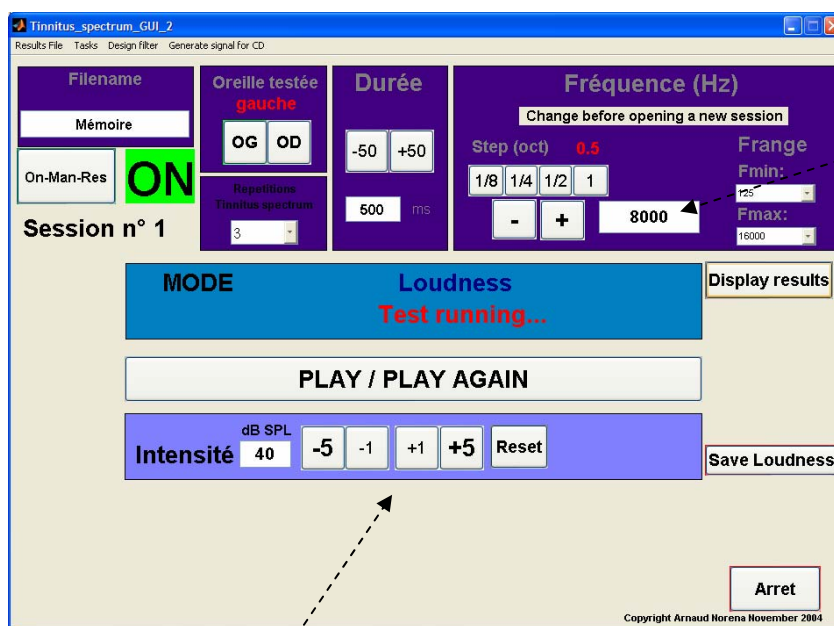
« On va chercher à équilibrer le volume des sons envoyés avec le volume de votre acouphène (la même force, la même intensité) en ne se préoccupant pas de la fréquence, de la tonalité des sons ! Peut importe si c'est plus grave ou plus aigu ! ».

D'après une étude de Cazals et Bourdin (Cazals et Bourdin, 1983), la majorité des sujets présentent un acouphène dont la sonie n'excède pas 10 dB au dessus du seuil. C'est pourquoi, grâce à la mesure du seuil absolu précédemment réalisée, le logiciel se plaçait toujours pour commencer (et à la fréquence considérée) à 10 dB SPL au dessus du seuil.

L'ajustement de la sonie de l'acouphène pouvait alors se réaliser plus rapidement (fatigabilité du sujet) et ainsi la recherche à 1 dB SPL près posait moins de problèmes.

Pour déterminer la sonie de l'acouphène, j'utilisais la méthode croissante afin de diminuer les effets d'une inhibition résiduelle.

La représentation « logiciel » reste la même que précédemment :



Fréquence de stimulation choisit aléatoirement par le programme

Ajustement de la sonie de l'acouphène à 1 dB SPL près.

Fig. 5 : Sonie de l'acouphène : aperçu de l'écran de contrôle du testeur.
(Programmation sous Matlab®, Copyright Arnaud Norena)

Après avoir sauvegardé les résultats pour chaque fréquence testée, je pouvais passer à l'étude du spectre de l'acouphène en utilisant les valeurs de sonie de l'acouphène trouvées ici.

J'expliquerai plus loin la cotation de l'acouphène dans une échelle subjective (effectuée par le sujet à son domicile) lorsque je détaillerai les outils mis à disposition du patient (échelle visuelle, tableau...).

2.1.2.2. Spectre de l'acouphène

Comme nous l'avons vu précédemment, une grande partie des acouphènes est caractérisé par une ou plusieurs composantes tonales. Bien souvent, alors que l'acouphène se réduit rarement à une seule composante tonale, c'est la composante tonale dominante qui est décrite et mesurée (Cazals et Bourdin, 1983 ; Henry *et al.*, 1999).

Or, l'acouphène est décrit comme étant plus complexe qu'un simple son pur. D'ailleurs, la variabilité inter-mesures de cette « hauteur prédominante » de l'acouphène à l'aide d'une méthode d'ajustement peut se révéler relativement importante (Burns, 1984 ; Tyler and Conrad-Armes, 1983).

En partant du postulat que l'acouphène s'apparentait plus à un son complexe ou à une bande étroite plutôt qu'à un son pur, l'équipe du CNRS a développé une méthode originale pour déterminer ses diverses composantes (Norena *et al.*, 2002).

Cette méthode présuppose que l'acouphène, bien que présentant une tonalité dominante, est complexe. Ainsi, au lieu de chercher cette tonalité dominante, la méthode vise à estimer toutes les composantes de l'acouphène. Pour cela, le sujet affecte une note (un coefficient) aux différents sons purs présentés aléatoirement par le programme.

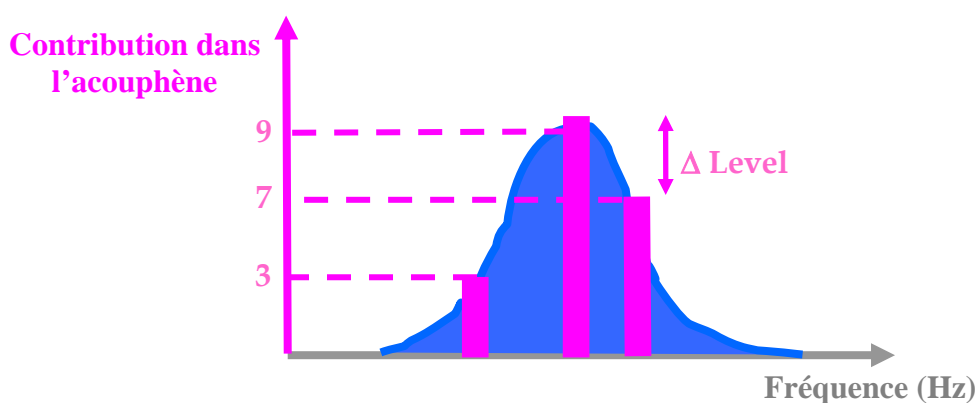


Fig. 6 : Représentation schématique de la méthode développée pour déterminer le spectre de l'acouphène. (d'après Norena, 2005)

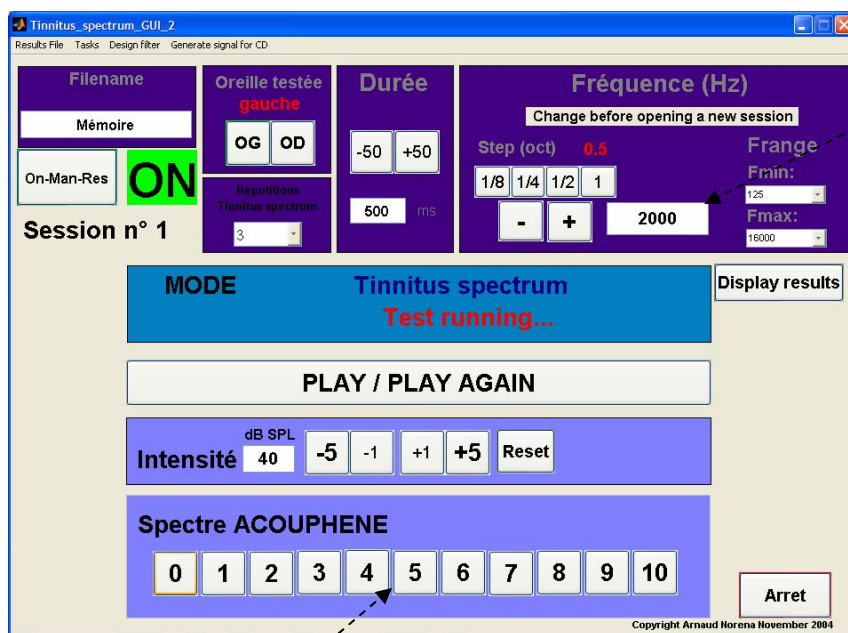
Ainsi à la fréquence considérée, le logiciel se place à la sonie de l'acouphène précédemment trouvée (bien qu'encore ajustable), le sujet n'ayant plus qu'à émettre une note (de 0 à 10) pour quantifier l'importance du son présenté dans le spectre de son acouphène (il administre une note au son pur présenté).

Notons que, par soucis de reproductibilité du test, chaque fréquence est présentée plusieurs fois (4 fois) et aléatoirement par le logiciel. Le programme moyenne ensuite les différentes réponses du sujet. Ce « lissage » des réponses permet de ne pas fausser le test dans le cas où une note administrée par le sujet est erronée.

« Maintenant on cherche la tonalité, la fréquence de votre acouphène. J'envoie un son, dites moi s'il fait partie de votre acouphène en donnant une note de 0 à 10 :

- c'est 0 si ça ne fait pas du tout partie des composantes de l'acouphène,
- entre 1 et 10 ça fait partie (avec 1 : très très peu ; et 10 : complètement) »

Dès lors, après chaque présentation du signal, je saisis via le logiciel la note donnée par le sujet.



Fréquence de stimulation

Spectre de l'acouphène :
saisi de la note
administrée par le sujet

Fig. 7 : Spectre de l'acouphène : aperçu de l'écran du testeur. Détermination du spectre de l'acouphène par l'administration, par le sujet, d'une note à chaque son pur présenté aléatoirement par le logiciel. (Programmation sous Matlab®, Copyright Arnaud Norena)

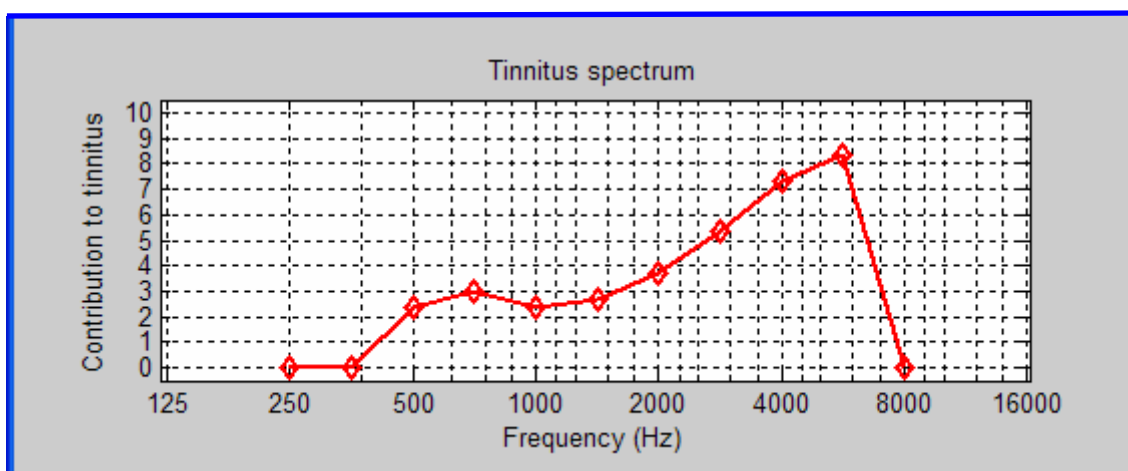


Fig. 8 : Résultat d'un type de spectre possible de l'acouphène.
 En abscisse est représentée la fréquence (exprimée en Hz) alors que la note administrée par le sujet pour chaque son pur est représentée en ordonnée.

2.1.3. Niveau minimum de masquage de l'acouphène

Comme préciser plus haut, le NMM permettant de réduire totalement ou partiellement la sonie de l'acouphène, fait également partie des caractéristiques perceptives mesurables.

Il existe, dans la bibliographie, une multitude de type de sons (son purs, bande de bruit...) pouvant être utilisée afin d'obtenir ce masquage, avec toutefois une disparité dans les résultats obtenus.

Certains auteurs préconisent, pour ce masquage, l'utilisation d'un son pur de fréquence proche de la fréquence de l'acouphène (Feldmann, 1971 ; Tyler and Conrad-Arnes, 1984) alors que d'autres mettent en évidence une plus grande efficacité (l'énergie nécessaire au masquage de l'acouphène doit être moins importante) si le son masquant ressemble à une bande étroite de bruit centré sur la fréquence de l'acouphène (Vernon, 1991).

La plupart des études menées sur le masquage utilisent des bandes de bruits, la difficulté réside alors dans le choix des caractéristiques du spectre du masqueur.

Pour des raisons pratiques de reproductibilité dans les mesures, nous utiliserons un bruit blanc lors des tests de masquage de l'acouphène. Ainsi, en stimulant sur une large bande, nous sommes sûr de stimuler dans la zone fréquentielle de l'acouphène.

La recherche du NMM du bruit blanc s'effectuait de la manière suivante :

« Maintenant je vais envoyer un bruit dans votre oreille, vous allez me dire à partir de quel niveau (le plus faible possible), ce bruit masque votre acouphène (c'est-à-dire que vous n'entendez plus votre acouphène au travers de mon bruit) ! »

Je recherchais donc ce NMM en l'affinant au dB SPL près.

Ouverture possible, en guise de rappel, du « seuil absolu » du sujet

Type de masqueur utilisé : Bruit blanc

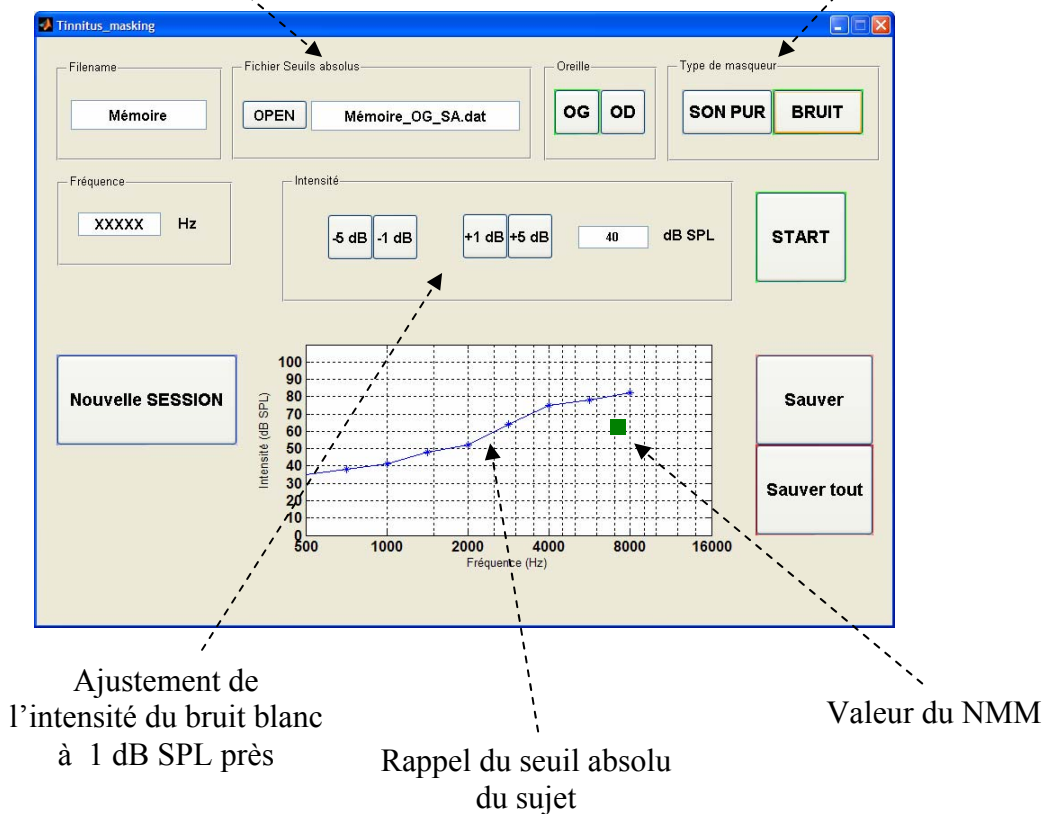


Fig. 9 : Niveau minimum de masquage de l'acouphène : aperçu de l'écran du testeur. Evaluation par le sujet, du NMM du bruit blanc permettant le masquage de son acouphène. (Programmation sous Matlab®, Copyright Arnaud Norena)

La valeur mesurée pour le NMM est représentée par un carré vert sur le diagramme du bas où l'on peut aussi faire afficher la courbe du seuil d'audition du sujet.

2.1.4. Inhibition résiduelle de l'acouphène

Afin de constater une quelconque inhibition résiduelle, nous présentions un bruit blanc en guise de masqueur, pendant une durée de 60 secondes (qui pouvait être modifié), et à un niveau de 10 dB au dessus du NMM mesuré précédemment.

Après la présentation du masqueur, le sujet devait à des intervalles de temps donnés (toutes les 10 secondes), quantifier sur une échelle virtuelle similaire au pourcentage (comprise entre 0 et 100) la sonie de son acouphène (par rapport à son importance habituelle).

Ainsi, il indiquait 0 s'il n'entendait plus du tout son acouphène (= inhibition totale), et plus il donnait une valeur importante se rapprochant de 100 (= inhibition nulle), plus son acouphène reprenait son intensité habituelle.

« Vous allez entendre un bruit pendant 1 minute. Lorsqu'il s'arrête vous devrez, à chaque fois que je vous le direz, quantifier l'intensité de votre acouphène (par rapport à ce qu'il est maintenant) sur une échelle allant de 0 à 100.

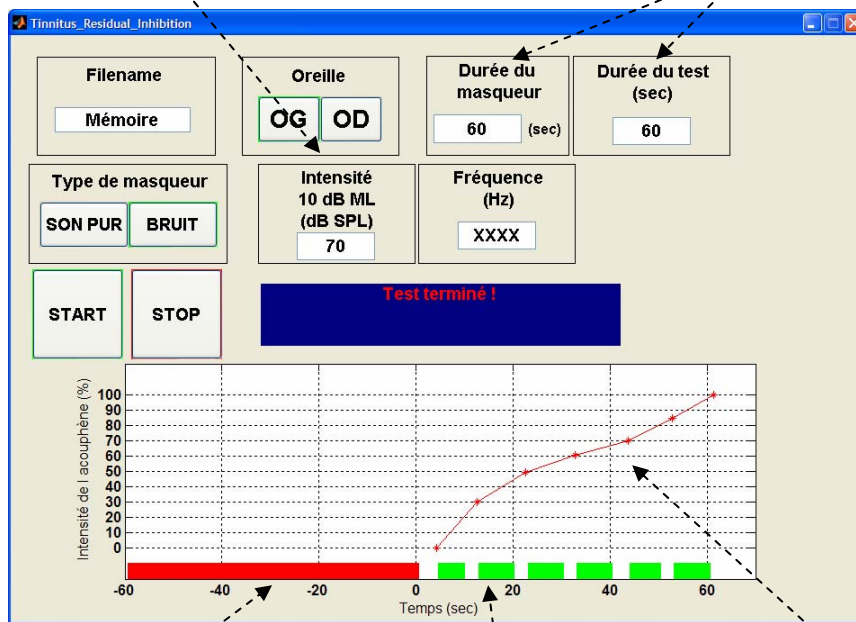
- *Ce sera : 0 si vous ne l'entendez plus (il a complètement disparu)*
- *Ce sera 50 s'il est présent « de moitié »*
- *Ce sera 100 s'il est revenu « à la normale » (comme d'habitude), ou s'il n'a pas été modifié.*

La durée de réponse dont disposait le sujet était fixée par défaut, à 60 secondes. Si dans cet intervalle de temps l'acouphène du sujet n'était pas revenu à son intensité initiale, la durée de test pouvait être rallongée.

Quelque fois le test devait être ré-effectué afin que l'appréciation du sujet soit optimale.

Intensité de la stimulation du masqueur à NMM + 10 dB SPL

Durée de présentation du masqueur et de réponse du sujet



Barre rouge : évolution de la présentation du masqueur

Barre verte : laps de temps comprise entre chaque réponse du sujet

Courbe représentant l'inhibition résiduelle de l'acouphène

Fig. 10 : Inhibition résiduelle de l'acouphène : aperçu de l'écran du testeur. Après la présentation du masqueur à NMM + 10 dB SPL, le sujet quantifie (sur une échelle) la sonie de son acouphène à des intervalles de temps fixés. (Programmation sous Matlab®, Copyright Arnaud Norena)

2.2. Les questionnaires et autres outils d'évaluation

2.2.1. Les questionnaires

Comme dit plus haut, je faisais remplir au sujet, lors de chaque rendez-vous « tests », trois questionnaires permettant d'évaluer de façon subjective :

- La sévérité de l'acouphène : Subjective Tinnitus Severity Scale (STSS)
- Le handicap engendré par l'acouphène : Tinnitus Handicap Questionnaire (THQ)
- La sensibilité auditive : Hearing Sensitivity Questionnaire (HSQ)

Ces questionnaires, souvent utilisés dans le milieu, permettent d'évaluer les acouphènes à travers le retentissement qu'ils peuvent avoir sur la vie quotidienne du patient.

Avec un suivi longitudinal, ils permettent d'établir une comparaison avant et après l'utilisation d'un élément interagissant sur l'acouphène.

Il en existe ne nombreux, mais seuls quelques uns ont été validés en français. En effet, pour obtenir leur validation dans un pays donné, leurs questions doivent pouvoir être traduites et retranscrites dans leur langue d'origine, sans aucun changement dans le libellé.

Ainsi, la difficulté d'un questionnaire vient plus de sa validation que du choix de ses questions.

Chaque questionnaire est caractérisé par un coefficient dit de Cronbach. Ce coefficient permet de mesurer la qualité d'un questionnaire (bon échantillonnage) et sa cohérence. On dira simplement que plus ce coefficient s'approche de 1, meilleur est le questionnaire (bon échantillonnage des items qui sont peu influencés par des facteurs aléatoires pouvant être liés aux situations).

Si l'on souhaite utiliser ces questionnaires de façon longitudinale dans cette étude, c'est que l'on cherche à mettre en évidence une évolution des réponses du sujet, et donc une modification des pensées et des ressenties du sujet face à son acouphène.

2.2.1.1. La sévérité de l'acouphène : Subjective Tinnitus Severity Scale (STSS)

Utilisé en milieu clinique, le STSS a été mis au point par Halford, Stewart et Andersson en 1991 et adapté en Français par Meric *et al.* (cf [Annexe](#)). Il cherche donc à estimer la sévérité de l'acouphène en termes d'intrusion, de dominance et de détresse. Son coefficient de Cronbach s'élève à 0,84.

Le score total des 16 questions qu'il comporte, cherche à refléter l'intensité de l'acouphène et le degré du handicap. D'après le score obtenu, l'acouphène peut donc être considéré comme léger, modéré ou sévère.

La consigne est simple : le sujet doit répondre par oui ou par non à toutes les questions.

Calcul du score et interprétation :

- ☞ La réponse OUI aux items 1, 2, 3, 4, 7, 8, 11, 12, 14, 15 et 16 ajoute 1 point au score.
- ☞ La réponse NON aux items 5, 6, 9, 10 et 13 ajoute 1 point au score.
 - ↳ On obtient un score sur 16.

A noter que les réponses OUI à la question 3 et NON à la question 10, définissent un acouphène intrusif.

Merik *et al.* qui le valida en 1996 sur un échantillon, obtenu une moyenne de $9,47 \pm 2,61$ (déviat-ion-standard) avec :

- Un score < 8 définit un acouphène léger (9 % de l'échantillon de validation).
- Un score compris entre 8 et 11 définit un acouphène modéré (64 % de l'échantillon).
- Un score ≥ 12 définit un acouphène sévère (27 % de l'échantillon).

2.2.1.2. Le handicap engendré par l'acouphène : Tinnitus Handicap Questionnaire (THQ)

Mis au point en 1990 par Kuk, Tyler, Russell et Jordan, ce questionnaire est conçu pour mesurer le degré perçu par le patient du handicap de son acouphène (cf [Annexe](#)).

Il contient 27 affirmations appartenant à quatre échelles (satisfaction de vie, dépression, état de santé physique et insertion sociale). Son indice de Cronbach est de 0,93.

Consignes : Le sujet doit donner une note à chacune des phrases ci-dessous. Cette note, comprise entre 0 et 100, doit représenter combien il est d'accord avec la phrase proposée :

- 0 s'il n'est pas d'accord du tout ;
- 100 s'il est entièrement d'accord ;
- Toutes les notes intermédiaires sont autorisées.

Calcul du score et interprétation :

Pour calculer le score global de ce questionnaire, on ajoute directement les scores de tous les items hormis ceux des items 25 et 26 qui sont retranchés à 100 avant d'être ajoutés.

On obtient un score sur 2700 (qui peut être rapporté à 100 par simple division par 27).

➤ Le sous-score F_1 rend compte à la fois du « handicap physique, des aspects émotionnels et des conséquences sociales ». Il se calcule en additionnant les notes des items 9, 14, 16, 17 et 19 (relatifs à la santé physique), 11, 13, 18, 22, 24 et 27 (relatif aux conséquences émotionnelles), et 1, 7, 10, 12, 15 et 20 (relatif aux conséquences sociales) et donne un score sur 1700.

➤ Le sous-score F_2 , calculé en ajoutant les notes des items 3, 4, 5, 6, 21 et 23, donne un score sur 600 et rend quant à lui, compte du « handicap auditif ».

➤ Le sous-score F_3 , d'un score sur 400, est calculé en ajoutant les notes des items 2, 8, 25 et 26. Il représente la manière dont le patient perçoit l'acouphène, mais tout comme dans la version originale, il n'est pas très pertinent dans la version française.

2.2.1.3. La sensibilité auditive : Hearing Sensitivity Questionnaire (HSQ)

Mis au point en 2002 par Khalfa *et al.*, ce questionnaire cherche à estimer la sensibilité auditive du sujet (cf [Annexe](#)). Composé de 14 questions, il regroupe des séries de questions se rapportant chaque fois à une dimension psychologique du sujet.

Ainsi, les quatre premières questions (de 1 à 4) se rapportent à une dimension attentionnelle, les six suivantes (5 à 10) à une dimension sociale et enfin, les quatre dernières (11 à 14) à une dimension émotionnelle. Son coefficient de Cronbach est de 0,66 pour la première série de questions, de 0,68 pour la seconde et enfin de 0,67 pour la troisième.

Consignes : Pour chaque question posée, le sujet coche la case correspondante à la réponse la plus adéquate (non, oui un peu, oui modérément, oui beaucoup).

Calcul du score et interprétation :

On applique une note à chaque type de case :

- non (pas du tout) = 0
- oui un peu = 1
- oui modérément = 2
- oui beaucoup = 3

Le score global (sur 42) est obtenu en additionnant toutes les notes.

Les dimensions attentionnelles et émotionnelles sont notées sur 12, tandis que celle sociale est notée sur 18.

2.2.2. Les autres outils

Afin d'avoir un suivi régulier de l'intensité subjective de l'acouphène et une corrélation avec la durée de port des ACA, je remettais au sujet deux documents qu'il devait remplir à son domicile pendant la durée de l'étude :

- Une échelle visuelle analogique de l'acouphène (échelle subjective) lui permettant de graduer journalièrement l'intensité de son acouphène.
- Un tableau de suivi du temps total de port des ACA.

2.2.2.1. L'échelle visuelle analogique (EVA)

Il existe plusieurs échelles permettant de mesurer l'intensité subjective de l'acouphène :

- L'échelle visuelle analogique (EVA) qui prend la forme d'une règle sans graduations et sans extremums (cf [Annexe](#)).
- Les échelles numériques : graduées de 0 à 10 ou de 0 à 100, elles sont utiles dans le cas de difficultés à la compréhension des consignes de l'EVA.
- Les échelles verbales simples qui sont fondées sur le choix limité d'adjectifs (5 ou 6) pour décrire l'intensité de l'acouphène.

Le choix de l'outil utilisé dans l'étude s'est porté sur l'EVA qui permet comme les autres échelles mais de façon plus neutre, de mesurer l'intensité de l'acouphène à un moment donné sans imposer au sujet une échelle pour la quantifier. La variabilité interindividuelle provient de l'aspect subjectif de la notion de sévérité et de l'échelle utilisée : avec l'EVA, chaque sujet va donc se créer sa propre échelle et la respectera d'autant plus par la suite.

Le but de ces échelles n'est pas de comparer différents sujets d'une population mais bien d'évaluer individuellement l'intensité de l'acouphène et de s'intéresser à sa modification.

Ces échelles servent donc à mesurer l'impact d'un élément de prise en charge sur l'évolution de leur acouphène.

Nous demandions donc au sujet de mesurer son acouphène tous les jours, à un moment précis qu'il devait se fixer et respecter par la suite (lorsque son acouphène était bien distinguable).

2.2.2.2. Le tableau de suivi de port des ACA

Afin de lier l'évolution de l'acouphène du sujet avec le port de ses ACA, il a fallu mettre en place un tableau permettant de suivre longitudinalement ce port des appareils : un tableau de suivi de port des ACA (cf [Annexe](#)).

La réalisation et l'utilisation de cet outil est simple : à chaque fin de journée, le sujet calcule et note le temps de port approximatif des ACA. Il peut aussi, dans une colonne réservée à cela, émettre quelques observations relatives à la journée, au temps de port ou à ses ressentis.

Ce tableau possédait plusieurs buts : il ne servait pas seulement à avoir un suivi quantifiable de la durée de port (DDP) des ACA, mais il possédait aussi un impact psychologique sur le sujet : le fait d'écrire et de calculer quotidiennement cette DDP, le sujet constatait et s'encourageait de l'augmentation de la DDP (ce qui contribuait à confirmer l'apport bénéfique des ACA, et allait donc dans le sens de l'appareillage).

Informations diverses

Je profitais des divers rendez-vous avec les sujets pour donner des informations relatives aux acouphènes en général et sur l'association « France acouphène » : son existence, son rôle auprès des acouphéniques et des pouvoirs publics, ses objectifs et ses actions, les facteurs à risque et les précautions à prendre, le nombre de personnes concernées par le symptôme, les conséquences et devenir des acouphènes, les diverses approches thérapeutiques existantes, les contacts et permanences téléphoniques régionales d'aide et de conseil... et ainsi les sensibiliser au fait que s'ils en émettent le besoin, qu'ils sachent où et avec qui ils peuvent en parler, échanger, se tenir informer et devenir actif...

Ainsi, ils ne se sentiront plus seul ou même incompris par leur entourage sur « ce mal » invisible qui les obsède tant.

Ils pourront alors reconsidérer la gêne associée par rapport à d'autres acouphéniques, reconceptualiser leur acouphène et ainsi modifier les pensées négatives qui lui sont associées, ce qui permet de favoriser leur adhésion intellectuelle et leur collaboration à une démarche thérapeutique en vue d'une amélioration.

J'étais heureux de constater que ces informations n'étaient pas vaines. Même si, à priori, ces sujets ne sont pas le public habituel de l'association (puisque'ils ne souffrent pas avant tout de leur acouphène et de ses répercussions mais plus de leur problème d'audition) ils étaient tout de même très réceptifs aux informations que je pouvais leur donner et curieux (comme tout acouphénique) de savoir où en été la recherche : nouvelles avancées médicales, physiopathologiques concernant les acouphènes...

3. Résultats

◆ Sujets

Nombre total de personnes rencontrées : 9

Nombre de sujets testés : 5

Moyenne d'âge : 69,2 ans

Ecart type : 17 ans

Sexe :

- Pourcentage d'homme testé : 100 %
- Pourcentage de femme testée : 0 %

Moyenne des pertes auditives : 48 dB

◆ Acouphène

Latéralité de l'acouphène :

- Perception OG : 0 %
- Perception OD : 0 %
- Perception non latéralisé : 100 %

Age de l'acouphène :

- Acouphène récent (\leq à 1 an) : 20 %
- Acouphène « moins récent » ($1 \text{ an} < \text{âge} \leq 5 \text{ ans}$) : 40 %
- Acouphène ancien ($> 5 \text{ ans}$) : 40 %

Age moyen d'apparition de l'acouphène : 60,8 ans

Sonie moyenne de l'acouphène (par rapport au seuil absolu, lors du 1^{er} RDV) : 10,5 dB

Type d'acouphène perçu (description du sujet) :

- Sifflement : 60 %
- Bourdonnement : 20 %
- Autres : 20 %

◆ Appareillage auditif

Oreille appareillée :

- Monaural gauche : 0 %
- Monaural droit : 0 %
- Binaural : 100 %

Moyenne des DDP : 9,1 heures/jour

Oreille testée :

- Pourcentage d'OD : 60 %
- Pourcentage d'OG : 40 %

Pour faciliter leur visualisation et leur interprétation, les résultats de chaque sujet aux différents tests sont représentés sur une double page.

Après un bref récapitulatif des informations recueillies lors de l'anamnèse (partie encadrée), la première figure représente le seuil absolu d'audition du sujet (moyenne pondérée des différents tests), ainsi que l'évolution de la sonie et du spectre de son acouphène aux différents rendez-vous.

La figure suivante montre l'évolution de l'inhibition résiduelle de l'acouphène du sujet à ces différents temps.

Les trois histogrammes suivants représentent les scores obtenus aux trois questionnaires :

- Sévérité et handicap de l'acouphène, qui peuvent être mis en relation avec la sonie et le spectre de l'acouphène (face à eux).
- Sensibilité auditive, qui peut nous informer sur l'impact que l'appareillage auditif pourrait avoir sur la perception des sons (de niveaux sonores élevés) auxquels le sujet est soumis et d'une quelconque présence d'hyperacousie.

La figure suivante est un tracé représentant l'évolution de l'intensité de l'acouphène obtenu avec l'EVA. Ces résultats peuvent aussi être mis en relation avec la sonie de l'acouphène mesuré, ainsi qu'avec les résultats aux questionnaires de sévérité et de handicap de l'acouphène.

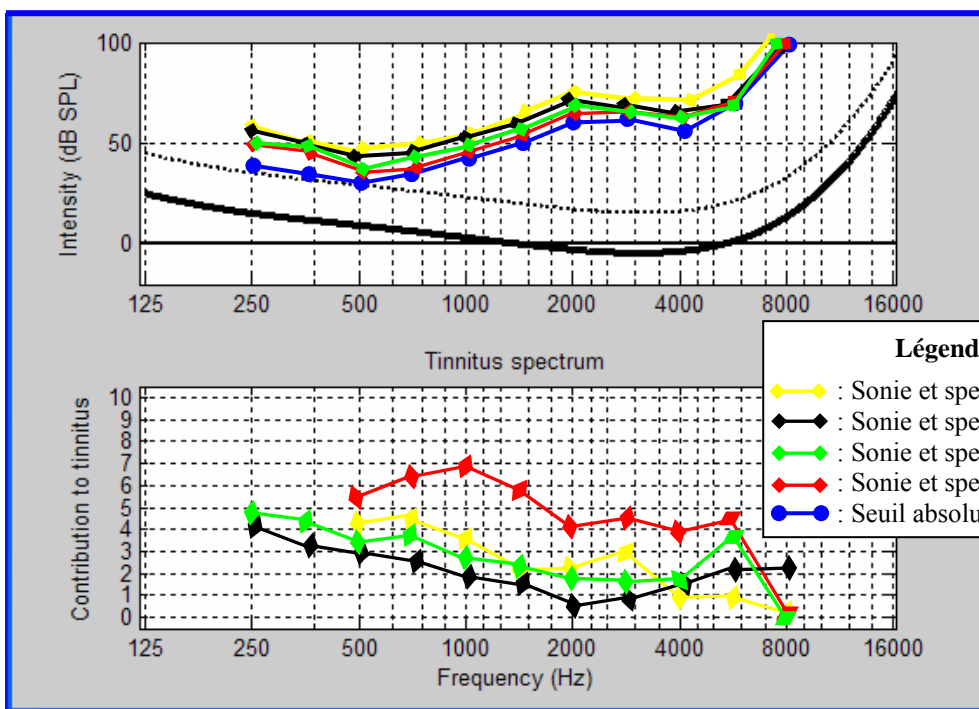
Enfin, la dernière figure est un histogramme représentant l'évolution du NMM de l'acouphène aux différents temps d'appareillages. Il peut être mis en relation avec la figure face à lui : l'inhibition résiduelle.

Sujet n°1 : Mr G.

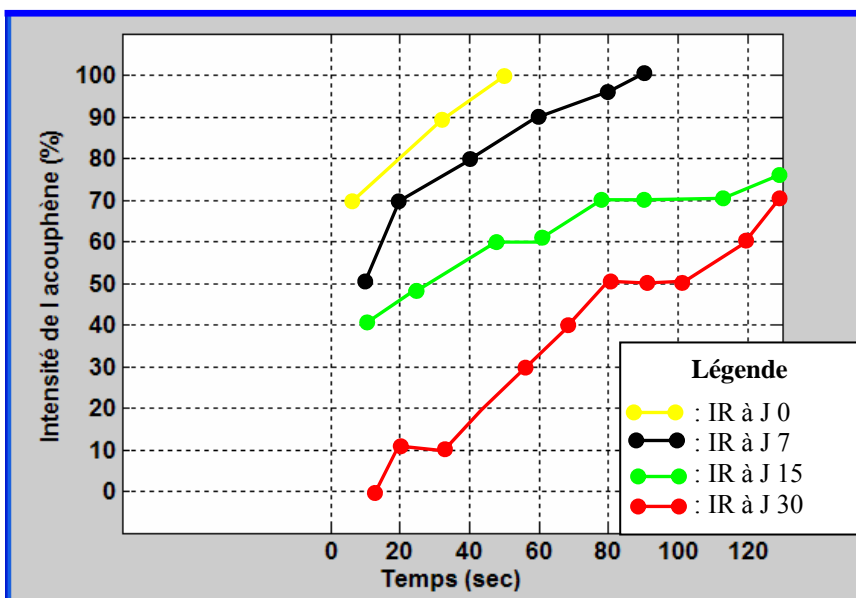
Anamnèse

- Age : 81 ans
- Latéralité de l'acouphène : Aucune (perçu dans les deux oreilles)
- Date d'apparition de l'acouphène : Depuis 5 ans
- Etiologie de l'acouphène : Inconnue
- Appareillage bilatéral
- Oreille testée : Gauche
- DDP Totale : 383 heures
- DDP Moyenne : 6,6 h/j

Sonie et spectre de l'acouphène

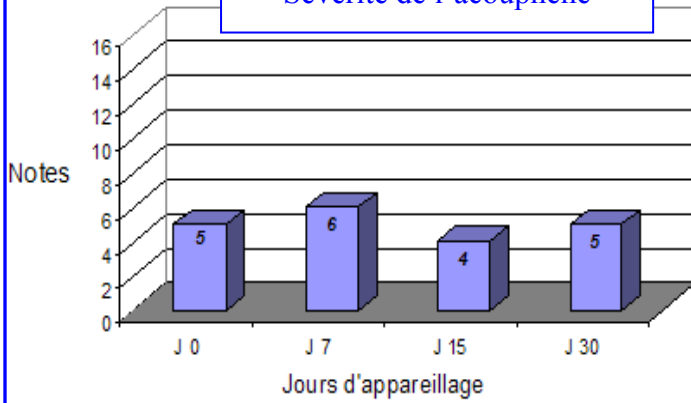


Inhibition Résiduelle de l'acouphène

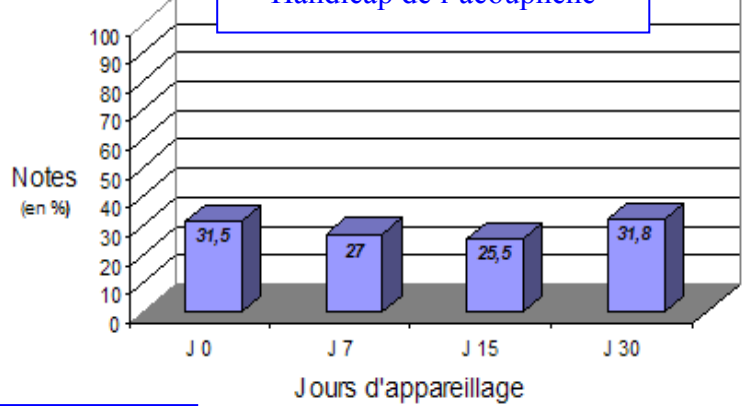


Résultats des questionnaires

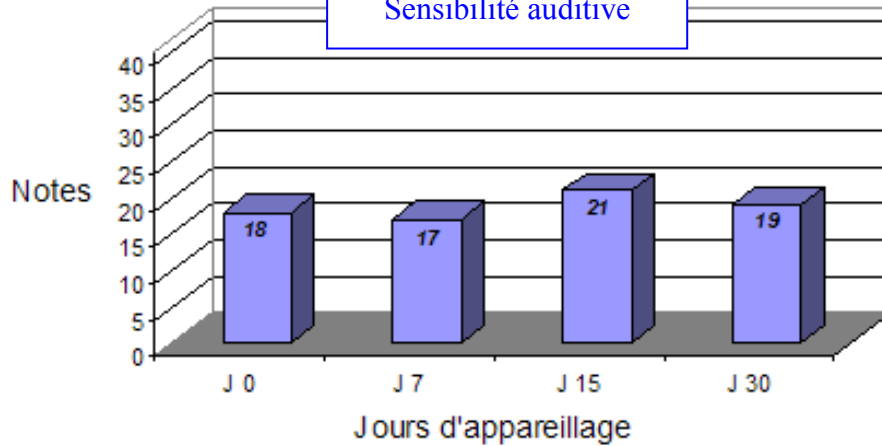
Sévérité de l'acouphène



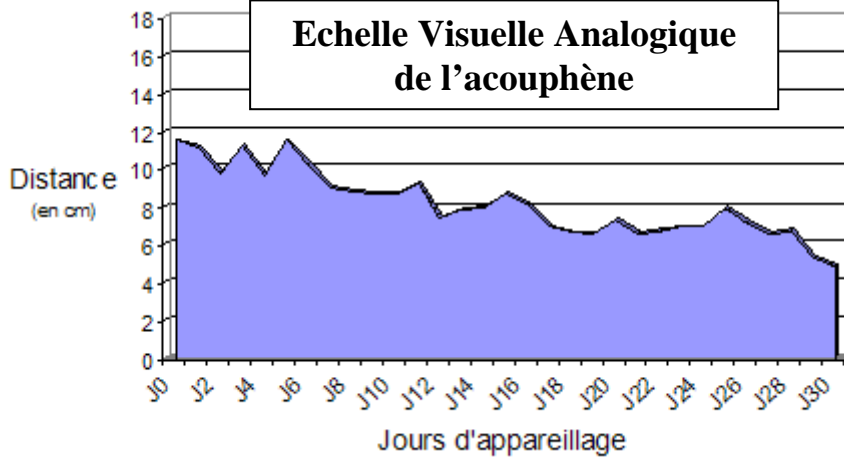
Handicap de l'acouphène



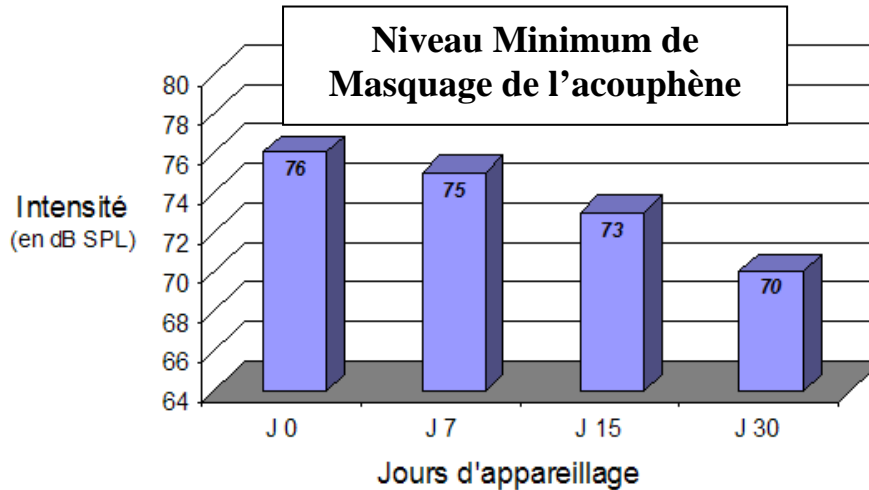
Sensibilité auditive



Echelle Visuelle Analogique de l'acouphène



Niveau Minimum de Masquage de l'acouphène

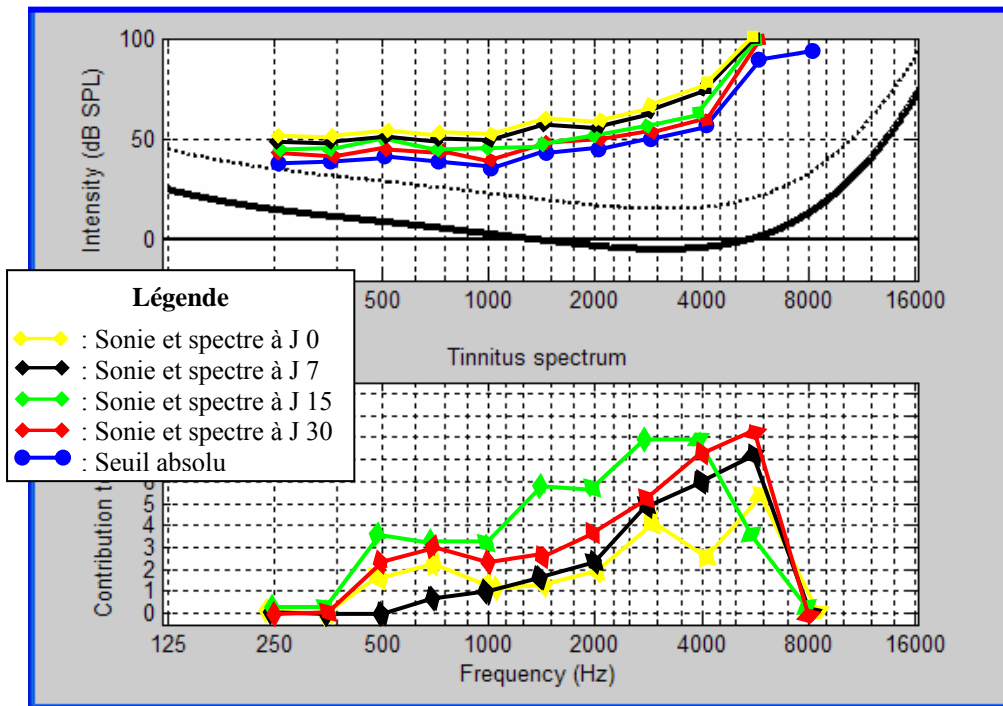


Sujet n°2 : Mr J.

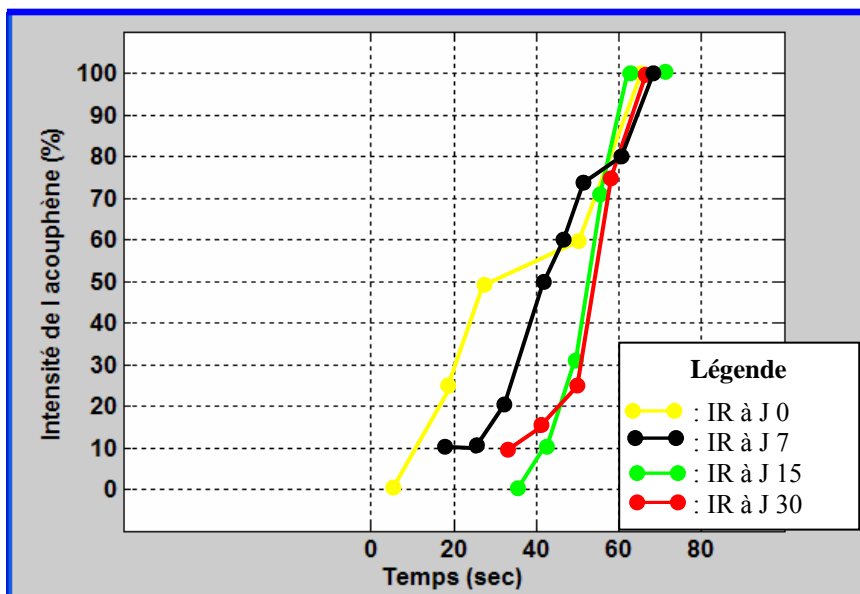
Anamnèse

- Age : 83 ans
- Latéralité de l'acouphène : Aucune (perçu dans la tête)
- Date d'apparition de l'acouphène : Depuis 15 ans
- Etiologie de l'acouphène : Non diagnostiquée mais apparition progressive.
- Appareillage bilatéral
- Oreille testée : Gauche
- DDP Totale : 237 heures
- DDP Moyenne : 7,9 h/j

Sonie et spectre de l'acouphène

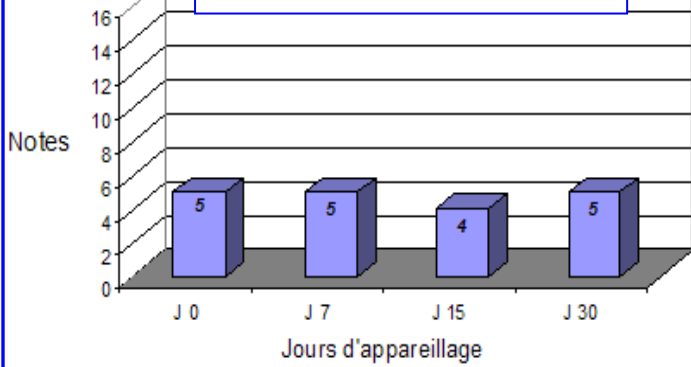


Inhibition Résiduelle de l'acouphène

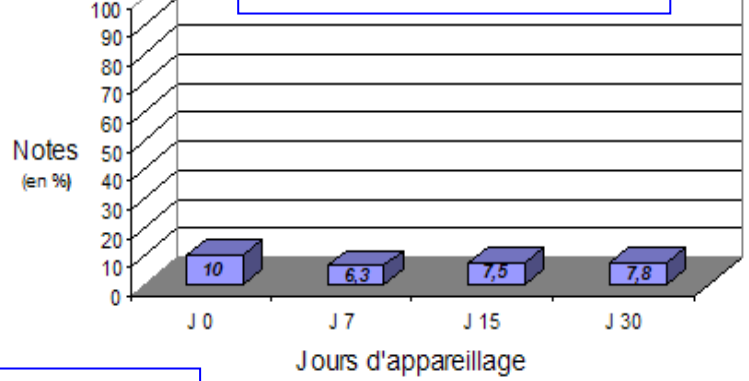


Résultats des questionnaires

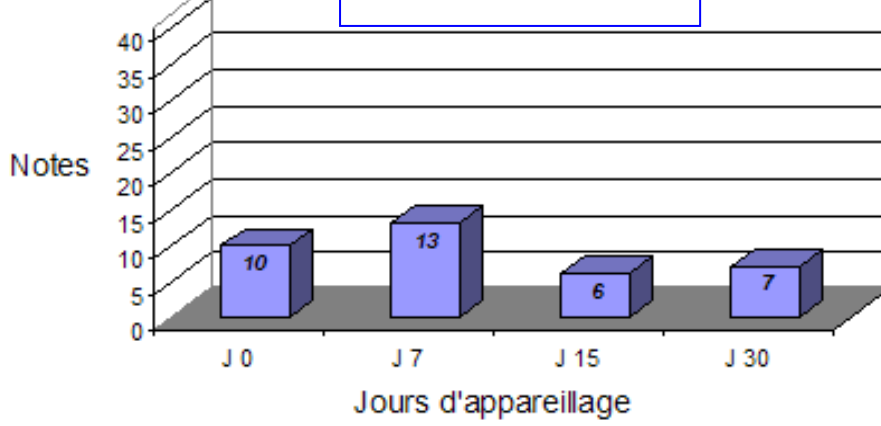
Sévérité de l'acouphène



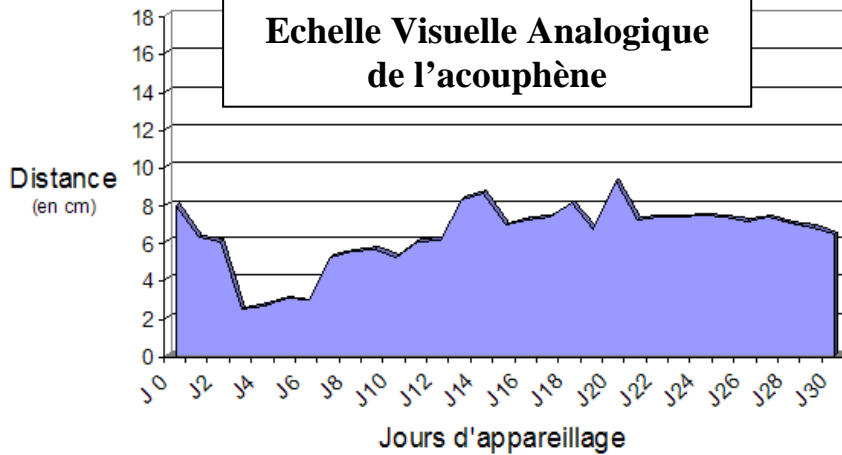
Handicap de l'acouphène



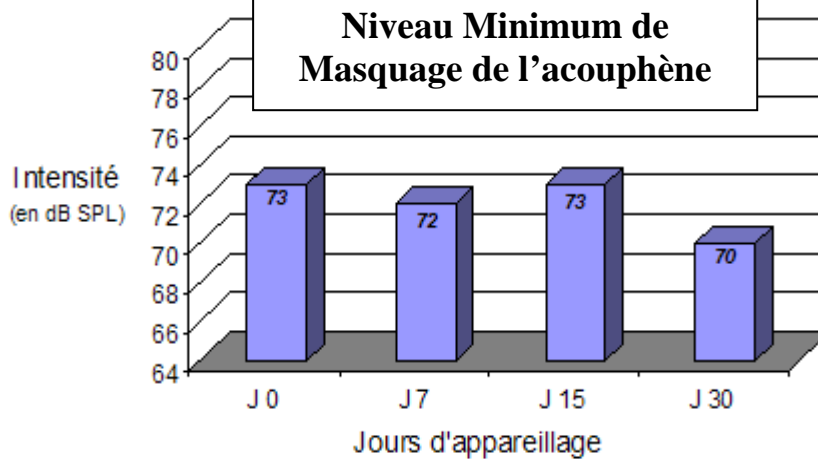
Sensibilité auditive



Echelle Visuelle Analogique de l'acouphène



Niveau Minimum de Masquage de l'acouphène

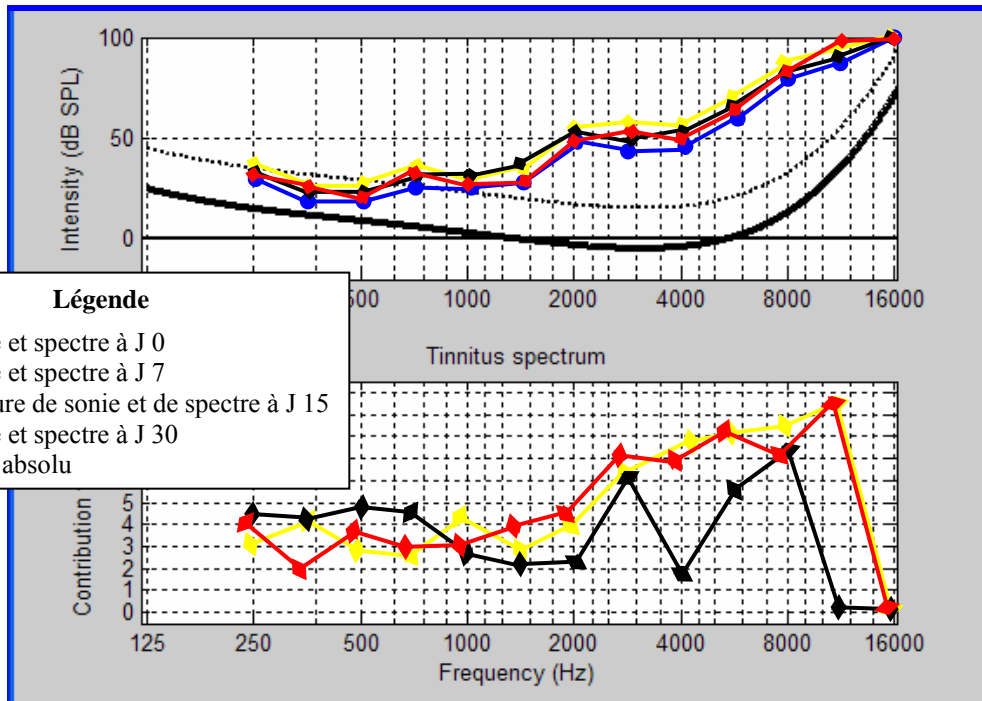


Sujet n°3 : Mr T.

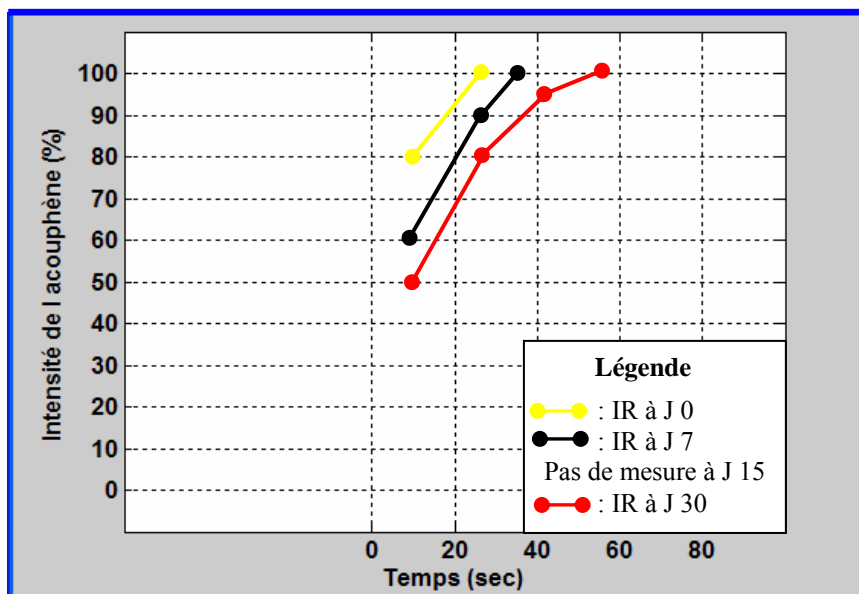
Anamnèse

- Age : 66 ans
- Latéralité de l'acouphène : Aucune (perçu dans les deux oreilles)
- Date d'apparition de l'acouphène : Depuis Septembre 2004
- Etiologie de l'acouphène : Suite à un traitement médicamenteux pour son cœur fortement dosé.
(+ Port d'un défibrillateur)
- Appareillage bilatéral
- Oreille testée : Droite
- DDP Totale : 222heures
- DDP Moyenne : 7,4 h/j

Sonie et spectre de l'acouphène

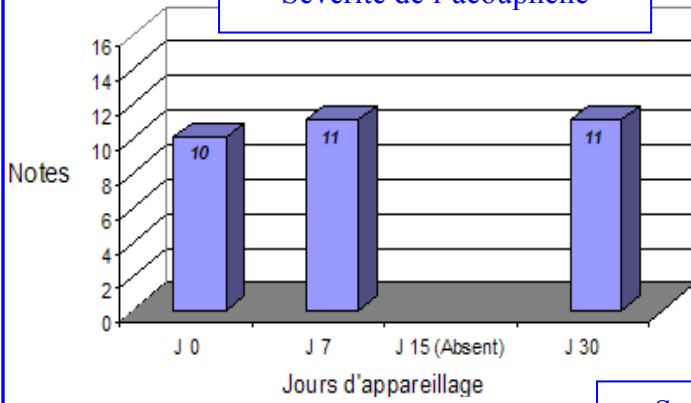


Inhibition Résiduelle de l'acouphène

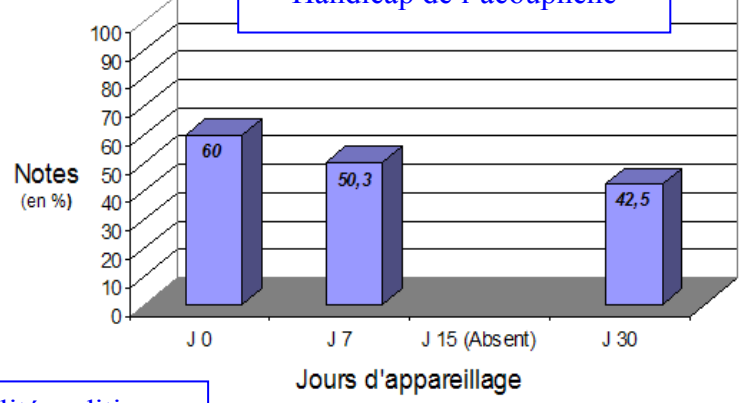


Résultats des questionnaires

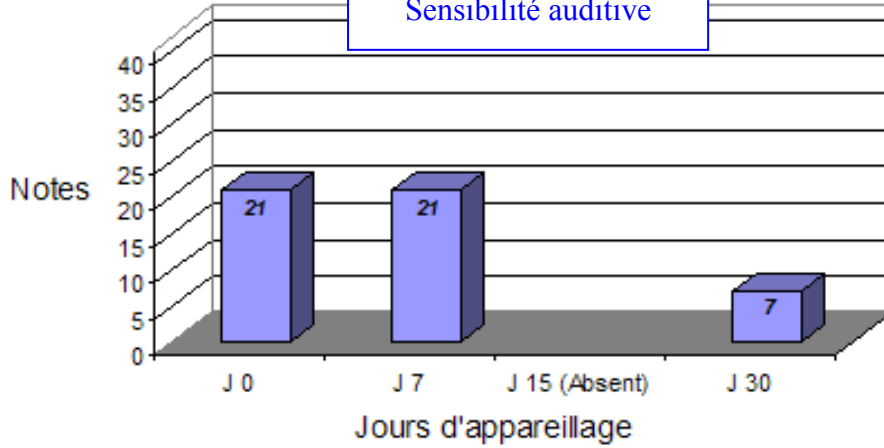
Sévérité de l'acouphène



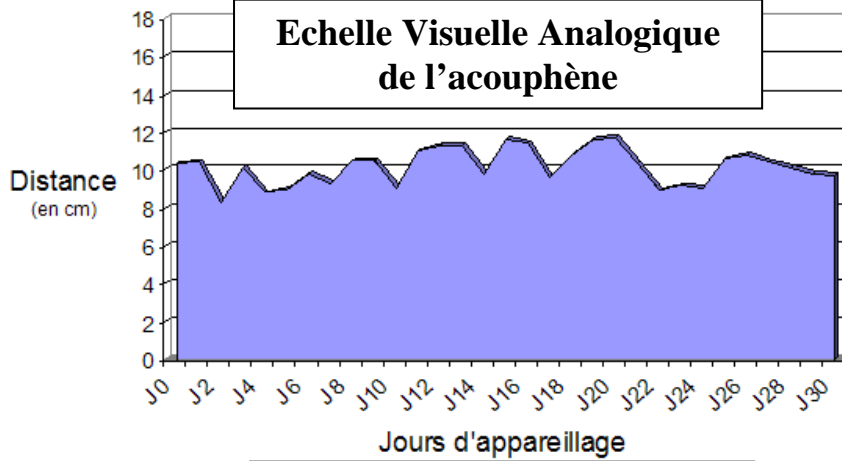
Handicap de l'acouphène



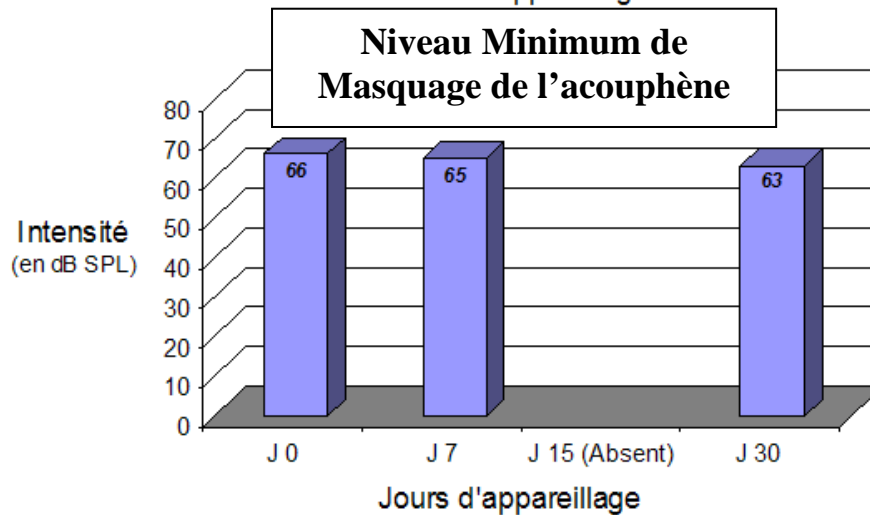
Sensibilité auditive



Echelle Visuelle Analogique de l'acouphène



Niveau Minimum de Masquage de l'acouphène

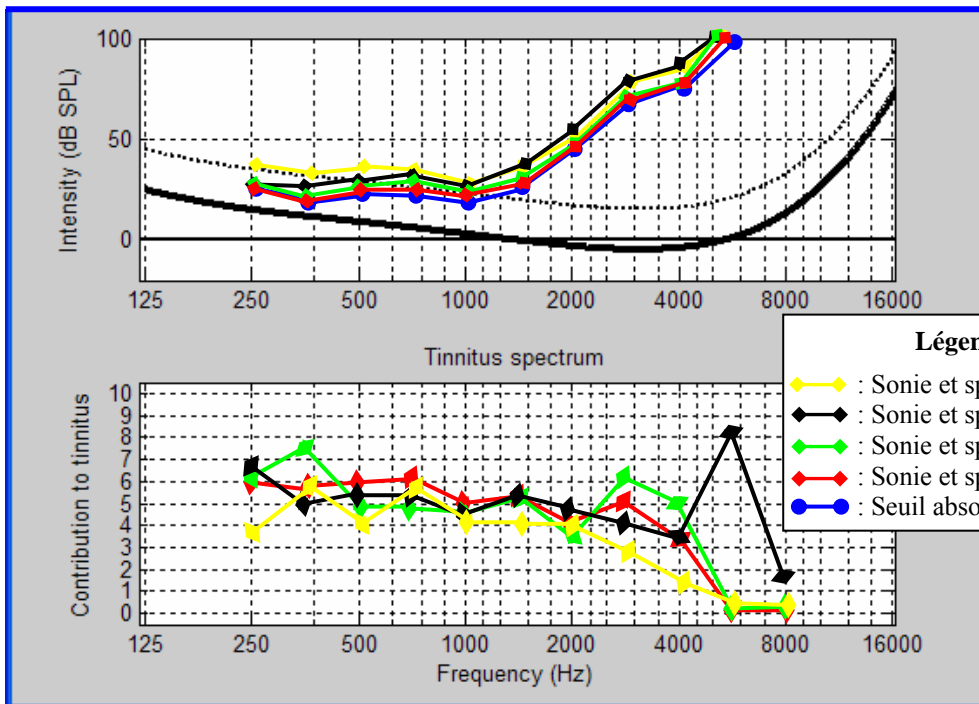


Sujet n°4 : Mr R.

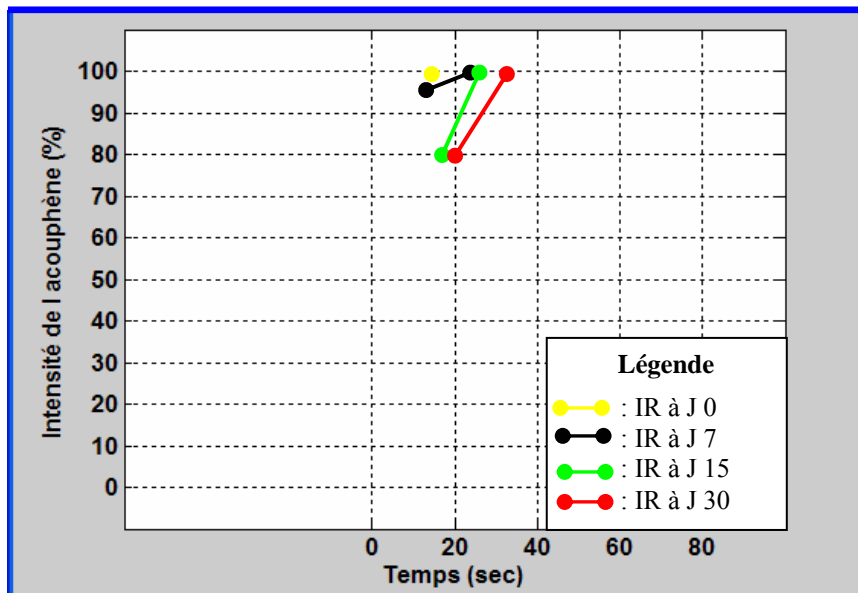
Anamnèse

- Age : 75 ans
- Latéralité de l'acouphène : Aucune (perçu dans les deux oreilles)
- Date d'apparition de l'acouphène : Depuis 20 ans
- Etiologie de l'acouphène : Otites à répétition mal soignées, puis perte auditive.
- Appareillage bilatéral
- Oreille testée : Droite
- DDP Totale : 272heures
- DDP Moyenne : 12,3 h/j

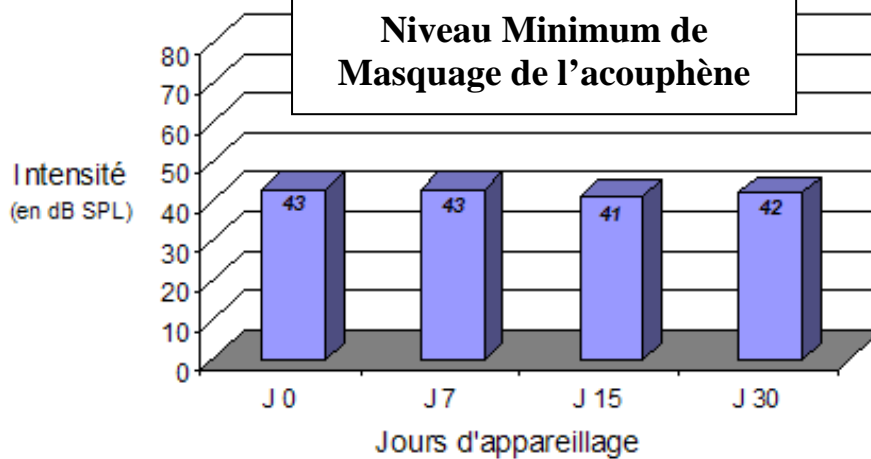
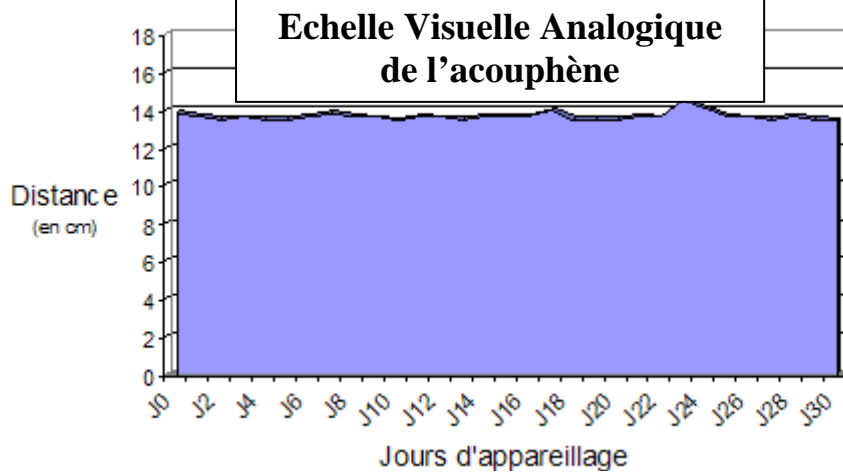
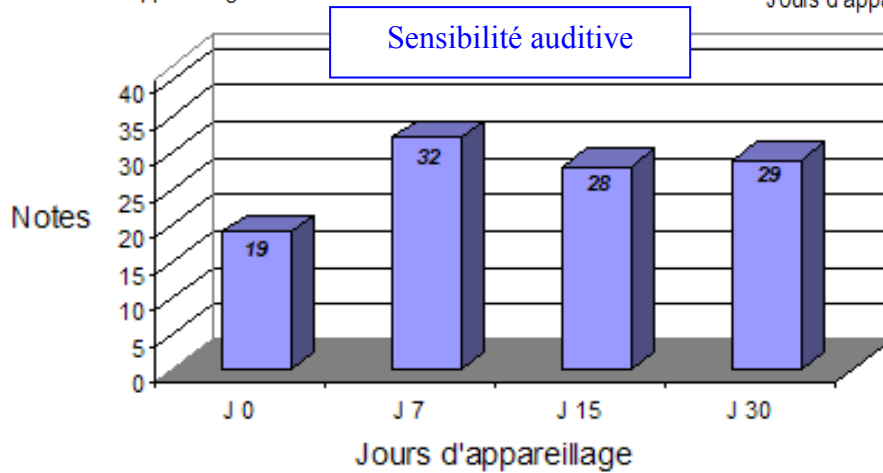
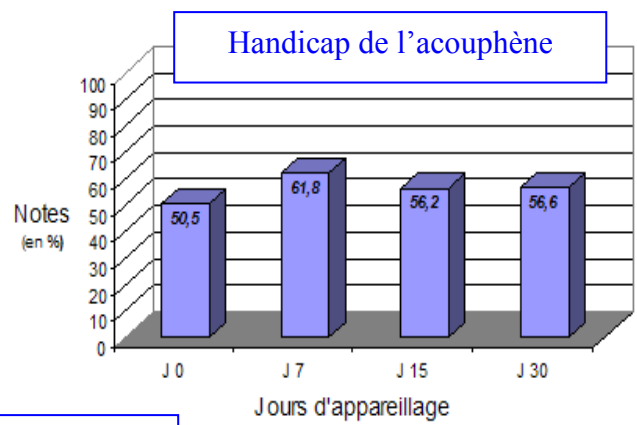
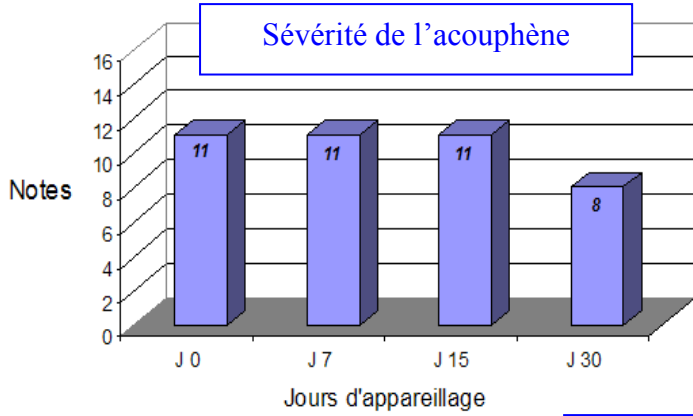
Sonie et spectre de l'acouphène



Inhibition Résiduelle de l'acouphène



Résultats des questionnaires

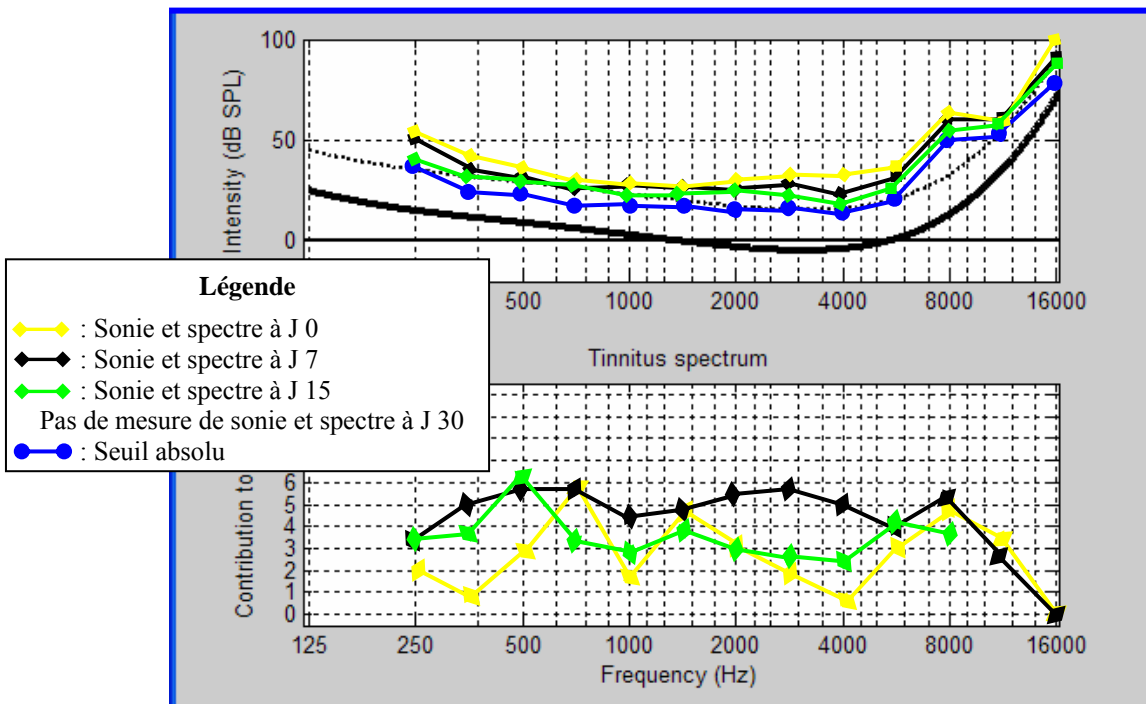


Sujet n°5 : Mr D.

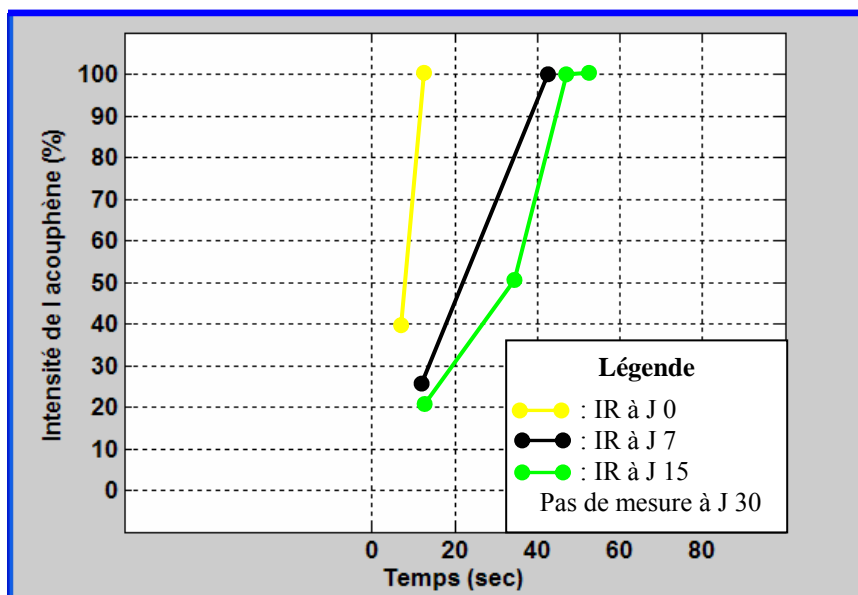
Anamnèse

- Age : 41 ans
- Latéralité de l'acouphène : Oreille gauche
- Date d'apparition de l'acouphène : Depuis Mars 2004 (jour de l'opération)
- Etiologie de l'acouphène : Suite à l'ablation de son neurinome
- Appareillage Cros
- Oreille testée : Droite
- DDP Totale : 375heures
- DDP Moyenne : 11,7 h/j

Sonie et spectre de l'acouphène

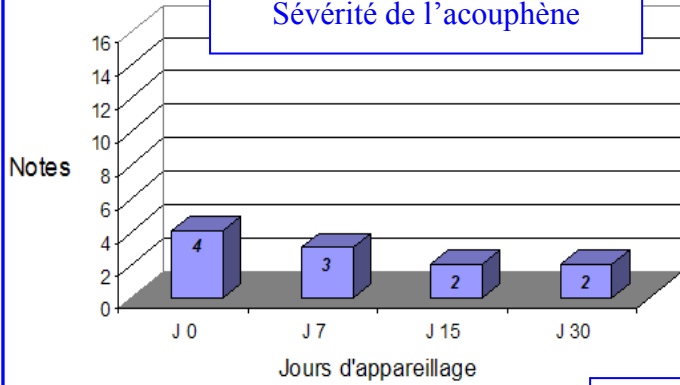


Inhibition Résiduelle de l'acouphène

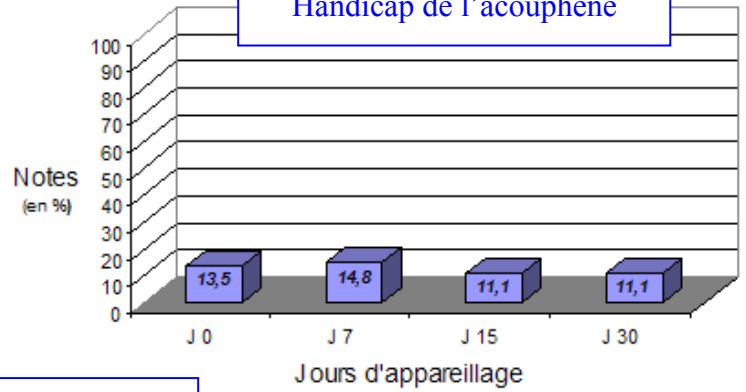


Résultats des questionnaires

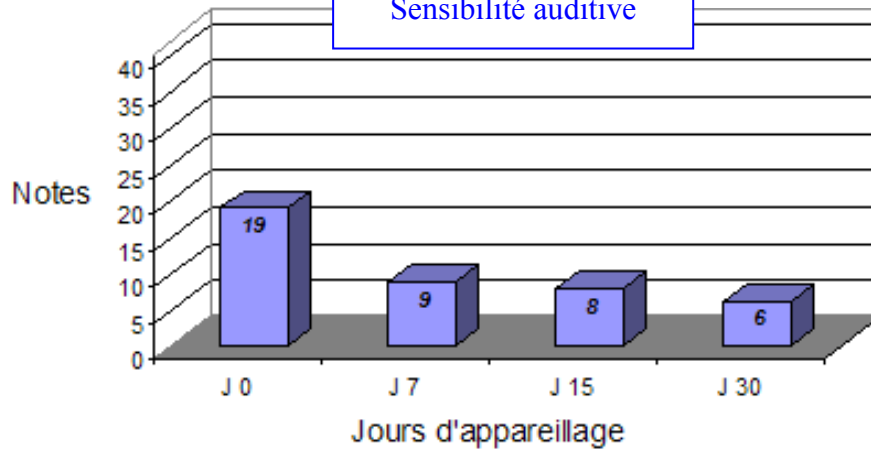
Sévérité de l'acouphène



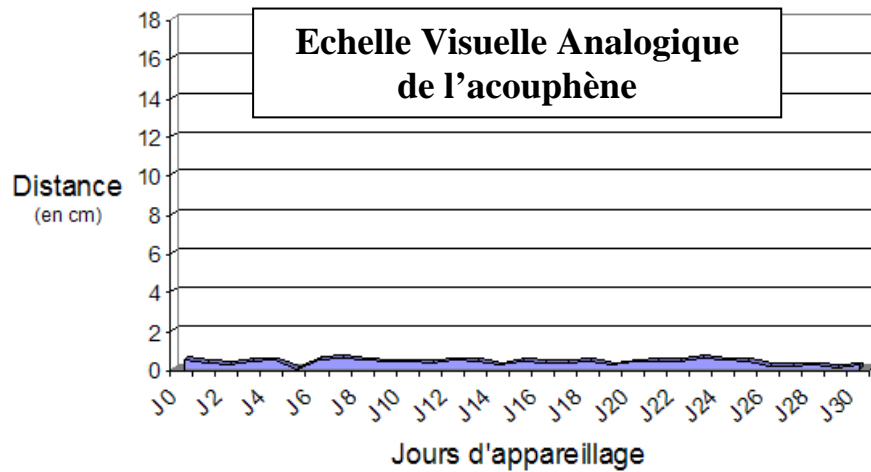
Handicap de l'acouphène



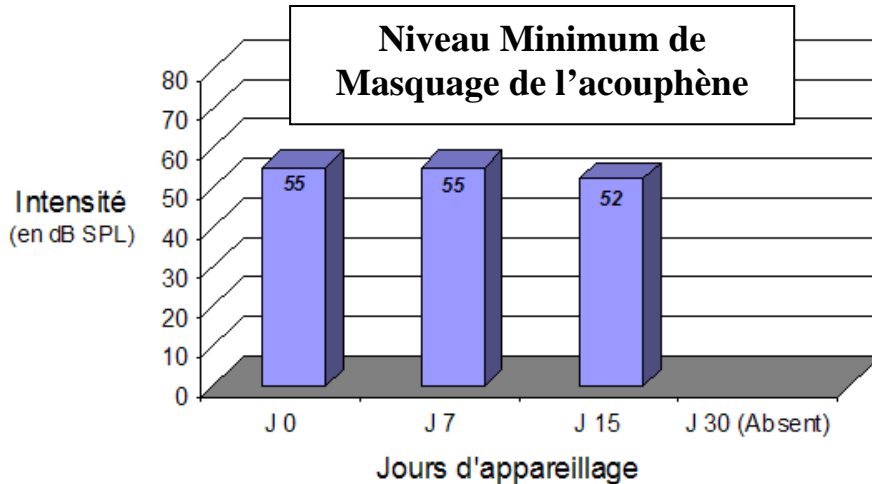
Sensibilité auditive



Echelle Visuelle Analogique de l'acouphène



Niveau Minimum de Masquage de l'acouphène



4. Discussion

Durant les 4 mois de mesures, seulement 5 sujets ont pu intégrer l'étude et être testés « jusqu'à terme » dans les meilleures conditions. D'autres sujets testés (4 au total) sont « sortis » du cadre de l'étude (port irrégulier des ACA, fluctuations pré appareillage importantes de leur acouphène...) ou ont souhaité stopper leur collaboration (fatigue relative aux tests...).

Ainsi, le peu de données obtenues ne peut pas être véritablement représentatif et une analyse statistique, en plus d'être une aberration, n'aurait eu aucune valeur (c'est pourquoi nous avons préféré représenter les résultats individuellement). D'ailleurs, avec ce faible nombre de sujets testés, l'analyse des résultats est à entreprendre avec précaution :

◆ Pourcentage homme/femme

Le rapport de 100 % d'hommes et de 0 % de femme n'est pas représentatif, d'une part de la répartition des sexes chez les acouphéniques (quasi équivalence homme/femme d'après Brown, 1990), et de la clientèle dans un laboratoire d'audioprothèse d'autre part. Ceci est une conséquence du nombre limité de personnes recrutées pour l'étude : si nous avons testé un plus grand nombre de personnes, les chiffres se seraient certainement rapprochés de ce habituellement constatés.

◆ Age

Avec une moyenne d'âge de 69,2 ans et un écart type de 17 ans, on peut dire que pour le peu de personnes testées, les chiffres sont assez représentatifs de la tranche d'âge la plus touchée statistiquement par le symptôme (cf partie précédente sur prévalence/épidémiologie) et du public « type » rencontré en audioprothèse.

◆ Latéralité de l'acouphène

Avec 100% de perception de l'acouphène dans les deux oreilles ou dans la tête, nous ne retrouvons pas non plus de similarité avec la latéralité observée dans les études précédentes (dominance du côté gauche : Axelsson, 1995). Cette différence de résultats peut s'expliquer par plusieurs choses : Premièrement et comme déjà stipulé, le faible nombre de sujets n'est pas suffisamment représentatif et ne peut pas être significativement comparable à un groupe plus large. Ensuite, les spécificités propres des sujets de cette étude (moyenne d'âge, étiologie de leur acouphène et de leur perte auditive, type de perte auditive...) font qu'ils ne peuvent pas être comparés de façon objective à un groupe déjà répertorié.

◆ DDP des ACA

L'observation de la DDP totale ou moyenne met en exergue une relation de causalité entre ce paramètre et l'importance de la diminution de la sonie de l'acouphène (voir sujet 4 par rapport au sujet 1). Ceci confirme l'étude de Melin effectuée en 1987, mais la quantité trop faible de mesures ne permet pas à ce jour, de donner une DDP « seuil » aussi précise que celle qui a été donnée (Melin : différence entre les sujets portant leur ACA moins de 2 heures par jour avec ceux les portant plus). Nous pouvons seulement constater que plus la DDP est importante, et plus l'atténuation de la sonie de l'acouphène est prononcée.

Par contre, cette causalité est moins vérifiée si l'on s'intéresse à l'évolution des autres paramètres de l'acouphène (spectre, inhibition résiduelle, NMM...).

◆ La sonie de l'acouphène

Le test acouphénométrique de mesure de la sonie de l'acouphène montre assez nettement (avec quelques variations près) deux choses chez la quasi-totalité des sujets :

- D'abord que cette sonie se situe la plupart du temps entre 5 et 10 dB (10,5 dB en moyenne) au dessus du seuil absolu (ce qui corrobore les études précédentes : Cazals et Bourdin, 1983) ;
- Puis qu'elle a tendance à diminuer au fur et à mesure de l'appareillage (ce qui vérifie les résultats de Surr *et al.*, obtenus en 1985).

Ainsi la sonie de l'acouphène mesurée à J 30 se rapproche assez significativement du seuil absolu des sujets. Cette observation laisse supposer que les acouphéniques ont une perception diminuée de l'intensité de leur acouphène grâce la stimulation acoustique nouvellement apportée par leur ACA.

Pour confirmer ou infirmer cette hypothèse, l'analyse de l'EVA de l'acouphène semble être la plus appropriée. En effet, bien que cet outil mesure le même paramètre de l'acouphène, la forme utilisée est totalement différente.

L'exploration de cette EVA montre des résultats assez disparates :

- Pour certains sujets, la diminution progressive de la sonie de l'acouphène par la mesure est bien corrélée à une diminution tout aussi progressive sur l'EVA (sujet 1) ;
- Pour d'autres, cette diminution respective n'est pas flagrante (sujet 3 et 4) ;
- Enfin pour certains sujets, bien que l'évolution de l'EVA corrèle sensiblement les résultats des tests, sa variation anarchique est discutable (sujet 2 et 5).

D'ailleurs, on ne retrouve pas systématiquement une corrélation entre l'importance de la sonie de l'acouphène mesurée lors des tests avec celle représentée sur l'EVA (voir sujet 5). Ainsi ces éléments peuvent nous amener à nous questionner sur la valeur effective et sur les limites de l'EVA et du test de sonie de l'acouphène, en tout cas avec le type spécifique de sujets de cette étude.

Pour constater une relation entre la diminution de la sonie de l'acouphène et une répercussion dans les ressentis des sujets, l'observation des résultats aux questionnaires de sévérité et de handicap de l'acouphène doit être effectuée. En effet, si les tests de sonie nous montre une diminution de l'acouphène, les scores obtenus à ces deux questionnaires devraient diminuer aussi.

↳ Questionnaire de sévérité :

Dans l'ensemble, même si les résultats sont assez cohérents (bonne reproductibilité entre les différents rendez-vous, score à J30 généralement inférieur ou égal à celui de J0 : voir sujet 4), la diminution n'est pas significative et ne corrèle pas de façon démonstrative ce que nous pouvions imaginer : seulement deux sujets ont une diminution de la sévérité de leur acouphène (sujet 4 et 5).

↳ Questionnaire de handicap :

Mêmes remarques pour ce questionnaire que pour le questionnaire précédent : bonne reproductibilité inter-sessions, score à J30 généralement inférieur ou égal à celui obtenu à J0 mais pas de diminution significativement parlante.

Nous observons d'ailleurs une assez bonne cohérence entre l'importance des scores aux deux questionnaires (score important au questionnaire de sévérité = score important au questionnaire de handicap, et inversement) et donc une relation de causalité.

Par contre nous n'observons pas de corrélation entre l'intensité de l'acouphène mesurée lors des tests acouphénométriques et l'importance des scores aux questionnaires. Ceci ne signifie pas obligatoirement que les résultats sont faux, mais qu'il existe une grande hétérogénéité entre la sonie « réelle » de l'acouphène (bien que le test soit subjectif), et le regard que peut leur porter les sujets ou même les répercussions que l'acouphène peut avoir sur la vie des acouphéniques.

Cette constatation est parfaitement illustrée avec les sujets 1 et 3 :

Pour le sujet 3, alors que la sonie de l'acouphène mesurée n'est pas particulièrement élevée (6 dB en moyenne au dessus du seuil), les scores obtenus aux questionnaires sont relativement importants.

Inversement pour le sujet 1, alors que la sonie mesurée de son acouphène est assez élevée (12 dB au dessus du seuil en moyenne), l'importance des scores aux questionnaires est toute relative.

◆ **Sensibilité auditive**

Les résultats obtenus à ce questionnaire montre que cette sensibilité est intimement liée a certaines caractéristiques du seuil d'audition : plus la perte auditive est importante et plus la pente de l'audiogramme est marquée, plus les scores à ce questionnaires sont élevés.

Les exemples les plus démonstratifs de ces observations sont les sujets 4 et 5.

Il faut noter aussi que les scores obtenus à ce questionnaire diminuent sensiblement entre le J 0 et le J 30, avec une assez bonne reproductibilité inter-sessions (sauf erreur du sujet 4 à J0). Ceci prouve donc que l'appareillage auditif a fait diminuer leur sensibilité vis à vis des sons de fortes intensités (de façon importante quelque fois : voir sujets 3 et 5). Leur niveau d'inconfort s'est donc vraisemblablement déplacé vers des niveaux plus élevés et ce, grâce à la nouvelle stimulation acoustique procurée par leur ACA.

Ceci est couramment observé par les audioprothésistes : les résultats au test LGOB, chez un patient appareillé, révèle un glissement progressive de sa fonction de sonie, tout au long de l'appareillage.

◆ **NMM et inhibition résiduelle de l'acouphène**

L'observation de l'évolution des résultats montre assez clairement plusieurs choses :

- D'abord que dans la plupart du temps, le NMM de l'acouphène diminue tout au long de l'appareillage (de 2 dB en moyenne) ;

- Ensuite que l'inhibition résiduelle de l'acouphène augmente progressivement (36 secondes en moyenne au bout d'un mois) avec un niveau nécessaire pour la provoquer de moins en moins important.

Ces observations corroborent les résultats de l'étude effectuée en 1985 par Surr *et al.* (cf détails plus haut).

Il faut noter que l'acouphène de nos sujets n'étant jamais latéralisé, la recherche du NMM avec un bruit blanc provoquait chez la moitié d'entre eux, un renforcement de la perception de leur acouphène dans l'oreille opposée. Cette interférence pouvait rendre plus difficile la recherche précise du NMM et l'estimation de l'inhibition résiduelle. Malgré cela, avec une bonne reproductibilité dans les mesures, les résultats sont tout de même cohérents et exploitables.

◆ Spectre de l'acouphène

Contrairement aux constatations effectuées sur la sonie de l'acouphène, l'étude de l'évolution du spectre de l'acouphène tout au long de l'appareillage est plus difficile.

En effet, même si l'on constate une variation du spectre de l'acouphène, son évolution est assez anarchique et ce, d'un sujet à un autre et entre les différentes sessions de tests chez un même sujet.

Ces importants changements, trop aléatoires et sur ce nombre faible de sujets, ne permettent donc pas d'analyser de façon objective les résultats de ces tests. Nous pouvons seulement constater que des variations se produisent...

Mais ces changements, bien qu'aléatoires, sont-ils l'esquisse d'une quelconque réorganisation centrale produite par la stimulation acoustique des ACA, ou est-ce que le test d'évaluation du spectre de l'acouphène n'est simplement pas approprié à ce « type » d'acouphénique ? La question reste posée et seule la poursuite des tests sur une quantité de sujets et une durée bien plus importante permettra d'y répondre.

Il est vrai que même si ce test a pu faire ses preuves (Norena *et al.*, 2002), ils n'a jamais été réalisé avec un groupe ayant les spécificités des sujets de cette étude (acouphène associé à une perte auditive de type presbyacousie, capacité cognitive des sujets âgés...).

Même si la reproductibilité du test n'est pas à remettre en cause (puisque'elle a pu être testée lors les différentes sessions), l'apparente évolution incohérente des résultats peut nous laisser perplexe.

Par contre, nous retrouvons bien une corrélation entre le type d'acouphène décrit par le sujet (sifflement, souffle...), et le spectre « véritablement » mesuré lors du test.

Cet élément pourrait nous faire pencher vers l'hypothèse précédente, selon laquelle ces variations seraient dues au port des ACA et aux nouvelles stimulations acoustiques qui produiraient, par plasticité, une réorganisation centrale. En d'autres mots, le port des ACA compenserait la diminution des entrées afférentes ce qui pourrait « normaliser » l'organisation centrale ou en tout cas la modifier.

Mais la réserve doit être de mise, et au terme de cette première série de mesures (le protocole se poursuit), toutes tentatives d'explications du phénomène est impossible et doit être proscrit.

Limites de l'étude

La taille et la composition de l'échantillon de cette étude peuvent être critiquées : la composition non représentative et le nombre limité de sujets permettant de dégager des observations peut fausser la valeur les interprétations.

La plus grande difficulté a résidé dans le recrutement des sujets correspondant aux critères que l'on s'était fixé et ce, en collaborant avec différents audioprothésistes, le tout dans une fenêtre temporelle réduite.

Durant cette période et au regard des difficultés rencontrées, les tests ont pu être modifiés, améliorés et affinés pour modeler et transformer une manipulation ressemblant à un « prototype » en un protocole plus établi. Cette étude doit donc être considérée comme une esquisse, une mise en place d'un protocole qui sera plus complet et qui fera l'objet d'une publication scientifique.

Ce travail fut fort enrichissant puisqu'il m'a permis de suivre l'évolution et la mise en place d'un protocole de recherche scientifique avec tout ce que cela implique.

Les tests psychoacoustiques réalisés dans cette étude furent, eux aussi, riches d'enseignement. En effet, ces mesures ne sont que rarement effectuées dans un laboratoire d'audioprothèse. Ceci peut s'expliquer par l'aspect chronophage de ces tests, difficilement liable au fonctionnement d'un tel laboratoire. Il est vrai qu'après la foultitude de tests audioprothétiques pratiqués, la réalisation des tests psychoacoustiques concernant l'acouphène est discutable (fatigue du sujet, fiabilité des mesures...). Le peu d'intérêt porté à ces tests sont certainement liés aux aspects précédemment cités mais aussi et surtout à leur valeur d'exploitation.

Même si ceci est compréhensible, il me semble dommage de délaisser ces tests puisqu'ils peuvent apporter énormément aux différents partis :

D'abord au testeur qui peut retirer de précieuses informations sur les caractéristiques de l'acouphène, sur son caractère intrusif ou tout simplement sur ce qu'entend le sujet (sonie, spectre, inhibition résiduelle et masquabilité) permettant par ailleurs de réfléchir à l'évolution des réglages audioprothétiques (gain dans les bandes concernées, fréquences de coupures, réducteur de bruit...).

Ensuite et surtout à l'acouphénique, avec un aspect psychologique non négligeable puisque le sujet éprouve la satisfaction que quelqu'un est enfin parvenu à « mesurer » ce qu'il entend en permanence (même si les tests sont subjectifs). D'ailleurs le fait de quantifier et de suivre l'évolution de son acouphène permet au sujet de mieux le « dominer » et le « dompter ».

Enfin cela permet aux proches d'être sensibilisés au caractère intrusif de l'acouphène en leur faisant écouter, par égalisation de sonie et de tonie, le bruit perçu. Il réalise alors ce qu'il entend en permanence, et le respecte d'autant plus. En effet, l'inaudibilité de l'acouphène par les proches représente une source de frustration : le sujet souffrant d'acouphène se sent dans l'impossibilité de faire entendre aux autres ce qui le dérange, il peut même avoir l'impression de ne pas être pris au sérieux par son entourage et estimer alors que personne n'est en mesure de comprendre ce qu'il endure.

Mais les limites des tests psychoacoustiques peuvent être rapidement atteints :

- Le test de sonie de l'acouphène : même si les résultats sont cohérents, il n'est pas facile de comparer et d'ajuster l'intensité d'un son pur de basse fréquence par exemple avec l'intensité d'un acouphène de type sifflement...
- Le test du spectre de l'acouphène : il a été difficile d'avoir une note bien tranchée (et à fort coefficient) lorsque l'on présente des sons purs car, comme nous l'avons vu, l'acouphène des sujets ressemble souvent à une bande étroite de bruit. D'ailleurs les notes émises par le sujet varient énormément en fonction du son pur précédemment présenté (son grave/son aigu)...

De manière générale, le trait commun qui paraissait déstabiliser les sujets lors de ces tests acouphénométriques est certainement leur grande subjectivité, encore plus présente que pour une mesure de seuil absolu par exemple.

C'est pourquoi, même si cette première série de mesures est encourageante, il faut prendre garde au discours dispensé à l'acouphénique. Lui faire miroiter des résultats utopiques ou lui faire croire que le port d'ACA créera à « coup sûr » des modifications et des améliorations notables sur les caractéristiques psychoacoustiques de l'acouphène seraient une erreur fondamentale (on pourrait d'ailleurs provoquer involontairement des modifications lors des tests : on aborde l'idée de l'effet placebo).

Personnellement, le fait de collaborer avec le CNRS m'a permis de découvrir un monde jusqu'alors inconnu. Cet environnement de recherche scientifique m'a énormément apporté et a pu compléter ma formation. J'ai pu d'ailleurs entrevoir quelque fois ses limites : la recherche ne dispose pas toujours des moyens matériels, humains ou financiers permettant d'atteindre de façon optimale les objectifs fixés. Mais il me semble que toute équipe de recherche est confrontée à ce type de problème, et ces difficultés à surmonter font parti intégrante de cette dite recherche.

Conclusion :

Au terme de ces premières séries de mesures, on peut dire que le port d'ACA chez les malentendants acouphéniques n'est pas sans impacts sur l'acouphène.

Mais après si peu de mesures, il n'est pas possible de quantifier précisément jusqu'à quel niveau ces modifications ont lieu, si elles se stabiliseraient ou si elles s'atténueraient avec le temps (effet placebo ou atténuation du phénomène). Par contre, même s'il ne faut pas fonder de faux espoirs dans le port des ACA, les résultats obtenus dans une si petite fenêtre temporelle restent prometteurs. Seule la prolongation du protocole maintenant optimum pourra peut être devenir la source d'un espoir thérapeutique pour les acouphéniques. Dans l'idéal, le fait de porter des ACA permettrait de compenser la diminution des entrées afférentes engendrées par la perte auditive, ce qui normaliserait ou modifierait à terme l'organisation centrale et donc interviendrait sur les caractéristiques de l'acouphène.

Si ce schéma se révélait être vrai, la place d'un appareillage auditif prendrait une toute autre importance. Se poseraient alors les questions de la réévaluation de la prise en charge des ACA et de la formation des audioprothésistes :

Tout d'abord, dans ce cas idéal les ACA ne seront plus vue comme une « aide auditive » destinée simplement à améliorer la qualité de fin de vie du malentendant mais seront peut être considérées comme une nouvelle approche thérapeutique. Il faudra alors revoir la considération de ces appareils ainsi que leur prise en charge. Actuellement des exemples bien connus d'appareils permettant le traitement des acouphènes ne sont toujours pas reconnus et il faut avouer que la législation est tout à fait insuffisante à ce sujet puisque les patients ne peuvent être indemnisés que sur la base de leur surdité.

Ensuite, la question de la formation des professionnels destinés à cette prise en charge devra être posée. La difficulté actuelle est de trouver un audioprothésiste motivé qui accepte de passer du temps à se former sur le sujet pour prendre en charge techniquement les patients et du temps à passer avec l'acouphénique. En effet, même si la prise en charge des personnes acouphéniques est très gratifiante, elle n'en reste pas moins longue et complexe, pour peu qu'elle soit menée avec rigueur.

De façon générale, ce travail m'a permis de découvrir l'aspect fascinant de la recherche scientifique, d'autant que la thématique abordée est très attrayante.

Les recherches et les discussions gravitant autour des « *Acouphènes* » en général sont actuellement plus présentes que jamais et ne laissent pas indifférent les chercheurs ou les acouphéniques. Espérons qu'avec l'essor de nouvelles thérapies novatrices, l'avenir du traitement des acouphènes s'éloignera inexorablement du classique « *il faut apprendre à vivre avec...* ».

- Bibliographie -

- Axelsson A., Tinnitus epidemiology. *Proceedings of the Vith international tinnitus seminar. G.E Reich and J.A. Vernon (eds)*, Portland, USA, 1995, p. 249-254.
- Brown S. C., Older americans and tinnitus : A demographic study and chartbook. *R.C. Johnson and D.L. Smith (eds)*, Washington D.C., USA, 1990.
- Burns E.M., A comparison of variability among measurements of subjective tinnitus and objective stimuli. *Audiology*, 1984, 23: 426-440.
- Cazals Y., et Bourdin M. Etude acoustique des acouphènes. *Revue de Laryngologie*, 1983 ; 104 : 433-438.
- Coles R.R.A., Epidemiology of tinnitus. Demographic and clinical features. *J. Laryngol. Otol. Suppl.*, 1984, 9 : 195-202.
- Dauman R., Acouphènes: mécanismes et approche clinique. *Encycl. Méd. Chir., Oto-rhino-laryngologie*, Paris, 1997, 20-180-A-10.
- Feldmann H., Homolateral and contralateral masking of tinnitus by noise bands and by pure tones. *Audiology*, 1971 ; 10 : 138-144.
- Feldmann H., Masking of tinnitus, Historical remarks. *Proceedings III International Tinnitus Seminar Karlsruhe, Harsch Verlag*, 1987, p. 210-213.
- Geoffray B. et Chéry-Croze S., L'acouphène en France : enquête épidémiologique préliminaire. In : *106^{ème} congrès français ORL. Société française d'ORL et de chirurgie de la face et du cou (ed)*., Paris, Octobre 1999, p. 57.
- Goldstein B. et Shulman A. Tinnitus masking. A longitudinal study of efficacy/diagnosis 1977-1994 ; Portland ; p. 315-21.
- Guitton M.J. et al., Salicylate induces tinnitus through activation of cochlear NMDA receptors. *J. Neurosci.*, 2003, 23 : 3944-52.
- Hazell J.W.P. A tinnitus synthesizer: physiological considerations. *J. Laryngol. Otolology*, 1981, 4: 187-195.
- Hazell et al., A clinical study of tinnitus maskers. *Brit J. Audiol*, 1995 ; 19 : 64-116.

- Henry J. A. et al., Audiometric correlates of tinnitus pitch : Insights from the tinnitus data registry. *Proceedings of the VIth international tinnitus seminar. J. Hazell (ed)*, Cambridge, UK, 1999, p. 51-57.
- Itard J.-M.G. ; *Traité des maladies de l'oreille et de l'audition*, Paris, *Mequignon-Marvis*, 1821.
- Ito J., Sakakihara J., Suppression of tinnitus by cochlear implantation. *Am J. Otolaryngol.*, Japan, 1994, 15(2): 145-8.
- Jastreboff P.J., Phantom auditory perception (tinnitus): mechanisms of generation and perception. *Neurosci. Res.*, 1990, 8 : 221-2254.
- Jones I., Knudsen V., Certain aspects of tinnitus, particularly treatment. *Laryngoscope*, 1928 ; 38 : 597-611.
- Meikle M. B. et al., Relationships between tinnitus and audiometric variables in a large sample of tinnitus clinic patients. *Proceedings of the IVth international tinnitus seminar. J.-M. Aran and R. Dauman (eds)*, Bordeaux, France, 1991, p. 27-34.
- Melin L. and al., Hearing aids and tinnitus : an experimental group study., *BR J Audiol.*, 1987, 21(2) : 91-7.
- Meyer Bernard, Acouphènes et hyperacousie, *Société française d'Oto-rhino-laryngologie et de chirurgie de la face et du cou*, Paris, 2001, p. 1-444.
- Mitchell C., Masking of tinnitus with pure tones. *Audiology*, 1983, 22 : 73-87.
- Morgon A.-H., Suppléance instrumentale de la surdité : les aides auditives, *Société française d'Oto-rhino-laryngologie et de pathologie cervico-faciale*, 1998, p. 243-250.
- Mrena R. et al. Characteristics of tinnitus induced by acute acoustic trauma : a long-term follow-up. *Audiol Neurootol.*, Finland, 2002, 7(2): 122-30.
- Norena Arnaud, Thèse du diplôme de Doctorat : Corrélat psychoacoustiques et électrophysiologiques de l'acouphène : implications pour un nouveau modèle neurophysiologique, 2001, p. 1-457.
- Norena A. et al., Psychoacoustic characterization of the tinnitus spectrum : implications for the underlying mechanisms of tinnitus. *Audiol. Neurootology* 7, 2002, 358-369.
- Norton S.J., Schmidt A.R. and Stover L.J., Tinnitus and otoacoustic emissions: Is there a link ?, *Ear and Hearing*, 1990, 11: 159-166.

- Penner M.J., Synthesizing tinnitus from sine waves. *J. Speech Hear. Res.*, 1993, 36: 1300-1305.
- Puel J.L., in Tinnitissimo, *La Revue de France Acouphènes*, Janvier 2004, p. 12-13.
- Puel J.L. et al., Treatment of tinnitus. New perspectives. *Presse Med.*, 2002, 31 : 1137-43.
- Puel J.L. et al., The inner hair cell synaptic complex : physiology, pharmacology and new therapeutic strategies. *Audiol. Neurootol.*, 2002, 7(1) : 49-54.
- Puel J.L. et al., The inner hair cell afferent/efferent synapses revisited : a basis for new therapeutic strategies. *Adv. Otorhinolaryngol.*, 2002, 59 : 124-30.
- Puel J.L. Chemical synaptic transmission in the cochlea. *Prog. Neurobiol.*, 1995, 47 (6) : 449-76.
- Pujol R. et Puel J.L., Excitotoxicity, synaptic repair, and functional recovery in the mammalian cochlea : a review of recent findings. *Ann. NY. Acad. Sci.*, 1999, 884 : 249-54.
- Saltzman M., Ersner M.S., A hearing aid for the relief of tinnitus aurium, *Laryngoscope*, 1947 ; 57 : 358-366.
- Sirimanna T., Stephens D. and Board T., Tinnitus and audioscan notches. *J. Audiol. Med.* 1996, 5 : 38-48.
- Stouffer J.L. and Tyler R.S., Characterization of tinnitus by tinnitus patient. *J. Speech Hear. Dis.*, 1990, 55: 439-453.
- Surr RK., Montgomery AA., Mueller HG., Effect of amplification on tinnitus among new hearing aid users. *Ear Hear.*, 1985, 6(2) : 71-5.
- Surr RK. et al., Tinnitus Handicap Inventory as a hearing aid outcome measure. *Am Acad. Audiol.*, Washington DC., USA, 1999, 10(9) : 489-95.
- Tyler R.S. and Conrad-Arnes D., Tinnitus pitch: A comparison of three measurement technique. *Brit. J. Audiol.*, 1983, 17: 101-107.
- Tyler R.S., and Conrad-Arnes D., The masking of tinnitus compared to the masking of pure tones. *J. Speech Hear. Res.*, 1984, 27: 106-111.
- Tyler R.S. and Stouffer J.L., Binaural tinnitus masking with a noise centered on the tinnitus. *Proceedings of the IVith international tinnitus seminar. J.-M. Aran and R. Dauman*, Bordeaux, France, 1991, p. 391-394.

- Tyler R. S., The psychophysical measurement of tinnitus, *Proceedings of the IVith international tinnitus seminar. J.-M. Aran R. Dauman*, Bordeaux, France, 1991, p. 17-26.
- Tyler R.S., Research needs for the treatment of tinnitus through instrumentation, *American Tinnitus Association*, 1996, p.357-361.
- Vernon J., Attempts to relieve tinnitus. *Audiology Soc.*, 1977 ; 2 : 124-131.
- Vernon J.A., Griest S. and Press L., Attributes of tinnitus and the acceptance of masking. *Am. J. Otolaryngol.*, 1990, 11: 44-50.
- Vernon J., Common Errors in the use of masking for relief of tinnitus. In : *Tinnitus : diagnosis/treatment. Lea & Feboger*, Philadelphia, 1991, p. 50-66.
- Vernon J.A., Press L.A., Griest S.E., and Storter K.V., Acoustic stimulation and tinnitus. *Proceedings of the IVith international tinnitus seminar. J.-M. Aran R. Dauman*, Bordeaux, France, 1991, p. 363-369.
- Vernon J., Characteristics of tinnitus induced by head injury. *Arch. Otolaryngol.*, 1994 ; 120 : 547-549.

Annexes

NOTICE D'INFORMATION
Remise aux sujets pour une recherche
sans bénéfice individuel direct

- **Titre de la recherche :**

**Est-il possible d' interférer avec les mécanismes de plasticité
sous-jacents aux perceptions auditives fantômes ?**

- **Organisation :**

L'étude est réalisée par l'UMR CNRS 5020, sous la responsabilité du Pr. COLLET Lionel (investigateur) et du Dr Sylviane CHÉRY-CROZE (co-investigateur), de M. Arnaud NORENA et M. Morgan Potier (collaborateurs scientifiques).

Le CNRS, promoteur de cette étude, a souscrit une assurance.

- **Objectifs scientifiques :**

Etude de l'effet du port d'une prothèse auditive sur les caractéristiques psychoacoustiques de l'acouphène.

- **Méthodologie et déroulement de l'expérimentation :**

Vous devrez, à votre domicile et pendant une période déterminée (6 mois), noter quotidiennement sur une échelle subjective l'intensité de votre acouphène ainsi que la durée de port journalière de votre prothèse auditive. Au total, le protocole aura une durée de 6 mois.

De plus, à 6 temps différents de l'étude proprement dite (2 fois avant le port d'une prothèse auditive, puis à 7 jours, 15 jours, 1 mois et 6 mois après le début du port de la prothèse), vous devrez vous rendre à l'UMR 5020, 50 Avenue Tony Garnier – LYON, où tout le matériel nécessaire à la réalisation des tests est disponible.

Vous vous installerez dans une chambre insonorisée où vous serez confortablement assis(e). Un casque audio sera placé sur vos oreilles.

Des tests psychoacoustiques seront alors effectués :

- audiogramme tonal
- acouphénométrie
- seuils d'inconfort

Vous devrez également répondre à deux questionnaires destinés à quantifier la gêne occasionnée par votre acouphène. Enfin, vous devrez répondre à un 3^{ème} questionnaire dont le but est de caractériser votre sensibilité auditive.

- **Contraintes et désagréments**

Les tests psychoacoustiques sont répétitifs et requièrent une attention relativement soutenue. Afin de garder une attention constante tout au long de la séance, vous pourrez prendre des pauses à votre convenance.

- **Protection des volontaires**

Ce protocole a reçu un avis favorable du comité consultatif de protection des personnes dans la recherche biomédicale du centre Léon Bérard de Lyon, le 4 décembre 2003 amendé le 20 septembre 2004.

Les tests réalisés sont d'une totale innocuité auditive. Les intensités sonores utilisées sont très largement en deçà des niveaux émis par les instruments de musique et le risque de traumatisme auditif est nul.

- Votre participation sera enregistrée dans le Fichier National des Volontaires se prêtant à des recherches biomédicales. Si vous le désirez, vous avez la possibilité de vérifier l'exactitude des données vous concernant et présentes dans ce fichier, ainsi que celle d'exercer votre droit de rectification et d'opposition en vous adressant au Pr. L. Collet (UMR CNRS 5020 Neurosciences et Systèmes Sensoriels, Université Lyon1, 50 Avenue Tony Garnier, 69366 LYON cedex 07).

- Votre consentement ne décharge pas les organisateurs de la recherche de leur responsabilité et vous conserverez tous vos droits garantis par la Loi n° 88-1138 du 20 décembre 1988 modifiée et la Loi informatique et liberté du 6 janvier 1978 modifiée.

- Vous pouvez notamment retirer votre consentement à tout moment. Vous en informerez alors Mme Chéry-Croze (tél : 04.37.28.74.93).

- Vous ne pourrez pas participer à une autre recherche sans bénéfice individuel direct pendant toute la durée du protocole.

Date :

Nom de l'investigateur :

Signature du sujet :

CONSENTEMENT DE PARTICIPATION
pour une recherche sans bénéfice individuel direct

(un exemplaire cosigné doit être remis à la personne qui participe)

Je soussigné(e) :

Adresse :

Téléphone :

déclare accepter participer à la recherche biomédicale intitulée :

**Est-il possible d' interférer avec les mécanismes de plasticité
sous-jacents aux perceptions auditives fantômes ?**

organisée par le Pr. Collet et Mme S. Chéry-Croze.dans les conditions précisées ci-dessous et pour laquelle le CCPPRB de LYON – Centre Léon Bérard a émis un avis favorable le 4 décembre 2003 amendé le 23 septembre 2004.

Le CNRS promoteur a, conformément à la loi, contracté une assurance.

J'ai reçu et j'ai bien compris les informations comprises dans la feuille ci-jointe

Il m'a été précisé que :

- je suis libre d'accepter ou de refuser ainsi que d'arrêter à tout moment ma participation.
- les données qui me concernent resteront strictement confidentielles. Je n'autorise leur consultation que par des personnes qui collaborent avec le Pr. Collet et, éventuellement, un représentant des autorités de santé.
- la publication des résultats de la recherche ne comportera aucun résultat individuel identifiant.
- cette recherche étant sans bénéfice individuel pour les personnes qui y participent, j'accepte d'être inscrit sur le fichier national des personnes qui se prêtent à des recherches biomédicales. je pourrai exercer mon droit d'accès, de rectification ou d'opposition auprès du Pr. Collet ou du ministre chargé de la santé, des données me concernant présentes dans le fichier et de la destruction de ces données au terme du délai prévu à l'article R.2045 du code de la santé publique.
- ce protocole ne comporte pas de période d'exclusion.
- si je le désire, je peux être tenu au courant des résultats globaux de la recherche en m'adressant au Pr. Collet ou à S. Chéry-Croze.

Mon consentement ne décharge pas les organisateurs de la recherche de leurs responsabilités.

Je conserve tous mes droits garantis par la loi.

Fait à,
le

Nom et signature de l'investigateur

Signature du sujet

QUESTIONNAIRE DE PRE-SELECTION

NOM :

Prénom :

Sexe :

Age :

Depuis quand avez-vous un acouphène ?

Où l'entendez-vous ?

- oreille droite
- oreille gauche
- les deux oreilles
- la tête
- autres ? SI OUI préciser

Vous souvenez-vous dans quelles circonstances il est apparu ?

D'après vous ou d'après ce que vous ont dit les médecins, quelle en serait la cause probable ?

Votre acouphène varie-t-il :

En fréquence (plus ou moins grave ou aiguë) ?

En intensité ?

Si oui, ces variations sont-elles fréquentes ?

Ont-elles d'après vous une (ou plusieurs) causes que vous avez repérée(s) ?

Prenez-vous des médicaments, pour l'acouphène ou une autre raison :

Si oui, lesquels ?

Echelle S

(d'après Halford et al., 1991, adaptation française Meric et al.)

Instructions : Répondre par oui et par non aux questions suivantes :

- 1- Vous arrive-t-il d'avoir des difficultés à vous concentrer à cause de votre acouphène ?..... OUI-NON
- 2- Etes-vous presque constamment conscient de la présence de votre acouphène ?..... OUI-NON
- 3- Votre acouphène vous gêne-t-il dans des activités physiques telles que vous habiller ou faire votre jardin ? OUI-NON
- 4- Votre acouphène vous gêne-t-il pour vous endormir ?..... OUI-NON
- 5- Pourriez-vous dire que généralement votre acouphène ne vous dérange pas ?..... OUI-NON
- 6- Vous arrive-t-il de passer quelques heures sans prendre garde à votre acouphène ?..... OUI-NON
- 7- Votre acouphène est-il très bruyant ?..... OUI-NON
- 8- Vous arrive-t-il d'en avoir assez de votre acouphène ?..... OUI-NON
- 9- Vous arrive-t-il souvent de passer un jour ou plus sans acouphène ?..... OUI-NON
- 10- Oubliez-vous souvent votre acouphène quand vous êtes occupé(e) ?..... OUI-NON
- 11- Votre acouphène est-il présent au moins une partie de chaque jour ?..... OUI-NON
- 12- Votre acouphène vous empêche-t-il de vous relaxer ?..... OUI-NON
- 13- Bien que votre acouphène soit très agaçant, pourriez-vous dire qu'il ne vous abat pas ?..... OUI-NON
- 14- Parlez-vous souvent des problèmes que votre acouphène occasionne aux autres ?..... OUI-NON
- 15- Est-il habituel que votre acouphène vous gêne quand vous essayez de lire ou de regarder la télévision ? OUI-NON
- 16- Pourriez-vous dire que la vie serait plus agréable si vous n'aviez pas d'acouphène ?..... OUI-NON

Questionnaire H

(de F. K. Kuk, R. S. Tyler et al., 1990, adaptation française Meric et al.)

Instructions : Donner une note à chacune des phrases ci-dessous. Cette note, comprise entre 0 et 100, doit représenter combien vous êtes d'accord avec la phrase proposée :

- 0 si vous n'êtes pas d'accord du tout
 - 100 si vous êtes entièrement d'accord
 - TOUTES les notes intermédiaires sont autorisées.
-

- 1 - Mon acouphène m'empêche d'apprécier la vie
- 2 - Mon acouphène empire avec les années
- 3 - Mon acouphène me gêne pour dire d'où viennent les sons
- 4 - Pendant les réunions, mon acouphène m'empêche de suivre la conversation
- 5 - J'évite les endroits bruyants à cause de mon acouphène
- 6 - Quand je discute avec quelqu'un dans un endroit bruyant mon acouphène me gêne pour comprendre ce qu'on me dit
- 7 - Je suis mal à l'aise dans mes relations sociales à cause de mon acouphène
- 8 - Le grand public ignore le caractère dévastateur des acouphènes
- 9 - Mon acouphène m'empêche de me concentrer
- 10 - Les acouphènes entraînent des problèmes familiaux
- 11 - Mon acouphène me rend dépressif (ve)
- 12 - Je trouve difficile d'expliquer aux autres ce qu'est un acouphène
- 13 - L'acouphène provoque le stress
- 14 - Mon acouphène m'empêche de me relaxer
- 15 - Je me plains plus à cause de mon acouphène
- 16 - Mon acouphène me gêne pour m'endormir
- 17 - Mon acouphène me donne une sensation de fatigue
- 18 - Mon acouphène me donne un sentiment d'insécurité
- 19 - Mon acouphène contribue à une sensation de mauvaise santé
- 20 - Mon acouphène retentit sur la qualité de mes relations avec les autres
- 21 - Mon acouphène a diminué ma capacité à comprendre ce qui est dit
- 22 - Mon acouphène me donne un sentiment de contrariété
- 23 - Quand je regarde la télévision, mon acouphène me gêne pour comprendre ce qui est dit
- 24 - Mon acouphène me rend anxieux
- 25 - Ma façon de voir concernant les acouphènes est saine
- 26 - En ce qui concerne mon acouphène, mes amis me soutiennent moralement
- 27 - Je me sens souvent frustré(e) à cause de mon acouphène

QUESTIONNAIRE DE SENSIBILITE AUDITIVE

Dans le questionnaire suivant, cochez la case correspondant à la réponse la plus adéquate pour vous (non, oui un peu, oui modérément, oui beaucoup).

	non	oui un peu	oui modé- rément	oui beaucoup
1/ Vous arrive-t-il d'utiliser des bouchons, boules quiès ou casque, pour limiter votre perception du bruit ?	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
2/ Avez-vous des difficultés à ne plus faire attention aux sons qui vous entourent dans les situations de la vie quotidienne ?	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
3/ Etes-vous gêné(e) pour lire dans un environnement bruyant ou sonore ?	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
4/ Etes-vous gêné(e) pour vous concentrer dans un milieu bruyant ?	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
5/ Eprenez-vous des difficultés pour entendre une conversation au milieu d'un environnement bruyant ?	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
6/ Certaines personnes de votre entourage vous ont-elles déjà fait remarquer que vous supportez mal le bruit ou certains sons ?	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
7/ Etes-vous particulièrement sensible voire gêné(e) par le bruit de la rue ?	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
8/ Le bruit dans certaines situations sociales (ex : boites de nuit, bars, concerts, feux d'artifice, cocktails...) vous est-il pénible ?	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
9/ Si l'on vous propose une activité (sortie, cinéma, concert...), pensez-vous tout de suite au bruit que vous aurez à supporter ?	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
10/ Vous arrive-t-il de refuser des invitations ou des sorties par crainte du bruit que vous aurez à affronter ?	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
11/ Est-ce qu'un bruit ou un son précis vous dérange plus dans une atmosphère silencieuse que dans une pièce légèrement bruyante ?	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
12/ Votre capacité de concentration dans le bruit est-elle diminuée par le stress et la fatigue ?	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
13/ Votre capacité de concentration dans le bruit est-elle diminuée en fin de journée ?	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
14/ Est-ce que le bruit ou certains sons vous stressent ou vous énervent ?	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>

ECHELLE VISUELLE ANALOGIQUE DE L'ACOUPHENE
Evaluer « l'intensité » de l'acouphène, tous les jours à la même heure (quand
l'acouphène est bien distinguable)

Nom :

Semaine du au

Lundi

Pas
d'acouphène

Acouphène le plus fort
imaginable

Mardi

Pas
d'acouphène

Acouphène le plus fort
imaginable

Mercredi

Pas
d'acouphène

Acouphène le plus fort
imaginable

Jeudi

Pas
d'acouphène

Acouphène le plus fort
imaginable

Vendredi

Pas
d'acouphène

Acouphène le plus fort
imaginable

Samedi

Pas
d'acouphène

Acouphène le plus fort
imaginable

Dimanche

Pas
d'acouphène

Acouphène le plus fort
imaginable

- Remerciements -

Je tiens à remercier toutes les personnes qui, de près comme de loin, ont pu m'aider à l'élaboration et la réalisation du présent travail : Kamel Adjout, Paul Berger, Sylviane Chéry-Croze, Renaud Gayte...

Un grand merci aussi à toutes les personnes qui ont eu la gentillesse et la patience de bien vouloir participer à cette étude.

Mais je remercie tout particulièrement Arnaud Norena et Stéphane Gallégo qui ont su parfaitement m'intégrer à cette étude et faire preuve d'autant de patience pour répondre à mes multiples questions, me prodiguer des conseils et me donner envie de me surpasser.

Enfin, merci à mes parents qui m'ont permis d'effectuer mes études dans des conditions optimales...

Index (par mots-clés)

A

Acouphènes1, 2, 4, 5, 6, 7, 8, 10, 11, 12, 13, 14, 16, 17, 18, 19, 20, 21, 22, 23, 24, 25, 26, 27, 28, 29, 30, 31, 32, 33, 34, 35, 36, 37, 38, 39, 40, 41, 42, 43, 44, 45, 46, 47, 48, 49, 50, 51, 52, 53, 56, 59, 60, 61, 62, 63

Acouphénométrie5, 6, 13, 14, 16, 19, 56

Appareil auditif, aide auditive, ACA4, 5, 10, 11, 12, 13, 16, 17, 30, 31, 44, 45, 46, 47, 49, 50, 53

Audioprothésiste2, 13, 14, 15, 17, 46, 48, 50

D

Durée de port (DDP)1, 13, 30, 31, 32, 44, 56

E

Echelle Visuelle Analogique (EVA)1, 17, 30, 33, 45

Epidémiologie12, 44

H

Habituation de l'acouphène11, 12

Handicap de l'acouphène (THQ)1, 13, 16, 27, 28, 29, 33, 45, 46, 53

I

Inhibition résiduelle1, 6, 13, 16, 20, 26, 33, 44, 46, 47, 48

M

Malentendant2, 13, 17, 50

Masquage acoustique (NMM)1, 6, 8, 10, 12, 16, 24, 25, 27, 33, 44, 46, 47

P

Perte auditive	4, 5, 8, 9, 10, 12, 13, 14, 20, 44, 46, 47, 50
Plasticité centrale	11, 12, 14, 47, 56, 58
Prévalence	2, 4, 5, 44
Psychoacoustique (test ou caractéristique)	2, 5, 13, 14, 15, 16, 17, 19, 48, 49, 52, 56

R

Réorganisation centrale (voir plasticité)	8, 10, 47
---	-----------

S

Sensibilité auditive (HSQ)	1, 16, 27, 29, 33, 46, 56, 62
Seuil (absolu d'audition ou perception)	6, 11, 16, 17, 18, 20, 25, 32, 33, 45, 46, 49
Sévérité de l'acouphène (STSS)	1, 16, 27, 28, 30, 33, 45, 46
Sonie de l'acouphène	1, 5, 6, 7, 13, 14, 16, 19, 20, 21, 22, 24, 25, 27, 32, 33, 44, 45, 46, 47, 48, 49
Spectre de l'acouphène	6, 10, 11, 16, 19, 21, 22, 23, 25, 33, 44, 47, 48, 49

T

Tonie de l'acouphène (hauteur)	13, 14, 19, 21, 48
Traitement acoustique ou thérapeutique)	6, 10, 14

