

Université Claude Bernard



Lyon 1

**INSTITUT DES SCIENCES ET TECHNIQUES DE LA  
READAPTATION**

---

**Directeur Docteur Xavier PERROT**

---

**MESURE DE L'HYPERACOUSIE CHEZ LES MALENTENDANTS  
APPAREILLES**

MEMOIRE présenté pour l'obtention du

**DIPLOME D'ETAT D'AUDIOPROTHESISTE**

par

JALABERT Aline

Autorisation de reproduction

LYON, le

**15 octobre 2021**

Directeur de l'Enseignement

**David COLIN**

N°879



Président  
**Pr Frédéric FLEURY**

Vice-président CFVU  
**M. CHEVALIER Philippe**

Vice-président CA  
**M. REVEL Didier**

Vice-président CS  
**M. VALLEE Fabrice**

Directeur Général des Services  
**M. ROLLAND Pierre**

## Secteur Santé

U.F.R. de Médecine Lyon Est  
Directeur  
**Pr. RODE Gilles**

U.F.R d'Odontologie  
Directeur  
**Pr. SEUX Dominique**

U.F.R de Médecine Lyon-Sud  
Charles Mérieux  
Directrice  
**Pr BURILLON Carole**

Institut des Sciences  
Pharmaceutiques et Biologiques  
Directrice  
**Pr VINCIGUERRA Christine**

Département de Formation et  
Centre de Recherche en Biologie  
Humaine  
Directeur  
**Pr SCHOTT Anne-Marie**

Institut des Sciences et  
Techniques de Réadaptation  
Directeur  
**Dr Xavier PERROT**

Comité de Coordination des  
Etudes Médicales (CEM)  
**Pr COCHAT Pierre**



## Secteur Sciences et Technologies

U.F.R. Des Sciences et Techniques des Activités Physiques et Sportives  
(S.T.A.P.S.)

Directeur

**M. VANPOULLE Yannick**

Institut des Sciences Financières et d'Assurance (I.S.F.A.)

Directeur

**M. LEBOISNE Nicolas**

Institut National Supérieur du Professorat et de l'éducation (INSPé)

Directeur

**M. CHAREYRON Pierre**

UFR de Sciences et Technologies

Directeur

**M. ANDRIOLETTI Bruno**

POLYTECH LYON

Directeur

**Pr PERRIN Emmanuel**

IUT LYON 1

Directeur

**M. VITON Christophe**

Ecole Supérieure de Chimie Physique Electronique de Lyon (ESCPE)

Directeur

**M. PIGNAULT Gérard**

Observatoire astronomique de Lyon

Directeur

**Mme DANIEL Isabelle**

# REMERCIEMENTS

Je tiens tout d'abord à remercier l'équipe du centre Audition Conseil de Lyon 1<sup>er</sup> : **Stéphane GALLEGO** mon maître de stage, **Marie PASKO** audioprothésiste D.E. ainsi que leur assistante **Patricia ELBAZE** pour leur investissement dans l'accomplissement de ce mémoire. Je souligne leur bienveillance et la confiance qu'ils m'ont accordée ainsi que la richesse des enseignements qui m'ont été inculqués tout au long de mon stage.

Je souhaite remercier sincèrement **Arnaud NOREÑA**, **Falco ENZLER** et **Philippe FOURNIER**, collaborateurs du CNRS d'Aix-Marseille pour m'avoir confié un projet aussi intéressant. Ils ont su m'accompagner avec réactivité tout au long de ce travail que j'ai mené avec énormément de plaisir.

C'est avec beaucoup de reconnaissance que j'adresse également mes remerciements aux quatre-vingt-deux **patients** et **connaissances** qui ont participé à cette étude malgré les contraintes sanitaires et les limitations de déplacement.

J'aimerais aussi remercier monsieur **Mathieu FERSCHNEIDER** pour sa lecture attentive et ses précieux conseils.

Par ailleurs, j'aimerais exprimer toute ma reconnaissance envers ma **famille** et mes **amis** pour leur soutien et leur optimisme permanent tout au long de ma scolarité. Je m'adresse bien entendu à mes **camarades de promotion** qui ont grandement contribué à mon épanouissement dans cette formation durant trois belles années.

Je terminerai par **l'équipe pédagogique** du département d'audioprothèse de l'Université Lyon 1, pour leur attention et la qualité des enseignements proposés.

# GLOSSAIRE

- AC : Cortex Auditif (« Auditory Cortex »)
- AN : Nerf Auditif (« Auditory Nerve »)
- BTE : Appareil auditif en contour d'oreille (« Behind The Ear »)
- CDS : Sons discriminants de base (« Core Discriminant Sounds »)
- CIC : Appareil auditif intra-auriculaire (« Completely In the Canal »)
- CL : Champ-libre
- CN : Noyaux Cochléaires (« Cochlear Nucleus »)
- CNRS : Centre National de la Recherche Scientifique
- COVID : Maladie provoquée par un coronavirus (« Corona Virus Disease »)
- dB : Décibel
- EVA : Echelle Visuelle Analogique
- HL : Niveau d'audition (« Hearing Level »)
- HP : Haut-Parleur
- Hz : Hertz
- IC : Colliculus Inférieur (« Inferior Colliculus »)
- MASH : Echelle d'activités multiples pour mesurer l'hyperacousie (« the Multiple Activity Scale for Hyperacusis »)
- NB : Nota Bene
- OD : Oreille Droite
- OG : Oreille Gauche
- ORL : Oto-Rhino-Laryngologiste
- RIC : Appareil auditif en contour d'oreille avec écouteur dans le conduit auditif (« Receiver In the Canal »)
- SI : Site Internet
- SPL : Niveau de pression acoustique (« Sound Pressure Level »)
- TCC : Thérapie Cognitivo-Comportementale
- ULL : Niveau d'intensité sonore inconfortable (« Uncomfortable Loudness Level »)

# SOMMAIRE

INTRODUCTION.....	1
I. Partie théorique : L'HYPERACOUSIE .....	2
1. Généralités .....	2
1.1. Définition et historique .....	2
1.2. Prévalence .....	3
1.3. Etiologie .....	4
2. Des pathologies à distinguer.....	4
2.1. La misophonie.....	5
2.2. La phonophobie .....	6
3. Les éléments de mesure disponibles.....	6
3.1. L'anamnèse .....	6
3.2. La mesure des seuils d'inconfort.....	7
3.3. Les questionnaires.....	9
3.4. Un nouveau test de dépistage : le CDS score .....	10
4. Les comorbidités.....	12
4.1. L'acouphène .....	12
4.2. Les troubles psychologiques et somatiques .....	13
4.3. La surdité .....	13
5. Diverses solutions pour soulager l'hyperacousie .....	15
5.1. Des techniques non-invasives .....	15
5.2. La thérapie sonore .....	15
6. L'hypersensibilité aux sons chez les malentendants appareillés .....	16
6.1. L'inconfort auditif lié aux sons de l'environnement, chez les utilisateurs d'aides auditives .....	16
6.2. Inventaire des situations sonores les plus désagréables pour les utilisateurs d'aides auditives .....	17
II. Partie expérimentale : Mesure de l'hyperacousie chez les malentendants appareillés .....	18
1. Matériel et méthode .....	18
1.1. Sélection des sujets .....	18
1.2. Matériel utilisé .....	21
1.3. Méthode suivie.....	23
2. Analyse statistique et résultats .....	26

2.1. Mesure de l'hyperacousie .....	26
a) Le MASH .....	26
b) Les seuils d'inconfort .....	29
c) Le CDS score .....	31
d) Corrélacion entre les différentes mesures de l'hyperacousie .....	35
2.2. Réponses à la tâche d'évaluation des sons .....	36
a) Etude à 60 dB SPL .....	36
b) Comparaisons à 70 et 80 dB SPL.....	39
3. Discussion .....	42
3.1. Tâche d'évaluation des différents sons .....	42
3.2. Evaluation usuelle de l'hyperacousie.....	44
3.3. Calcul du CDS score chez les utilisateurs d'aides auditives.....	47
III. Conclusion.....	49
IV. Bibliographie.....	51
V. Table des illustrations .....	53
1. Figures.....	53
2. Tables.....	54
VI. Annexes .....	55

# INTRODUCTION

Le bruit est l'une des conséquences inéluctables du développement exponentiel de l'activité humaine. On parle de « **pollution sonore** » que ce soit au travail, dans la rue et même au sein des foyers. Elle est omniprésente dans l'environnement et **affecte la santé de l'Homme** de sa croissance intra-utérine à l'âge adulte (Gupta et al., 2018). L'exposition sonore quotidienne peut évidemment avoir un **effet néfaste sur le système auditif**, mais il semblerait que la qualité de vie et la santé mentale des populations soient aussi impactées. Effectivement, des corrélations ont été établies avec des pathologies cardiovasculaires et métaboliques, des affections cognitives ou encore des troubles du sommeil (OMS, 2018).

D'un point de vue auditif, la gêne engendrée par cette « pollution sonore » est assez **variable d'un individu à l'autre**. Effectivement, l'Homme est doté naturellement d'une **dynamique auditive** lui permettant d'entendre de tous petits sons **d'une vingtaine de décibels** et de supporter des niveaux sonores beaucoup plus forts, **supérieurs à cent décibels**. Au-delà d'un certain seuil, soit plus ou moins cent-vingt décibels, un **inconfort** proche de la douleur est ressenti. Cet inconfort est **modulé par l'état émotionnel** de chacun, dans une période de stress ou de fatigue la tolérance aux sons est souvent diminuée temporairement (*British Tinnitus Association, [SI]*). Néanmoins, certaines personnes présentent une **hypersensibilité sonore** rendant accablante et excessive leur perception des sons quotidiens. Cette « *réduction de la tolérance aux sons* » (Baguley & Hoare, 2018) qui porte le nom d'**hyperacousie**, suscite de nombreuses interrogations et présente encore des zones d'ombres.

Ainsi, après avoir établi quelques **généralités sur l'hyperacousie** et présenté les outils aujourd'hui disponibles pour son **évaluation**, ce mémoire se focalisera sur



les **malentendants appareillés** et la gêne auditive induite par la **rééducation prothétique**, face à différents sons de la vie de tous les jours. Effectivement, très peu de ressources sont actuellement disponibles pour contrôler efficacement l'hypermotilité aux sons chez les utilisateurs d'aides auditives, dont la **cause principale de non-port** est liée au désagrément induit par les **sons forts** (Skagerstrand et al., 2014).

## I. **Partie théorique : L'HYPERACOUSIE**

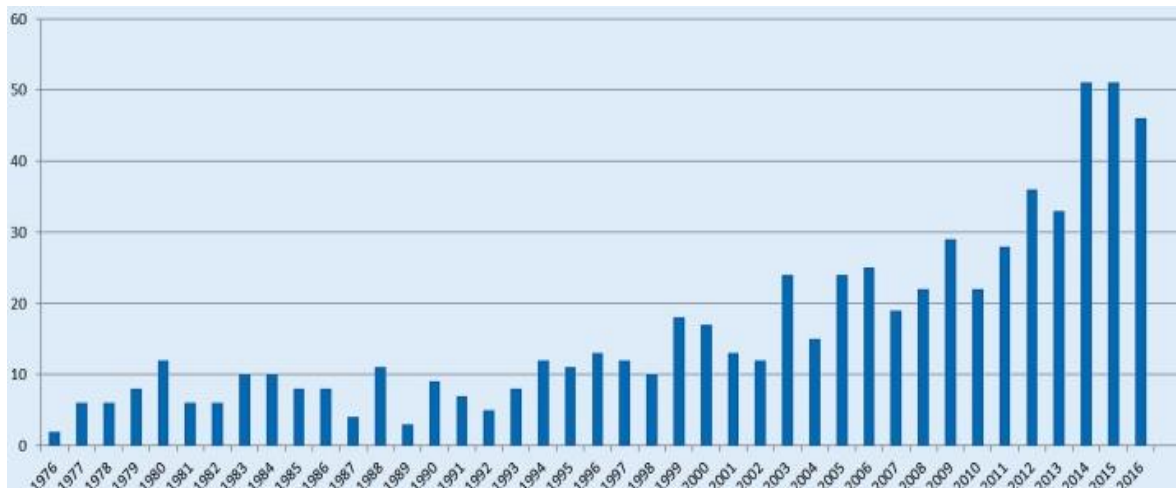
### 1. *Généralités*

#### 1.1. Définition et historique

Dans la littérature actuelle, l'« hyperacousie » correspond à « *un état dans lequel l'exposition aux sons de l'environnement est ressentie de manière anormalement gênante* » (Paulin et al., 2016). Par ailleurs, il semblerait que cette sensibilité accrue aux sons ne soit pas une problématique récente puisqu'on retrouve des termes aux définitions relativement proches, dès le dix-neuvième siècle, dans le « Nouveau Dictionnaire des termes de médecine, chirurgie, pharmacie, physique, chimie, histoire naturelle, etc » (Béclard, 1826). Citons par exemple « *Oxyécée* », pathologie définie comme « *sensibilité excessive de l'ouïe, qui rend insupportable la perception du moindre son* ».

Néanmoins, même si l'hyperacousie est un symptôme reconnu depuis longtemps, très peu d'études sont aujourd'hui disponibles sur ce sujet. Effectivement d'après la **Figure 1**, l'intérêt porté sur cette pathologie a vraiment commencé dans les années 2000 et s'est encore accentué en 2014 et 2015. De ce fait, les connaissances

sur l'hyperacousie se sont progressivement additionnées, initiant ainsi des études plus approfondies.



**Figure 1 :** Historique des articles abordant principalement le thème de l'hyperacousie, établi sur quarante années. (Baguley et al., 2018)

## 1.2. Prévalence

Plusieurs chercheurs se sont intéressés à la prévalence de l'hyperacousie dans une population. Une étude menée d'une part par voie postale sur 589 personnes et d'autre part sur un groupe de 595 individus via internet, a révélé respectivement **8 et 9 % d'individus hypersensibles aux sons** (Andersson et al., 2002). Ce pourcentage est confirmé quelques années plus tard lors d'une nouvelle étude suédoise, à laquelle 9,2 % des 3406 individus interrogés ont répondu « oui » à la question : « *Avez-vous du mal à tolérer les sons de la vie quotidienne que vous pensez que la plupart des autres personnes peuvent tolérer ?* » (Paulin et al., 2016).

### 1.3. Etiologie

Dans la majorité des cas, une hyperacousie se déclenche à la suite d'un **traumatisme sonore** intense et/ou répétitif qui sensibilise le système auditif pour une durée extrêmement variable d'une personne à l'autre. Une étude belge auprès de 749 jeunes entre 13 et 25 ans, fréquentant des environnements musicaux très bruyants, a montré que **43,5 %** d'entre eux ont déjà ressenti une hyperacousie plus ou moins importante à la suite de l'un de ces événements (Gilles et al., 2014).

En général bilatéral, ce syndrome n'affecte parfois qu'une seule oreille, notamment lors d'un choc acoustique ou physique latéralisé (Baguley & Hoare, 2018). Effectivement, outre une **affection du système auditif**, une atteinte du **système nerveux central** ou une **maladie infectieuse**, peut également engendrer une hypersensibilité sonore (Katzenell & Segal, 2001). La maladie de Lyme en est un exemple : « *maladie infectieuse articulaire, neurologique et cardiaque, dont l'agent est une bactérie [...] Borrelia burgdorferi, transmise à l'Homme par une morsure de tique* » (Larousse [SI]). A terme, cette maladie atteint le système nerveux central, pouvant entraîner une paralysie faciale périphérique, parfois à l'origine d'une hyperacousie (Ponsot, 2015). Ce mécanisme sera développé dans la partie I.4.3 relative à la surdité.

## 2. *Des pathologies à distinguer*

Cette étude se focalise principalement sur l'hypersensibilité dite « **d'intensité** », d'après la classification de Tyler et al. en 2014. Elle est liée à la sensation d'un volume sonore excessif, même pour des sons jugés confortables par des individus dont le traitement auditif n'est pas altéré. Ainsi, seules les **caractéristiques physiques des**

**sons** (intensité, etc.) sont responsables de cette réaction anormale, leur contexte ou leur signification n'ayant aucune influence (Jastreboff & Jastreboff, 2001). Il est donc important de la différencier d'autres pathologies analogues, bien qu'elles puissent co-exister.

## 2.1. La misophonie

Premièrement, la pathologie la plus souvent associée à l'hyperacousie est la misophonie, définie comme « *une réponse émotionnelle forte à la présence ou à l'anticipation d'un son. Il existe trois réactions émotionnelles clés : la colère, le dégoût et l'anxiété, la colère étant l'émotion prédominante* » (British Tinnitus Association [SI]). Elle se manifeste par une **forte aversion** à certains sons, le préfixe « miso- » étant traduit du grec par les verbes haïr et détester. Suivant la classification de Tyler et al. en 2014, elle peut être assimilée à l'hyperacousie dite « de gêne », appellation choisie lorsqu'un son est ressenti comme **extrêmement dérangeant**, peu importe son niveau sonore. Plusieurs concepts peuvent moduler le niveau de gêne engendré par les sons (Guski et al., 1999) :

- **L'interférence** : lorsque le son masque ou perturbe une autre source sonore.
- **L'émotion** : un son peut être rattaché à un sentiment de désagrément, par analogie à un événement passé. L'état émotionnel de la personne au moment de la stimulation influence également ses réactions.
- **La connaissance** : La familiarité de la source sonore affecte positivement ou négativement le degré de gêne, en fonction des expériences passées et souvenirs.

## 2.2. La phonophobie

Deuxièmement, la phonophobie est une forme de misophonie pour laquelle la peur prédomine sur toutes les autres émotions. Par définition, une phobie est décrite comme une **angoisse psychologique malade** envers quelque chose de très spécifique. Ainsi dans ce cas de figure, une stimulation sonore entraîne un état d'anxiété anormal et excessif chez la personne atteinte de phonophobie (Jastreboff & Jastreboff, 2001 ; *British Tinnitus Association [SI]*).

### 3. *Les éléments de mesure disponibles*

#### 3.1. L'anamnèse

L'évaluation de l'hyperacousie par un professionnel de santé (médecin généraliste, médecin ORL ou audioprothésiste) commence par une anamnèse permettant d'expliquer le **contexte général**. L'intérêt étant de répondre aux questions suivantes : « Depuis quand le problème est-il apparu ? », « Quelles sont les circonstances d'apparition (si connues) ? ». Et enfin, « Quel est l'impact actuel de ce problème sur l'état général de la personne ? ». Toutefois, l'hyperacousie étant une pathologie **peu représentée** et **très subjective**, il est difficile pour la personne concernée et pour le professionnel de santé de qualifier mais surtout de **quantifier cette gêne**. De ce fait, des éléments de mesure ont été mis en place afin d'évaluer plus précisément cette hyperacousie.

### 3.2. La mesure des seuils d'inconfort

La méthode la plus utilisée pour définir un patient hyperacousique est la mesure des seuils d'inconfort. Nommée « Uncomfortable Loudness Level » (ULL) en pratique, elle s'effectue en présentant des **sons purs** à chaque oreille séparément grâce à un audiomètre calibré et un casque de type TDH-39. La mesure consiste à **augmenter progressivement le niveau sonore**, à partir du seuil d'audition préalablement établi, par pas de 5 décibels de façon à enchaîner successivement une stimulation puis un temps de repos, de périodes équivalentes, **jusqu'à ce que le patient indique son inconfort** et ce pour différentes fréquences (entre 250 et 8000 Hz). Par conséquent, l'explication par le clinicien est très importante, ce test ne recherche **pas le seuil de douleur** mais seulement le niveau pour lequel le son est jugé « trop fort », **désagréable** (British Society of Audiology, 2011). En revanche, bien que la pratique soit similaire entre les cliniciens, l'analyse des ULL diffère suivant les auteurs :

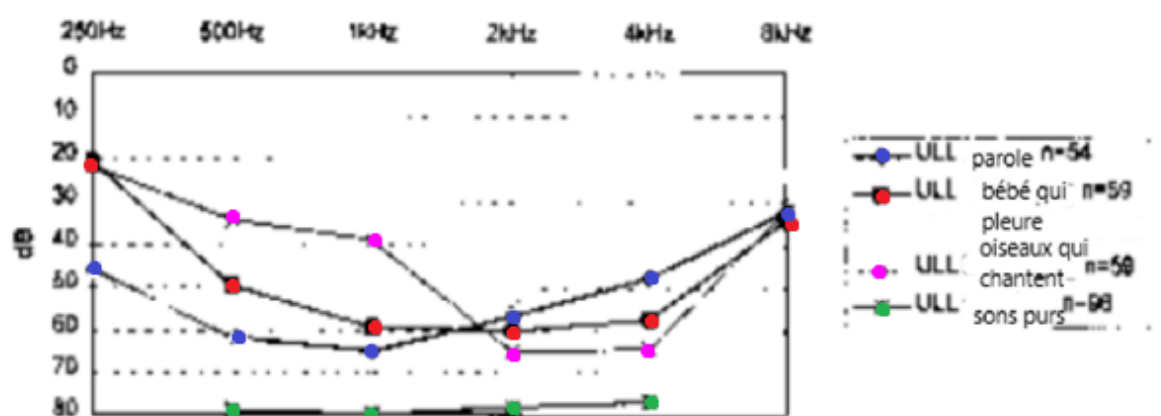
- En 1999, Johnson propose le **JHQ** (« Johnson Hyperacusis dynamic range Quotient »). Il se base sur la soustraction de la moyenne des ULL à la moyenne des seuils d'audition, pour toutes les fréquences et par oreille. La **Table 1** présente sa classification de l'hyperacousie.

Hyperacousie	Valeur obtenue au JHQ
légère	75-90 dB
modérée	50-74 dB
sévère	30-49 dB
profonde	0-29 dB

**Table 1** : Echelle d'évaluation de l'hyperacousie, d'après Johnson M., traduction effectuée à partir de l'article « A tool for measuring hyperacusis », 1999.

- En 2017, Aazh et Moore, ont estimé qu'un ULLmin (c'est-à-dire le plus faible niveau où l'inconfort est ressenti) **inférieur ou égal à 77 dB HL** témoigne d'une hyperacousie sur la fréquence concernée.

De plus, cette méthode extrêmement subjective varie en fonction de la **compréhension de l'exercice** par le patient et de l'**appréhension** qu'il peut ressentir. Effectivement, si cette personne est sensible aux sons, elle peut répondre trop tôt par mesure de protection.



**Figure 2** : « Moyenne ULL en sons purs pour l'oreille droite, comparée avec la moyenne ULL pour des sons spécifiques, divisées en fréquence » traduction de l'article « Hypersensitivity to sound. Questionnaire data, audiometry and classification » (Anari et al, 1999).

Enfin, les ULL en sons purs ne reflètent **pas la réalité** et ne permettent pas de généraliser par rapport aux difficultés quotidiennes des patients, qui ne sont pas confrontés à des sons purs dans leur vie de tous les jours (Baguley & Hoare, 2018). Ainsi une étude abordant la différence entre des seuils d'inconfort en sons purs par rapport à des bruits quotidiens, a été réalisée auprès de cent hyperacousiques (Anari et al., 1999). Pour les seuils d'inconfort avec des bruits courants, les chercheurs ont filtré et converti les sons suivants : « parole », « bébé qui pleure » et « oiseaux qui

chantent », pour pouvoir comparer aux résultats obtenus en sons purs. La **Figure 2** montre que les **seuils d'inconfort** sont en moyenne **plus hauts avec les bruits** qu'avec les sons purs, ce qui confirme la théorie de non-représentativité des mesures effectuées avec les sons purs.

### 3.3. Les questionnaires

Une deuxième évaluation de l'hyperacousie peut s'effectuer grâce à des questionnaires officiels. Les plus utilisés en pratique sont :

- **Le questionnaire Khalfa** : composé de 14 items, il évalue principalement les effets de la sensibilité auditive sur l'attention, l'émotion et le social. Son analyse permet de déduire un score entre 0 et 42. L'hyperacousie est diagnostiquée à partir d'un résultat supérieur ou égal à 28 (Khalifa et al., 2002). Néanmoins, une correction a été apportée en 2017 par Aazh, Moore et leurs collaborateurs, réduisant à 22 le score minimum pour définir une hyperacousie.
  
- **Le MASH (Multiple Activity Scale for Hyperacusis)** : Le patient doit évaluer son niveau de gêne engendré par les sons forts sur une échelle de 0 à 10, dans différentes situations (**Annexe I**). Les auteurs ont proposé 13 activités et chaque patient est libre de rajouter ou d'éliminer des situations en fonction de son mode de vie. Ainsi, le score se calcule en additionnant l'ensemble des réponses et en divisant le tout par le nombre d'activités pertinentes (Dauman & Bouscau-Faure, 2005). Si le sujet évite une situation par aversion à l'environnement sonore, la note maximale de 10/10 est attribuée. Par ailleurs si les notations pour le cinéma et la télévision diffèrent, la plus élevée est retenue.

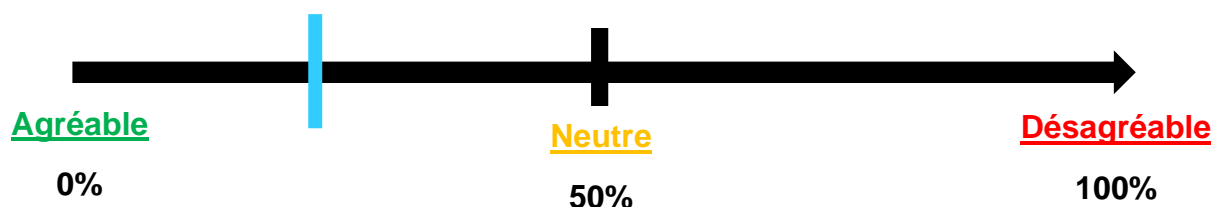


Par conséquent, le degré d'hyperacousie est établi de la manière suivante : Légère entre 0 et 3 ; modérée entre 3,1 et 5 ; importante entre 5,1 et 7 ; sévère au-dessus de 7,1.

En revanche, Meeus et al. ont démontré en 2010 qu'il n'existe pas de corrélation entre le score au MASH et la mesure des seuils d'inconfort. Ces tests par définition subjectifs sont tout de même de bons outils pour **évaluer la plainte** liée à l'hyperacousie, mais ils ne sont **pas suffisants**. Ils sont rétrospectifs et ne mesurent pas l'expérience vécue directement.

### 3.4. Un nouveau test de dépistage : le CDS score

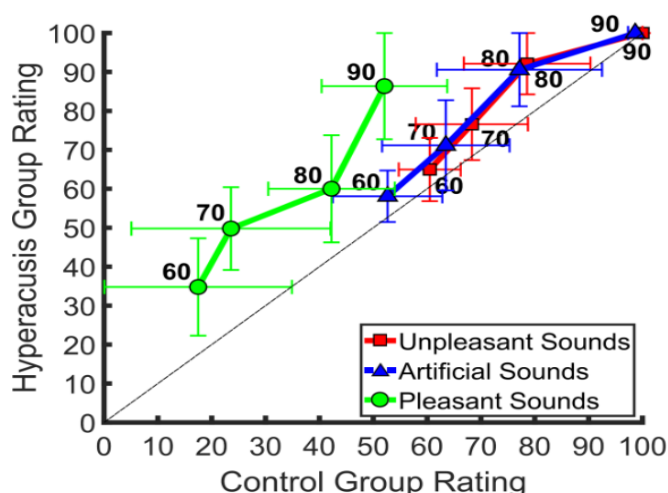
En raison de la grande variabilité des résultats obtenus pour les tests précédemment cités Enzler, Fournier et Noreña du CNRS d'Aix-Marseille ont développé en 2021 un nouvel outil pour **diagnostiquer la présence d'hyperacousie**. Leur objectif était de déterminer les sons (parmi 69 préalablement choisis, dont 11 artificiels, 16 agréables et 42 désagréables, présentés en Annexe II) les plus **discriminants** entre des sujets hyperacousiques (n=26) et un groupe témoin (n=23).



**Figure 3 :** Schématisation de l'échelle visuelle analogique utilisée. Pour chaque son, le sujet place le curseur *bleu* sur l'échelle en fonction de son ressenti, ce qui permet de calculer le pourcentage de désagrément induit. Plus le curseur est proche de l'extrémité droite de l'échelle, plus le pourcentage de gêne est élevé.

Chacun devait évaluer l'agrément des 69 sons, présentés aléatoirement dans les deux oreilles par un casque d'écoute, à l'aide d'une **échelle visuelle analogique**. Tous les sons étaient présentés à quatre niveaux sonores différents : 60, 70, 80 et 90 dB SPL.

Ainsi, leur analyse a permis de déterminer **7 sons** permettant de mieux différencier le groupe témoins des sujets hyperacousiques (sans perte auditive) : « sous-l'eau », « océan », « fontaine », « rire », « piano », « oiseaux » et « harpe ». Étonnamment, les différences de ressenti sont davantage marquées pour les sons normalement agréables, par rapport aux bruits désagréables et artificiels. Ces résultats suggèrent donc que les sons naturels sont plus utiles pour discriminer des hyperacousiques par rapport à des contrôles, comparativement à des sons purs généralement utilisés dans la mesure de ULL. À partir des jugements d'agrément à ces 7 sons, les auteurs ont créé un score global appelé le **CDS score**.



**Figure 4 :** Réponses moyennes (%) en fonction du niveau sonore pour le groupe témoin (en abscisse) et le groupe hyperacousique (en ordonnée). Les sons agréables sont représentés en vert, désagréables en rouge et artificiels en bleu.

In fine, le calcul du CDS score exprime à quel point les **évaluations** d'un sujet sont **éloignées de la moyenne** de celles du **groupe contrôle**. Il se calcule pour trois niveaux (*l*) : 60, 70 et 80 dB SPL (90 dB SPL ayant été jugé trop fort et non représentatif par les chercheurs). Enzler et al. ont estimé qu'un CDS score total supérieur ou égale à **19** suggère une hyperacousie. Cet outil permet donc de dépister une hypersensibilité sonore mais il n'est pas encore possible d'en exprimer la gravité.

$$CDS\ score_{total} = \frac{\sum_{l \in \{60,70,80\}} \sum_{x \in s\_valid_l} Distance_{x,l}}{\sum_{l \in \{60,70,80\}} |s\_valid_l|}$$

Avec :

$$DISTANCE_{s,l} = \frac{Rating_{s,l} - Quantile_{75,s,l}}{100 - Quantile_{75,s,l}} \cdot 100$$

- «  $Quantile_{75, s, l}$  » correspond au **troisième quantile** moyen obtenu avec les réponses du groupe témoin pour un des sept sons sélectionnés et à un niveau donné.
- «  $Rating_{s,l}$  » représente la **note attribuée** par le sujet interrogé pour un son, à un niveau.
- «  $|s\_valid_l|$  » est le **nombre de sons** parmi les sept à avoir un  $quantile_{75} < 100$  à un niveau donné, afin d'éviter la division par zéro dans le calcul de la distance.

## 4. Les comorbidités

### 4.1. L'acouphène

Un acouphène se définit brièvement comme la **sensation d'entendre un son** en l'absence de toute source sonore réelle (*British Tinnitus Association [SI]*). Cette

pathologie possède un lien direct avec l'hypersensibilité sonore, environ **79%** des acouphéniques présentent une hyperacousie (Dauman & Bouscau-Faure, 2005 ; Jüris et al., 2013). Ces deux affections sont extrêmement modulées par le stress et l'anxiété (Baguley & Hoare, 2018), effectivement l'étude de Jüris et ses collaborateurs a montré que sur 62 cas d'hyperacousie, 47% présentaient des **troubles de l'anxiété**.

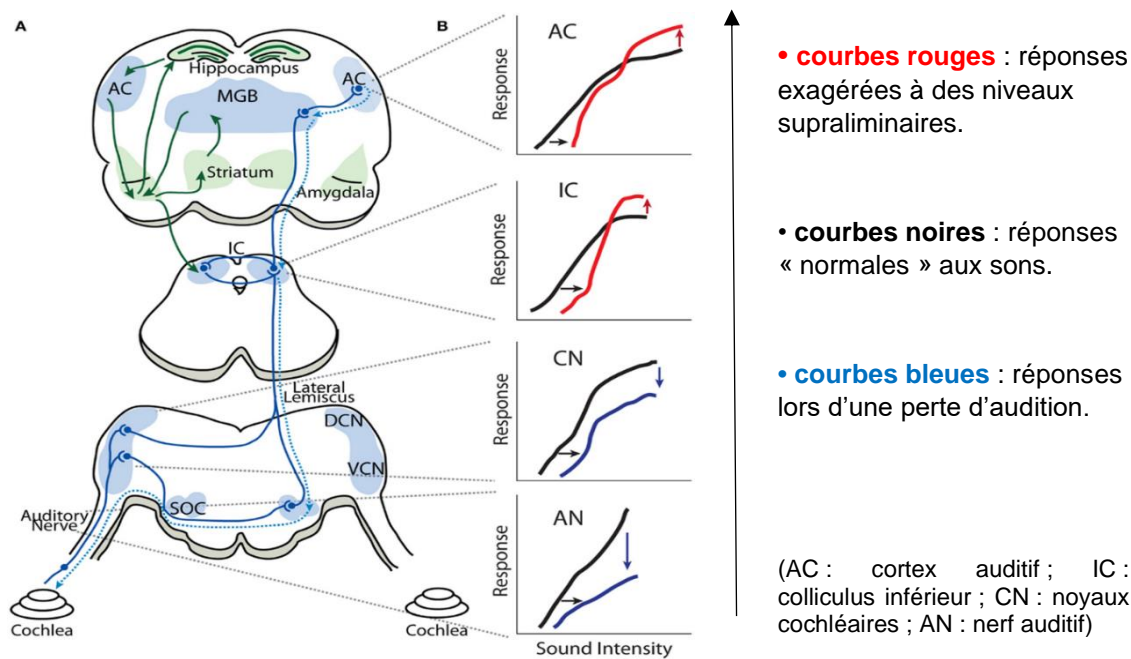
#### 4.2. Les troubles psychologiques et somatiques

De manière générale, les patients hyperacousiques présentent un **état de santé** globalement **inférieur à la normal** : les migraines, la fatigue chronique, les troubles articulaires et musculaires, les difficultés de concentration, etc. sont des incommodités souvent liées à une hyperacousie (Paulin et al., 2016). L'étude de Jüris et al. en 2013 a également montré que 8% des sujets interrogés étaient atteints de **dépression majeure**. De ce fait une **prise en charge clinique** est nécessaire pour ces profils très souvent en détresse psychologique. Cette gêne sonore excessive détériore considérablement la qualité de vie, puisque toutes activités quotidiennes, professionnelles ou personnelles sont altérées (Penin & Lurquin, 2009).

#### 4.3. La surdité

Qu'elle soit génétique, la conséquence d'une maladie ou d'un traitement ototoxique, ou encore liée au vieillissement naturel des cellules de l'oreille interne, la surdité touche plus de **360 millions** de personnes dans le monde (OMS, 2020). D'après Andersson et ses collaborateurs en 2002, environ **6,8%** des personnes atteintes d'hyperacousie présentent une déficience auditive. Un lien a donc été établi

entre ces deux affections : la perte auditive **réduit la transmission de l'information** de la cochlée au système auditif central, et ce manque d'apport sensoriel serait compensé à des **niveaux supraliminaires** par le **gain central**. La **Figure 5** résume visuellement ce mécanisme : les zones bleues représentent les aires du système auditif, les traits bleus continus schématisent les voies ascendantes et les pointillés sont relatifs aux voies descendantes. Enfin les zones vertes mettent en avant les parties du système limbique, jouant un rôle important dans les émotions et le comportement, qui répondent aux stimuli auditifs (Auerbach et al., 2014).



**Figure 5** : Organisation anatomique du système auditif, Auerbach et al, de l'article « Central gain control in tinnitus and hyperacusis », 2014.

Ainsi, la **réduction des afférences sensorielles** entrainerait une **recalibration** du système neuronal et par conséquent une **augmentation du gain central** dans les hautes aires auditives, **amplifiant** anormalement les **signaux sonores** entrants.

## 5. Diverses solutions pour soulager l'hyperacousie

### 5.1. Des techniques non-invasives

Plusieurs solutions cliniques ont été mises en place pour réduire l'inconfort de vie généré par l'hyperacousie. La première solution généralement envisagée est la **protection auditive**, avec utilisation de bouchons ou casque anti-bruit qui permettent d'atténuer les sons de l'environnement et de soulager ponctuellement le patient. Néanmoins une utilisation abusive peut entraîner une aggravation de cette hypersensibilité, dû à l'**isolement sonore**. D'autre part, la **thérapie cognitivo-comportementale** (TCC) vise à soulager les patients grâce à une **intervention psychologique** les aidants à modifier leur comportement face à la pathologie et à apprendre à vivre avec (Aazh et al., 2019).

### 5.2. La thérapie sonore

Toutefois, de nouvelles méthodes comme la **thérapie par le bruit**, sont de plus en plus utilisées, le but étant de **désensibiliser** progressivement le patient par l'utilisation d'un bruit (blanc, rose, filtré sur mesure, etc. en fonction des méthodes) en continu sur une période donnée, tout en graduant l'intensité petit à petit (Baguley & Hoare, 2018). L'objectif étant d'éviter l'augmentation du contraste entre une situation sonore calme et silencieuse vis à vis d'un environnement sonore riche et plus intense. Cette pratique est souvent couplée à l'**appareillage auditif**. L'intérêt étant de pouvoir **contrôler le niveau de sortie** des différents sons traités par les aides auditives et grâce aux différents **réducteurs de bruits**, les sons d'impact, les bruits ambiants, etc. peuvent être maîtrisés.

En synthèse, Aazh et ses collaborateurs ont recueilli en 2016 les avis de 92 patients au sujet des traitements qui leur avaient été proposés, une notation de 1 (inutile) à 5 (très efficace) a été attribuée pour chaque méthode. La thérapie sonore, l'appareillage auditif ou la TCC ont tous obtenu une note de 4/5 ou 5/5 pour au moins 50% des répondants, avec une préférence pour la TCC et les explications éducatives. Ces techniques sont davantage basées sur la connaissance et la **compréhension** de la pathologie ce qui rassure beaucoup les patients. Par conséquent, toutes ces techniques peuvent être **combinées** pour de meilleurs résultats. Permettant également d'étoffer les possibilités de traitement afin de trouver celui ou ceux qui correspondent le mieux au profil de chacun.

## *6. L'hypersensibilité aux sons chez les malentendants appareillés*

### 6.1. L'inconfort auditif lié aux sons de l'environnement, chez les utilisateurs d'aides auditives

L'appareillage auditif permet de **compenser** progressivement la **privation sensorielle** induite par la surdité. Or le malentendant n'étant plus habitué à percevoir certains sons de la vie quotidienne comme des pas sur un plancher, une ventilation ou encore le cliquetis des couverts, son système auditif se met en alerte permanente. Il ne reconnaît plus ces **sons intrusifs** qui l'agacent alors qu'un normo-entendant ferait rapidement abstraction de la perturbation (Lurquin, 2013). Effectivement, Skagerstrand et al. ont interrogé 60 utilisateurs d'aides auditives en 2014, et **91%** d'entre eux ont affirmé **être gênés par certains sons du quotidien avec leurs appareils**. Deux ans plus tard Gygi & Ann Hall ont estimé qu'**un tiers des sourds appareillés** sont **insatisfaits** de leur équipement en milieu bruyant ou à cause d'une

« **amplification indésirable de certains sons** ». Par suite, sur 413 sujets interrogés par Bennett et al. en 2020, 180 (soit 44,12%) ont avoué être régulièrement dérangés par l'intensité des bruits amplifiés avec les appareils. Dans la majorité des cas, les patients préfèrent retirer leurs aides auditives pour plus de confort au détriment de leurs interactions sociales.

## 6.2. Inventaire des situations sonores les plus désagréables pour les utilisateurs d'aides auditives

Malgré le peu d'études concernant **l'inconfort d'écoute lors de l'appareillage auditif**, certaines situations sonores sont récurrentes dans les plaintes des patients. En 2014, Skagerstrand et son équipe ont recensé les sources sonores les moins tolérées en raison de leur intensité : la **parole**, les machines à outils, la télévision, les **véhicules** de manière générale, les électroménagers, les sons naturels tels que le **vent** ou l'**eau courante** et les sons **domestiques**, particulièrement lors de la cuisine. La **Table 2** illustre l'exemple des bruits de cuisine, ils sont relativement intenses et désagréables même pour une personne dont l'audition n'est pas altérée. En revanche, une mauvaise gestion de l'amplification des sons au travers de prothèses auditives, peut engendrer un désagrément insupportable pour l'utilisateur si son système auditif n'est plus habitué, comme expliqué ci-dessus (Teder, 2014).

	Niveau d'intensité moyen, à moins d'un mètre de la source
Poser une assiette dans l'évier	Entre 90 et 93 dB SPL
Lâcher une fourchette dans une assiette (à 2 cm)	Entre 101 et 107 dB SPL
Taper une cuillère contre un verre	Entre 94 et 101 dB SPL

**Table 2 :** Niveaux sonores (en dB SPL) mesurés à l'aide d'un sonomètre et d'un oscilloscope pour trois situations sonores dans la cuisine. Valeurs prélevées dans l'article « Common Transient Sounds : the kitchen is a very noise place », Teder H.,2014.



## II. Partie expérimentale : Mesure de l'hyperacousie chez les malentendants appareillés

La présente étude s'inscrit dans la continuité des travaux de Arnaud NOREÑA, Falco ENZLER et Philippe FOURNIER, au sujet du CDS score. L'intérêt étant d'évaluer la gêne auditive provoquée par différents **sons de la vie quotidienne** chez une **personne appareillée**. Cette sensibilité auditive s'apparentant à l'hyperacousie, la batterie d'évaluation développée par les collaborateurs du CNRS d'Aix-Marseille sera utilisée et complétée.

### 1. Matériel et méthode

#### 1.1. Sélection des sujets

Comme évoqué précédemment, l'hypersensibilité aux sons est une affection souvent associée à d'autres pathologies auditives telles que la **perte d'audition** ou les **acouphènes**. De ce fait quatre profils auditifs types ont été retenus pour participer à l'expérimentation afin d'établir des comparaisons entre les différents groupes de participants :

- **Sélection numéro 1** : malentendants appareillés en raison d'une surdité bilatérale et symétrique liée à l'âge couramment nommée « presbyacousie ». Ce type de perte insidieuse est caractérisée par une baisse d'audibilité tout d'abord marquée dans les hautes fréquences puis atteignant progressivement les médiums et plus tardivement les basses fréquences au fil des années. Les cellules auditives humaines codants pour

les fréquences aiguës étant les plus fragiles. Seuls des patients appareillés de manière bilatérale ont été retenus.

- **Sélection numéro 2 :** malentendants appareillés pour une surdité asymétrique présentant des seuils auditifs inégaux entre les deux oreilles. Tous les patients sélectionnés présentent une différence inter-aurale supérieure à 20 dB HL en audiométrie tonale au casque. Les patients ayant une oreille cophotique (c'est-à-dire une perte totale d'audition) ont été exclus de l'étude. Aucune limitation d'âge n'a été appliquée et le caractère unilatéral ou bilatéral de l'appareillage auditif n'a pas été restreint, le patient pouvant avoir une audition tout à fait normale à droite et une surdité moyenne à gauche par exemple.
  
- **Sélection numéro 3 :** sujets appareillés principalement pour palier à la gêne permanente engendrée par des acouphènes invalidants. Toutes formes de surdités légères à sévères étant tolérées et sans limitation d'âge. De la même façon que dans la sélection précédente, sont acceptés les sujets appareillés en monaural ou en binaural.
  
- **Sélection numéro 4 :** sujets dit « normo-entendants » sans pathologies auditives connues, avec des seuils de perception en audiométrie tonale au casque inférieurs ou égaux à 20 dB HL et pour les deux oreilles. La perte tonale moyenne se calcule par addition des seuils mesurés à 500, 1000, 2000 et 4000 Hz, le tout divisé par 4.

Ainsi cette expérimentation a été réalisée grâce à la participation de **82 sujets**, répartis dans les quatre sous-groupes énoncés ci-dessus.

<p style="text-align: center;"><b><u>GROUPE 1 :</u></b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• <b><u>n=21</u></b> dont 8 femmes et 13 hommes, moyenne d'âge 75 ans (<math>\pm</math> 6,45 ans)</li> <li>• appareillage bilatéral</li> <li>• surdité de type presbyacousie</li> </ul>	<p style="text-align: center;"><b><u>GROUPE 2 :</u></b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• <b><u>n=19</u></b> dont 11 femmes et 8 hommes, moyenne d'âge 65 ans (<math>\pm</math> 13,31 ans)</li> <li>• appareillage unilatéral (n=10) ou bilatéral (n=9)</li> <li>• surdité asymétrique (différence inter-aurale &gt; 20 dB HL)</li> </ul>
<p style="text-align: center;"><b><u>GROUPE 3 :</u></b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• <b><u>n=21</u></b> dont 13 femmes et 8 hommes, moyenne d'âge 62 ans (<math>\pm</math> 12,68 ans)</li> <li>• appareillage unilatéral (n=6) ou bilatéral (n=15)</li> <li>• toutes formes de surdités avec acouphènes invalidants</li> </ul>	<p style="text-align: center;"><b><u>GROUPE 4 :</u></b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• <b><u>n=21</u></b> dont 13 femmes et 8 hommes, moyenne d'âge 28 ans (<math>\pm</math> 10,98)</li> <li>• sujets « témoins » à audition normale sur les deux oreilles</li> </ul>

**Table 3 :** Répartition des quatre groupes testés lors de l'étude.

Pour les groupes 1, 2 et 3 seuls des patients appareillés depuis au moins 6 mois ont été interrogés afin de s'assurer que chacun ait assez d'expérience pour évaluer l'apport de ses prothèses auditives dans sa vie quotidienne. De la même manière un temps de port des aides auditives journalier de minimum 6 heures était demandé. Ainsi grâce à la fonctionnalité « Data Logging » présente dans les logiciels de réglage des aides auditives, les valeurs suivantes ont respectivement été relevées pour les trois groupes équipés d'audioprothèses : 10,95h/jour ( $\pm$  3,50) ; 10,84h/jour ( $\pm$  3,55) et 10,26h/j ( $\pm$  3,22).

Les patients étaient appareillés en **conduction aérienne** traditionnelle (BTE, RIC ou CIC). De plus, seuls les participants du groupe 3 se plaignent d'acouphènes permanents. Ils sont pour la majorité appareillés avant tout pour cette raison, les membres des autres groupes n'étant pas concernés par cette pathologie ou alors de façon très insignifiante. En effet sur 21 participants du troisième groupe, 15 d'entre eux utilisent en permanence un programme spécialement dédié au traitement de leurs acouphènes (soit 71,43% du groupe contre 0% pour l'ensemble des autres participants). Le traitement de l'acouphène n'étant pas le sujet de cette étude, le fonctionnement d'un tel programme ne sera pas détaillé. Notons juste que plus de la moitié de ces patients ne peuvent supporter leurs acouphènes au quotidien sans leurs appareils auditifs.

## 1.2. Matériel utilisé

La présente étude a été réalisée dans une seule **cabine insonorisée** (articles D4361-19 et D4361-20), équipée d'un **audiomètre AURICAL** relié à un ordinateur fixe disposant de l'interface NOAH. Un **casque TDH-39, deux haut-parleurs (HP)** et un **otoscope** accompagné de différentes tailles de spéculums, étaient également à disposition.

La traduction française du **MASH** fournie par le professeur R. DAUMAN a été utilisée pour estimer la gêne des participants par rapport aux sons forts (**Annexe I**). Nous avons volontairement choisi de modifier sa présentation comme stipulée dans l'annexe pour nous affranchir de la partie droite du document non nécessaire pour cette étude. Il a été sélectionné puisqu'il aborde une multitude de situations dans lesquelles un individu de n'importe quelle tranche d'âge peut se retrouver (les détails

sont disponibles dans la partie I.3.3 de ce document). L'intérêt étant de cibler directement des situations de la vie quotidienne et de comparer rapidement le ressenti des patients ainsi que leur confort auditif avec les appareils, par rapport aux mesures effectuées en parallèle (ULL, tâche d'hyperacousie ...).

Enfin, un script **MATLAB** a été rédigé sur un ordinateur portable dernière génération (processeur « Intel Core i7 ») à écran tactile par les membres du CNRS d'Aix-Marseille. Parmi les 69 sons de la base de données d'Enzler et al, 25 ont été retenus (**Annexe II**) pour ce test (moyenne = **2,068** secondes ; SD = 0,251 secondes), dont les 7 nécessaires au calcul du CDS score. Les 18 autres ont été sélectionnés en fonction des principales plaintes des patients appareillés (ex. froissement de papier), des sons à caractère émotionnel (ex. bébé qui pleure), misophoniques (ex. mastication), impulsifs (ex. cymbale) ou encore des sons désagréables (ex. klaxonne de voiture), ainsi que deux sons purs à 500 et 4000 Hz. Ces derniers permettront une rapide comparaison entre la tolérance aux sons purs par rapport aux sons écologiques à la même intensité. En synthèse nous avons choisi 16 sons désagréables, 2 artificiels et 7 agréables (ceux du CDS score) parmi les 69.

La programmation MATLAB connectée à l'audiomètre permet de jouer ces sons préalablement calibrés au travers d'un **haut-parleur** situé à 1,5 mètre en face et à hauteur du patient, assis sur une chaise. Le fonctionnement est semblable à la **figure 3** : chaque son est noté par le patient sur une **EVA** allant de complètement agréable à totalement désagréable, cela grâce à l'interface tactile de l'ordinateur de test.

### 1.3. Méthode suivie

Les séances avec les sujets des groupes 1, 2 et 3 ont été reproduites en suivant la même logique. Chaque participant était convoqué une seule fois sur rendez-vous pour effectuer les différents tests, le tout pendant 40 minutes à 1 heure environ. En raison du contexte sanitaire et pour limiter les déplacements des patients fragiles, certaines passations de tests ont eu lieu à la suite d'un rendez-vous de contrôle avec l'audioprothésiste. Les 82 participants ont été reçus du 6 novembre au 18 décembre 2020.

Tout d'abord un **nettoyage complet des aides auditives** était réalisé ainsi qu'une vérification de leur fonctionnement global. Une **otoscopie de rigueur** permettait d'exclure toute pathologie d'oreille externe pouvant altérer les résultats. Pour chaque sujet des mesures audiométriques ont préalablement été effectuées :

- Au casque TDH-39 :
  - Une audiométrie tonale de l'oreille droite puis de l'oreille gauche sur les fréquences suivantes : 250, 500, 750, 1000, 1500, 2000, 3000, 4000, 6000 et 8000 Hz.
  - Un ULL droit puis gauche à 250, 500, 1000, 2000, 4000 et 6000 Hz
  
- En champ-libre (CL) au travers des haut-parleurs et avec les aides auditives en fonctionnement :
  - Un ULL bilatéral de 500 à 6000 Hz

Toutes ces mesures ont été réalisées en **sons purs** avec une précision de 5 dB. Le patient ayant été positionné à équidistance des deux enceintes. Les mesures audiométriques moyennes de chaque groupe sont disponibles en **Annexe III**.

Enfin après avoir reçu une présentation et des explications au sujet de l'expérimentation, le patient devait remplir un **formulaire de consentement** pour participer à la recherche (**Annexe IV**) ainsi que répondre au **questionnaire** proposé. Par ailleurs, nous avons délibérément choisi de ne pas comptabiliser la catégorie « travail » dans le score au MASH, la majorité des participants étant à la retraite ou sans emploi. De la même manière, seulement deux personnes sur 82 ont ajouté une thématique à celles proposées : les bruits de vaisselle. Cet item étant repris dans la tâche d'évaluation des sons (klaxonne de voiture, verre contre verre ou encore, verre brisé ...) nous avons choisi de ne pas en tenir compte dans le score final. Cela permet une meilleure comparaison des résultats entre les différents groupes étudiés, en se basant uniquement sur les **douze mêmes thématiques**.

Ensuite une fois le patient bien installé en face du haut-parleur et à une distance égale de ce dernier pour tous les participants, il pouvait débiter **la tâche d'évaluation des sons écologiques** divisée en quatre temps :

- **1<sup>ère</sup> phase** : phase d'entraînement sur 5 sons (indépendants des 25 sélectionnés) permettant d'expliquer le principe de fonctionnement de la tâche aux patients. Cette étape est indispensable pour les familiariser avec l'interface et éviter tous biais liés à une incompréhension des consignes ou une mauvaise utilisation du matériel.
- **2<sup>nde</sup> phase** : première diffusion à 60 dB SPL des 25 sons dans un ordre aléatoire. Chaque son sera répété trois fois afin de moyenniser les évaluations.
- **3<sup>e</sup> phase** : seconde présentation des mêmes sons à 70 dB SPL cette fois-ci, également joués à trois reprises.

- **4<sup>e</sup> phase** : même cheminement à 80 dB SPL.

N.B. : La programmation est telle que si un son est jugé à **plus de 90% désagréable**, et ce à n'importe quel moment des phases 2, 3 ou 4, il ne sera **plus répété** jusqu'à la fin de la tâche. Ainsi un score automatique de « *100% désagréable* » sera attribué systématiquement. Cette condition a été établie par Enzler et al. dans le but de **protéger les patients hypersensibles** aux sons. Ils partent du principe que si un son est jugé extrêmement désagréable à un niveau sonore, il le sera d'autant plus au(x) niveau(x) supérieur(s).

Evidemment, une méthodologie similaire a été reproduite pour les participants du groupe 4 : une otoscopie suivie d'une audiométrie tonale au casque accompagnée des seuils d'inconfort. Puis, le formulaire de consentement et le MASH ont également été complétés avant d'effectuer la tâche informatisée. Ce groupe a été constitué afin d'établir **des valeurs de référence** pour comparer la différence de tolérance aux sons entre des normo-entendants et des malentendants appareillés. De surcroit, cela permettra de calculer le CDS score de l'ensemble des sujets grâce aux nouvelles valeurs normatives obtenues. Les sujets témoins de l'étude précédente réalisée par Enzler et al. ayant été testés au casque et non en champ-libre.

Pour terminer, la cabine et l'ensemble des équipements utilisés lors de la séance ont systématiquement été **désinfectés entre chaque individu** afin de préserver au mieux la patientèle face aux risques sanitaires engendrés par la COVID-19.



## 2. Analyse statistique et résultats

L'ensemble des données récoltées lors des différentes passations de tests a subi une analyse statistique. Pour rappel, ce mémoire a pour but d'étudier la **sensibilité aux sons environnementaux chez les utilisateurs d'audioprothèses** en comparaison avec une population dont le traitement auditif n'est pas altéré. La séparation des malentendants en trois groupes suivant leur surdité permet une analyse plus approfondie, initiant ainsi des comparaisons internes. L'objectif étant de mettre en avant des éventuelles différences de tolérance aux sons entre les différents profils de participants retenus.

### 2.1. Mesure de l'hyperacousie

La première phase d'analyse se concentre sur les différents outils disponibles pour mesurer l'hypersensibilité sonore.

#### a) *Le MASH*

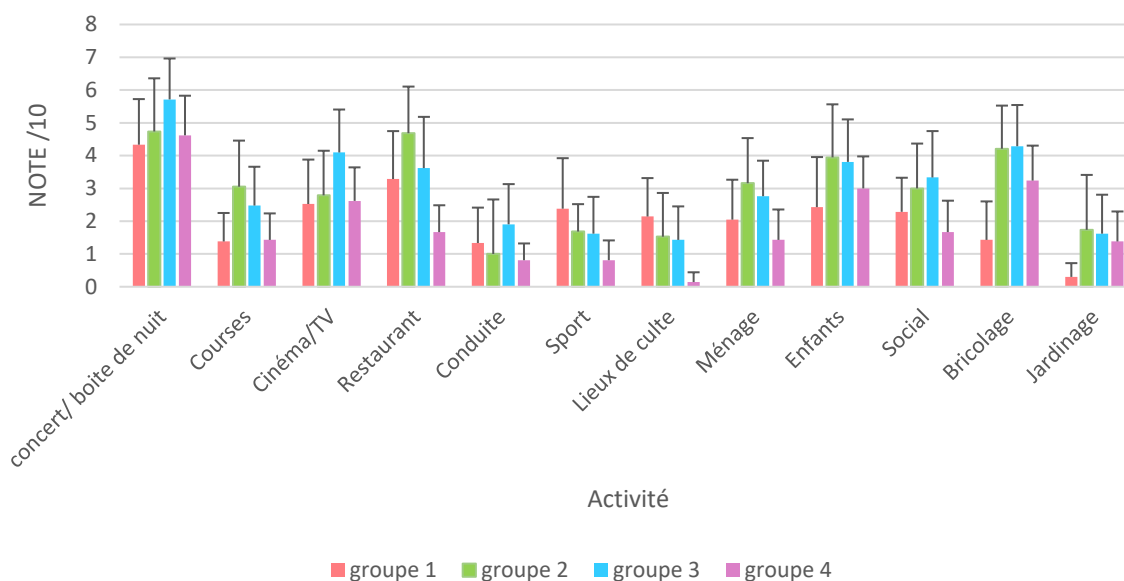
Pour rappel, chaque participant des quatre groupes a évalué sa gêne auditive (avec appareils pour les groupes 1, 2 et 3) dans 12 situations sonores. Un score global individuel a été calculé comme énoncé précédemment. Les résultats moyens par groupe étudié sont les suivants :

Groupe 1 : moyenne = **2,03**  $\pm$ 1,24 ; Groupe 2 : moyenne = **2,98**  $\pm$ 1,66

Groupe 3 : moyenne = **3,06**  $\pm$ 1,45 ; Groupe 4 : moyenne = **1,90**  $\pm$ 1,11

D'après le professeur R. Dauman un score final entre 0 et 3 n'indique qu'une hyperacousie « légère » sans conséquences particulières. En revanche le groupe 3, avec une moyenne de 3,06/10, se retrouve à la limite de la catégorie suivante témoignant d'une gêne sonore dite « modérée ». Pour compléter ce premier aperçu une ANOVA (ou analyse de la variance aux groupes indépendants) à un facteur non répété ( $F(3) = 4,074$  ;  $p = 0,010^*$ ) suivie de tests Post-Hoc *Bonferroni*, ont permis de comparer les scores entre les différents groupes. Ainsi avec un intervalle de confiance à 95% on trouve une différence tout juste significative entre les scores du groupe 3 et ceux du groupe 4 ( $p=0,048^*$ ). Par conséquent nous pouvons évoquer une hypersensibilité sonore très légèrement supérieure pour les patients acouphéniques notamment par rapport au groupe contrôle sans perte auditive.

Intéressons-nous aux notes individuelles moyennes (sur 10) attribuées par les quatre groupes pour les différentes situations proposées, la **Figure 6** ci-après reprend les résultats. D'un point de vue statistique, on retrouve une différence significative entre les notations moyennes globales fournies par les différents groupes ( $F(3) = 12,939$  ;  $p < 0,001^{***}$ ) soit plus précisément entre le groupe 4 et les groupes 2 et 3 ( $p < 0,001^{***}$ ) ainsi qu'entre le groupe 1 et les groupes 2 et 3 ( $p = 0,004^{**}$  &  $p < 0,001^{***}$ ). Cela signifie que de manière générale les évaluations des acouphéniques et des sujets avec une perte asymétrique sont en moyenne plus hautes que le groupe témoin et les presbyacousiques. En revanche il ne semble pas y avoir de différence significative de notation si l'on prend en compte simultanément les facteurs « groupe » et « activité » dans notre ANOVA ( $F(33)=1,238$  ;  $p = 0,169$ ). Les moyennes de chacun des quatre groupes pour une activité donnée ne sont pas formellement différentes. On note par ailleurs une importante variance des résultats intergroupes.



**Figure 6** : Histogramme représentant les notes moyennes au MASH attribuées (sur 10) par activité et par groupe (1, 2, 3 et 4) avec un intervalle de confiance à 95%.

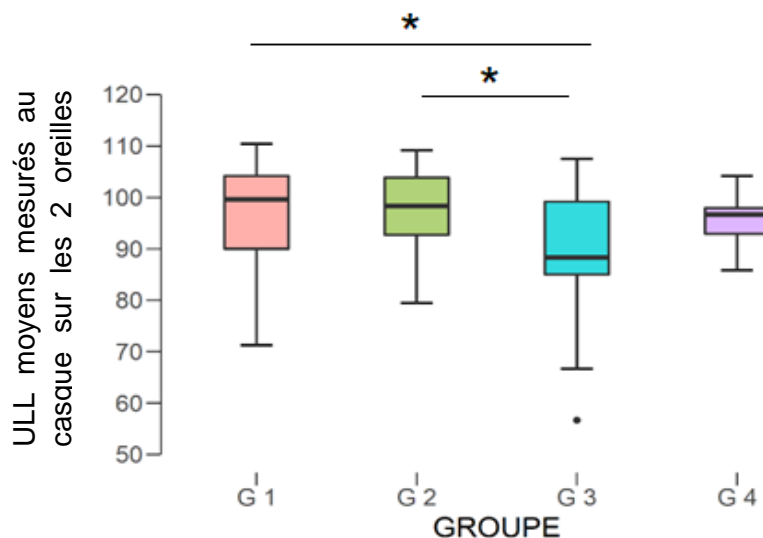
Néanmoins, nous remarquons visuellement une déplaisance générale évidente lors des concerts, en boîte de nuit ou pendant les spectacles (nous avons adapté la question à un public plus âgé) mais également auprès des enfants. De manière plus sélective on perçoit une différence relative entre les notes attribuées par les trois groupes de malentendants, globalement plus hautes que celles du groupe témoin pour la **catégorie restaurant**. Beaucoup d’entre eux ont évoqué une ambiance sonore difficile avec les aides auditives : une association de bruit de vaisselle, de paroles diverses etc. rendant l’écoute parfois inconfortable.

Retenons finalement que les patients acouphéniques semblent très légèrement plus sensibles aux sons que les autres groupes, bien que les surdités asymétriques puissent également nous interroger à ce stade. La principale différence retenue entre le groupe témoin et les malentendants concerne le restaurant, situation d’écoute qui semble déranger davantage les personnes appareillées que les normo-entendants. Mais l’interprétation de ce questionnaire s’effectue davantage sur une moyenne

globale que sur les différences entre les activités dont la pratique dépend de chacun, expliquant ainsi l'absence de réelles différences.

*b) Les seuils d'inconfort*

La mesure des seuils d'inconfort (ULL) permet également d'estimer une hyperacousie. Dans un premier temps, nous avons comparé ces ULL au casque entre les différents groupes étudiés. La **Figure 7** représente sous forme de boîte à moustaches les données recueillies pour chaque profil auditif. Une boîte à moustache permet de présenter la distribution des résultats en quatre parties : la boîte centrale réunit 50% des réponses (entre les 25<sup>ème</sup> et 75<sup>ème</sup> centiles), la médiane étant suggérée par un trait épais noir. Les moustaches marquent quant à elles les deux valeurs extrêmes de la série. Des représentations en fonction de la fréquence sont aussi disponibles en **Annexe III**.

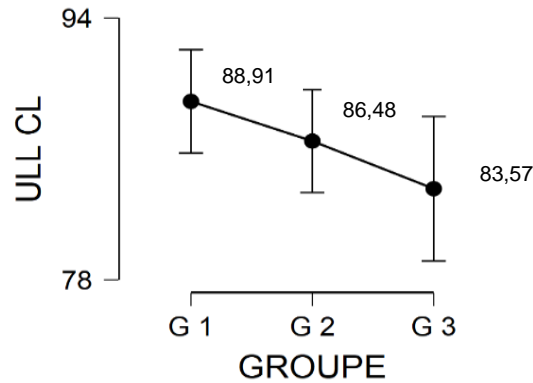


**Figure 7** : Boîtes à moustaches représentant les valeurs moyennes des ULL pour les deux oreilles au casque (en dB HL), en fonction du groupe (1, 2, 3 et 4).

Les moyennes suivantes ont été calculées pour les deux oreilles (à 250, 500, 1000, 2000, 4000 et 6000 Hz) par ordre de présentation des groupes : **96,35** dB HL  $\pm 10,65$  ; **97,59** dB HL  $\pm 7,74$  ; **88,30** dB HL  $\pm 13,05$  et **95,73** dB HL  $\pm 4,00$ . Ces données ne permettent pas de suggérer une hyperacousie moyenne oreilles nues pour l'un de ces effectifs, en effet comme énoncé par Aazh et Moore on ne parle d'hyperacousie que pour un ULL inférieur ou égale à **77** dB HL.

Toujours dans la démarche d'étudier les différences de tolérance entre les profils auditifs sélectionnés, nous avons réalisé un test de Kruskal-Wallis ( $S(3) = 8,30$  ;  $p = 0,040^*$ ) : équivalent non paramétrique d'une ANOVA, l'homoscédasticité n'ayant pas été vérifiée par le test de Levene. Ainsi une différence significative se révèle, avec un intervalle de confiance à 95%, entre les ULL mesurés chez les patients acouphéniques inférieurs à ceux des presbyacousiques ( $p=0,046^*$ ) et asymétriques ( $p=0,017^*$ ). En revanche cette analyse n'est pas anormale et demande un certain recul car les pertes auditives des groupes 1 et 2 sont plus importantes que celles du groupe 3 (**Annexe III**). Effectivement, il n'y a pas de différences significatives entre les seuils d'inconfort mesurés chez les malentendants par comparaison au groupe contrôle.

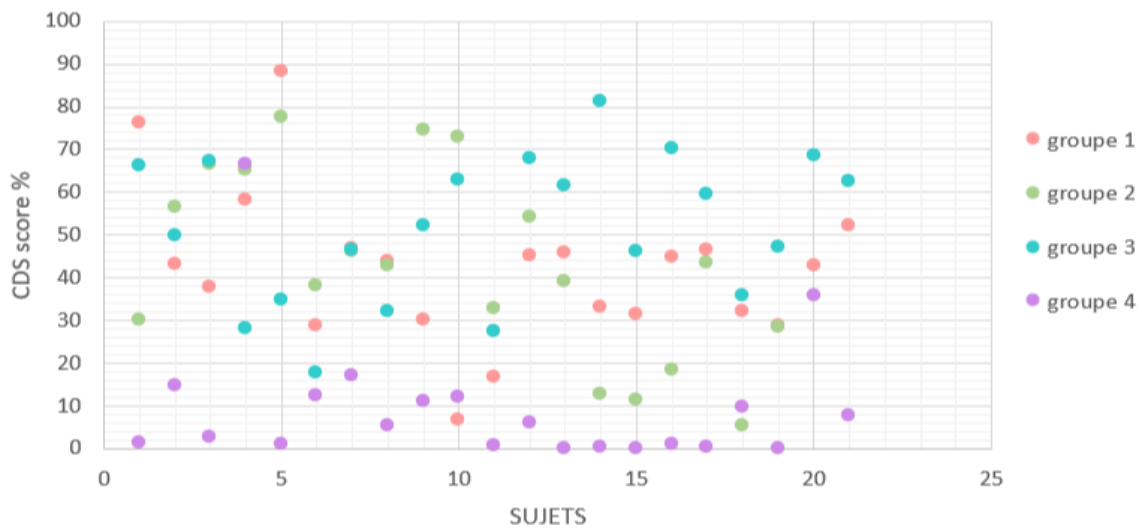
Dans un second temps nous nous sommes intéressés aux ULL mesurés avec les aides auditives en place, en CL. Cette mesure est plus intéressante puisque notre étude est basée sur la sensibilité auditive des malentendants avec leur appareillage. Néanmoins les résultats obtenus à la suite d'une ANOVA ( $F(2) = 2,405$  ;  $p = 0,0910$ ) ne permettent pas de conclure sur une véritable différence entre les seuils d'inconfort mesurés en CL pour les trois populations de malentendants appareillés. Cette analyse est interprétée avec une probabilité de se tromper égale à 5%. Bien qu'on puisse remarquer une tendance légèrement plus faible pour le groupe 3 surtout en comparaison avec le groupe 1 dans la **Figure 8**.



**Figure 8 :** Seuils d'inconfort moyens avec aides auditives en CL (en dB HL) en fonction du groupe étudié (1, 2 et 3). Les barres d'erreurs représentent les intervalles de confiance à 95%.

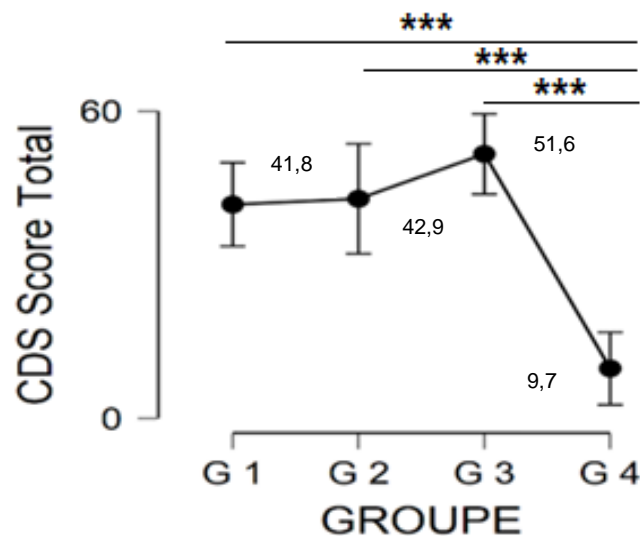
### c) Le CDS score

Dans un troisième temps nous avons récolté les données issues des EVA de la tâche MATLAB, consistant à évaluer la gêne provoquée par les différents sons proposés. Nous rappelons que cette échelle s'étendait de totalement agréable soit 0% à extrêmement désagréable correspondant à un score de 100%. Dans cette partie nous allons traiter uniquement les réponses aux 7 sons nécessaires au calcul du CDS score élaboré par Enzler et ses collaborateurs. Le score global de chaque participant a été obtenu grâce à la formule présentée partie I.3.4., en utilisant la moyenne des trois répétitions et ce à 60, 70 et 80 dB SPL. Pour établir les scores nous avons utilisé les réponses de notre population de référence, car lors de la première étude réalisée par le CNRS d'Aix-Marseille, les sujets contrôles avaient effectué la tâche au casque et non en CL. Les nouvelles valeurs normatives ont été calculées en utilisant le quantile à 75% des réponses du groupe 4 et ce pour chacun des 7 sons aux 3 niveaux. La **Figure 9** présente la distribution des scores ainsi calculés (en %) par participant (N=82).



**Figure 9 :** Distribution des CDS scores totaux (en %) pour chacun des 82 participants. Les couleurs représentent les quatre populations étudiées comme stipulé en légende.

On remarque de prime abord une nette différence entre les scores du groupe 4 comparés aux malentendants. Cette observation peut paraître évidente puisque les CDS scores sont basés sur leur distribution. En revanche, cela ne veut pas dire que les autres groupes doivent avoir des CDS scores forcément supérieurs. Effectivement, il se pourrait parfaitement que les malentendants aient trouvé tous les sons très agréables ou tout du moins que leurs réponses aux EVA soient relativement proches de celles du groupe de référence. À la suite de cela nous avons comparé les résultats des différents groupes grâce à un test de Kruskal-Wallis ( $S(3) = 36,28 ; p < 0,001^{***}$ ) complété par des tests Post-Hoc *Bonferroni* révélant une différence très significative pour les trois populations malentendantes ( $p < 0,001^{***}$ ) en opposition au groupe témoin. En revanche les écarts de scores ne diffèrent pas de manière absolue entre les sujets appareillés. La **Figure 10**, reprend simplement cette analyse, on notera une fois de plus une tendance légèrement supérieure aux autres pour le groupe 3. Il semble finalement exister une forme d'hypersensibilité aux sons environnementaux pour les utilisateurs d'audioprothèses.



**Figure 10 :** CDS score total (en %) en fonction du groupe interrogé (1, 2, 3 et 4). Les barres d'erreurs représentent les intervalles de confiance à 95%.

Une sous-étude parallèle nous a permis de déterminer une nouvelle valeur de référence suggérant une sensibilité anormale aux sons à partir de notre échantillon. Rappelons que d'après Enzler et al. un score supérieur à **19** évoquait une hyperacousie.

Nous nous sommes alors basés sur le troisième quartile de la distribution de notre effectif témoin, tel que 75% des valeurs de la série lui soient inférieures. Ce critère nous permet d'éviter les « faux contrôles » notamment pour les sujets 4 et 20, du groupe témoin, qui ont obtenus des scores plus élevés que le reste de l'échantillon (N=21), cette information est visible dans la **Figure 9** ci-avant. Le 75<sup>ème</sup> centile de cette population donne la valeur suivante : 11,991, finalement arrondie à **12**.

Ensuite, nous avons comparé les résultats de chaque groupe à notre nouvelle valeur de référence par le biais de trois tests de Student à un échantillon unique et un test non-paramétrique des rangs signés de Wilcoxon (normalité non vérifiée pour le



groupe 4). La **Table 4** reprend l'ensemble des résultats. Ainsi, nous admettons effectivement que les scores atteints par les trois groupes appareillés sont très significativement supérieurs à notre valeur de référence. A titre de comparaison, nous remarquons que la moyenne détenue au CDS score pour le groupe 4 est bien évidemment en dessous de la limite fixée, présentant un écart non significatif vis-à-vis de celle-ci.

La finalité de cette analyse nous permet de mettre en avant **un comportement anormal** des sujets appareillés vis-à-vis des 7 sons proposés, par analogie à des normo-entendants. La suite de ce document nous permettra de découvrir quels sont les bruits qui ont engendré cette différence.

GROUPE 1	GROUPE 2	GROUPE 3	GROUPE 4
T-test de Student a échantillon unique			test des rangs signés de Wilcoxon :
$t(20) = 7,60$	$t(18) = 6,05$	$t(20) = 10,57$	$V = 55$ (dll : 20)
$p < 0,001^{***}$	$p < 0,001^{***}$	$p < 0,001^{***}$	$p = 0,98$

**Table 4 :** Résultats des différents tests statistiques susmentionnés. On retrouve dans l'ordre : le groupe analysé, le test employé et les résultats qui en découlent, ainsi qu'une figure représentant le CDS score moyen, avec un intervalle de confiance à 95%, comparé à notre valeur de référence « 12 » représentée en pointillés.

*d) Corrélation entre les différentes mesures de l'hyperacousie*

Dans l'intérêt de compléter cette partie relative aux différents tests permettant une évaluation de l'hyperacousie, nous avons recherché une corrélation éventuelle entre ces derniers. Nous avons utilisé l'ensemble de l'échantillon testé soit 82 sujets afin d'établir des liens entre les réponses au MASH, au seuil d'inconfort et au CDS score. De ce fait, les tests de corrélation de Pearson ont donné les valeurs suivantes :

**ULL** versus **MASH** :  $r = - 0,174$  ;  $p = 0,118$

**ULL** versus **CDS score** :  $r = - 0,320$  ;  $p = 0,003^{**}$

**MASH** versus **CDS score** :  $r = 0,347$  ;  $p = 0,001^{**}$

Premièrement, nous pouvons interpréter une relation significative entre les ULL mesurés au casque et les CDS scores. Cette corrélation négative témoigne d'une diminution de l'ULL lorsque le CDS score augmente. De la même manière nous pouvons rendre compte d'une relation entre le score au MASH et le CDS score. Dans ce cas de figure la relation est positive c'est-à-dire que le score au MASH augmente avec le CDS score. Enfin, il ne semble pas exister de corrélation entre les seuils d'inconfort et les réponses au MASH pour cet échantillon ce qui conforte les dires de Meeus et al. en 2010.

En résumé, le CDS score augmente d'une part avec l'élévation du score au MASH et d'autre part avec la diminution des ULL. Ainsi, il représente un outil de mesure supplémentaire très intéressant pour évaluer une hypersensibilité aux sons.

## 2.2. Réponses à la tâche d'évaluation des sons

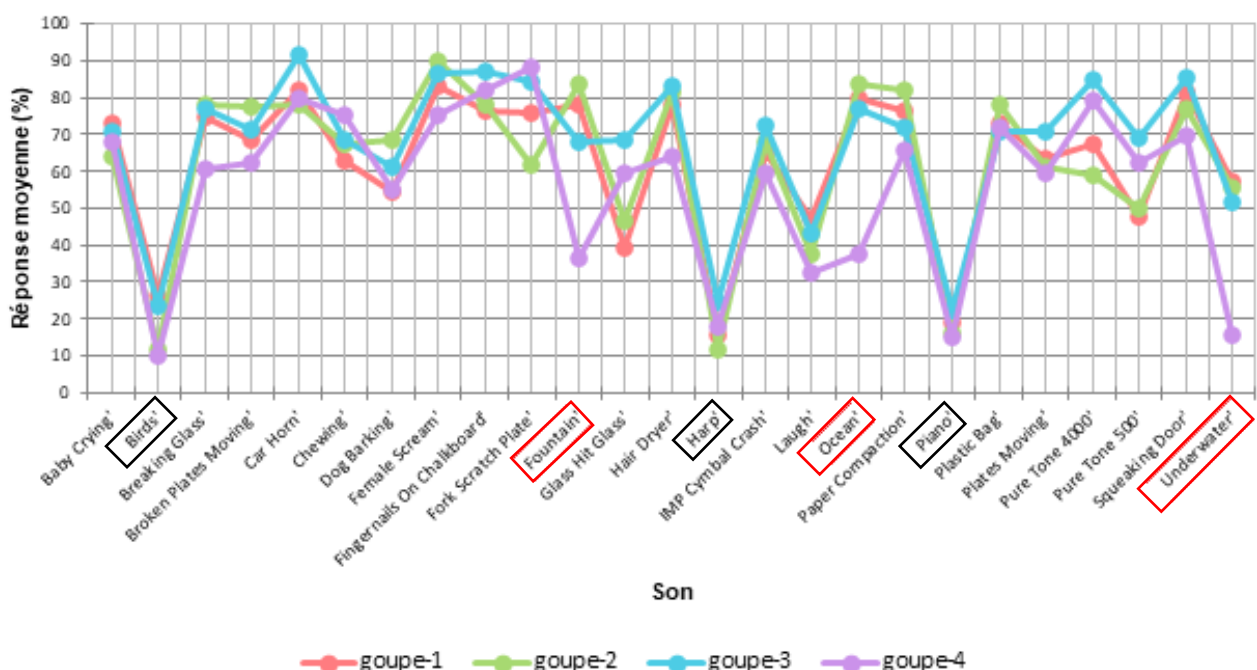
Enfin, dans cette dernière session d'analyse nous allons comparer les réponses des différents groupes à la tâche d'évaluation des **25 sons**. Notre objectif étant de mettre en avant un éventuel **écart de tolérance** pour certains sons entre les malentendants appareillés et le groupe contrôle. Pour cette étude nous avons confronté les moyennes des trois répétitions pour chaque population et par niveau sonore (soit 60, 70, et 80 dB SPL).

### *a) Etude à 60 dB SPL*

La première comparaison à 60 dB SPL est très intéressante car ce niveau correspond à une conversation normale à voix hautes accompagnée par un léger fond sonore tout à fait supportable pour un normo-entendant. Une ANOVA à deux facteurs (son et groupe) nous a permis d'extraire des informations à propos des réponses aux EVA de nos différents groupes. Premièrement nous avons mis en avant des différences de réponses entre les quatre populations confrontées ( $F(3) = 29,064 : p < 0,001^{***}$ ), notamment entre le groupe 4 et les trois groupes de malentendants ( $p < 0,001^{***}$ ) qui présentent des réponses plus élevées. Mais aussi entre les groupes 1 et 2 vis-à-vis du groupe 3 révélant également des résultats significativement plus importants ( $p < 0,001^{***}$  et  $p = 0,001^{**}$ ). Par ailleurs, il ne semble pas y avoir de différence significative entre le groupe 1 et le groupe 2 dont les réponses sont assez proches ( $p = 1,000$ ).

La deuxième partie de cette ANOVA nous a permis d'effectuer des comparaisons sur les évaluations de chaque son pour chacun des quatre groupes

( $F(72) = 4,230$  ;  $p < 0,001^{***}$ ). En raison du grand nombre de tests effectués (4 groupes et 25 sons répétés 3 fois) nous avons choisi la correction de *Tukey* avec comme critère de significativité 5% divisé par le nombre de comparaisons deux à deux, soit :  $p = 0,05/6 = 0,008$ . La **Figure 11** représente la moyenne des réponses aux EVA pour chaque son et par groupe. Instantanément nous remarquons que 3 sons se détachent significativement des 22 autres ( $p < 0.0001^{***}$ ) : « birds » (oiseaux), « harp » (harpe) et « piano ». Pour les 82 participants, ces sons non discriminants ont été évalués en moyenne entre 10 et 30 % c'est-à-dire agréables voire très agréables. Cette observation interroge puisqu'ils font partis du Core Discriminant Sounds, sons qui marquent le plus la différence de tolérance entre les hyperacousiques et les témoins. Il semblerait que la sensibilité auditive avec les audioprothèses ne concerne pas ces 3 sons-là, à 60 dB SPL tout du moins.



**Figure 11 :** Evaluations moyennes de la gêne engendrée en fonction de chacun des 25 sons à 60 dB SPL (en % : 0% = agréable ; 50% = neutre et 100% = désagréable), par groupe interrogé (1, 2, 3 et 4).

Ensuite, nous avons relevé des différences significatives de réponses entre notre groupe contrôle et les malentendants de manière générale ( $p < 0,001^{***}$ ) pour 3 autres sons : « fountain » (fontaine), « ocean » et « underwater » (sous l'eau). Ces bruits jugés entre 15 et 40% pour le groupe 4 ont été notés bien plus sévèrement par les malentendants, entre 50 et 85% soit légèrement désagréables à très désagréables à seulement 60 dB SPL. Alors, il semble exister une hypersensibilité aux sons relatifs à l'eau courante chez les patients appareillés. Notons que ces trois sons, cette fois-ci extrêmement discriminants, appartiennent également au Core Discriminant Sounds. Enfin l'analyse visuelle de ce graphique suggère d'autres écarts, moins flagrants mais tout de même intéressants, pour les sons suivants :

- « breaking glass » (verre cassé), « broken plates moving » (assiette cassée, en mouvement) et « hair dryer » (sèche-cheveux) : les sujets témoins supportent davantage ces bruits par rapport aux autres profils auditifs soit 15 à 20% de différence. Ces sons rejoignent la thématique de l'environnement domestique assez désagréables pour les personnes appareillées (Skagerstrand, 2014). Nous pouvons également établir un lien avec les deux patients qui avaient ajouté la catégorie « bruits de vaisselle » dans leur questionnaire MASH.
  
- « fork scatch plate » (fourchette qui gratte une assiette), « glass hit glass » (deux verres qui s'entrechoquent par impulsions) et « chewing » (mâcher) : étonnamment ces sons dérangent plutôt les normo-entendants et acouphéniques par rapport aux presbyacousiques et surdités asymétriques (écart de 20 à 30%). Nous émettons l'hypothèse d'une influence de l'âge sur l'appréciation de certains sons. L'expérience permet de relativiser sur l'agréabilité ou non d'une source sonore (Mather & Carstensen, 2005), nous

pensons notamment aux sujets des groupes 1 et 2 plus âgés que les témoins. D'autre part les acouphéniques sont par leur pathologie, souvent plus sensibles à ces bruits très aigus.

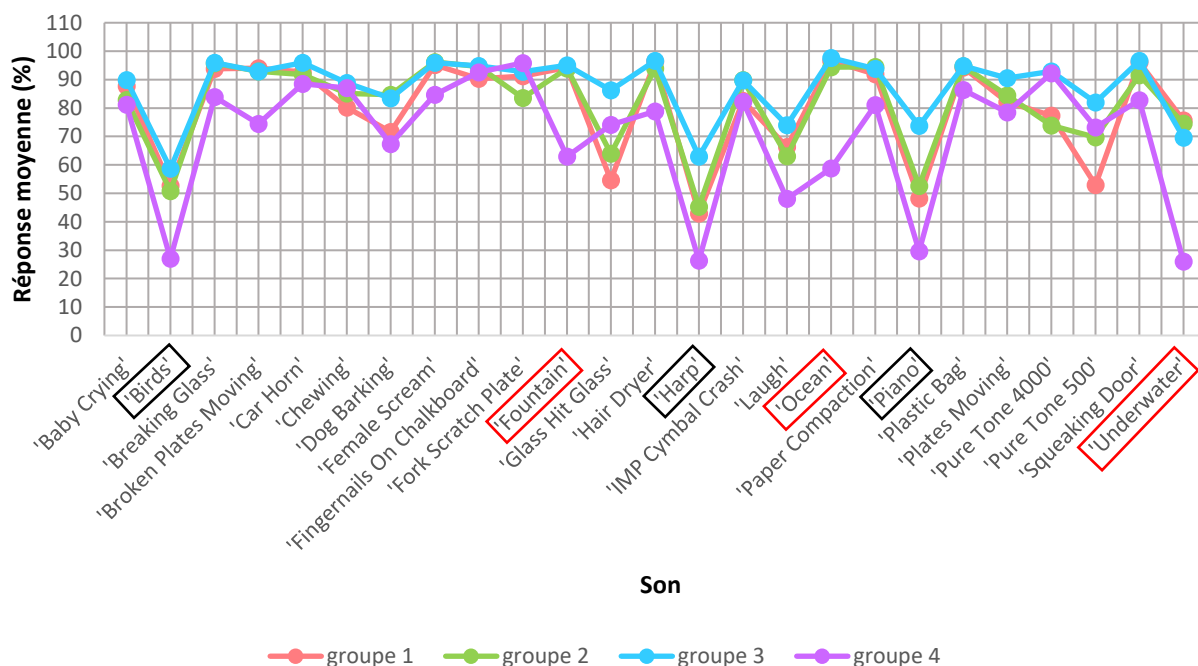
- « pure tone 4000 » et « pure tone 500 » deux sons purs à 500 et 4000 Hz : de la même manière les groupes 1 et 2 sont moins sensibles (environ 10 à 20%) que les deux autres groupes. Ces résultats nous interpellent car les seuils d'inconforts sont par convention mesurés avec des sons purs et si l'on remarque une meilleure tolérance à ces sons artificiels chez des sujets appareillés par rapport à des normo-entendants, nous pouvons nous questionner sur l'intérêt de ce test. Comme évoqué par Baguley et Hoare en 2018, les sons purs ne sont pas représentatifs de la gêne dans l'environnement quotidien.

#### *b) Comparaisons à 70 et 80 dB SPL*

Bien que les résultats à 60 dB SPL soient déjà relativement prégnants nous avons reproduit la même représentation graphique pour les deux niveaux supérieurs, 70 et 80 dB SPL (**Figures 12 et 13**). De la même manière, nous retrouvons une différence significative entre les réponses du groupe 4 confrontées à celles des malentendants, avec des évaluations toujours supérieures pour les acouphéniques ( $p < 0,001^{***}$ ).

A 70 dB SPL nous retrouvons dans l'ensemble les mêmes allures de courbes que précédemment, avec une différence toujours évidente pour les trois sons « fountain », « ocean » et « underwater » et d'autant plus pour ce dernier avec 40 à

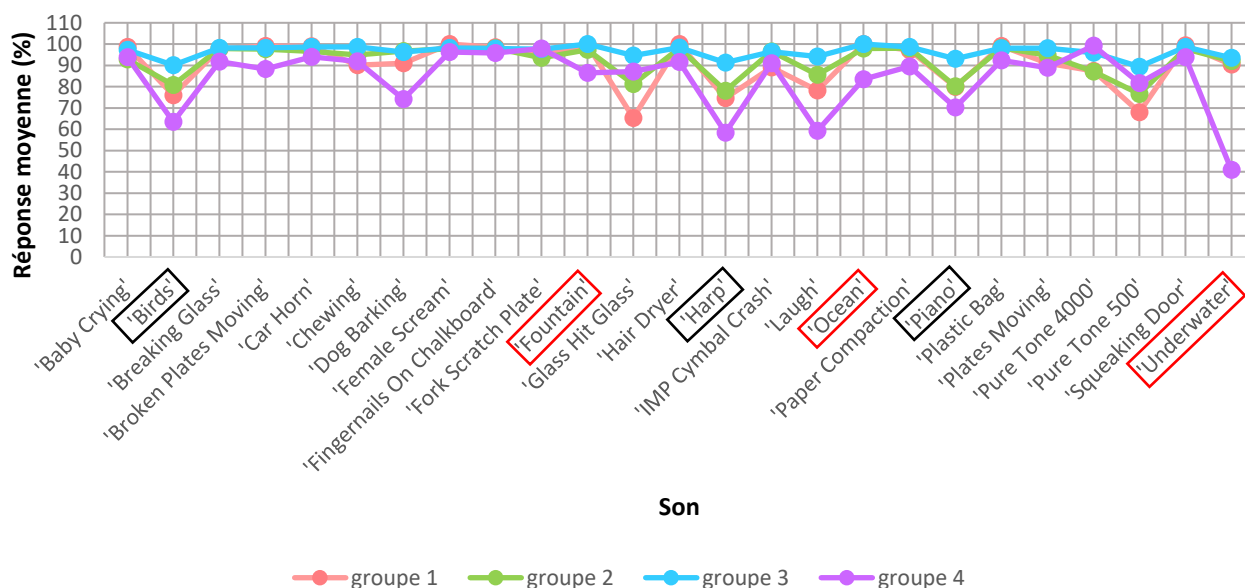
50% de différence (groupe 4 versus les autres groupes). De même « bird », « piano » et « harp » sont toujours très bien supportés, mais on remarque un écart qui se forme entre le ressenti du groupe 4 et ceux des autres populations. Les points relatifs aux deux sons purs révèlent encore une meilleure tolérance pour les groupes 1 et 2.



**Figure 12 :** Evaluations moyennes de la gêne engendrée en fonction de chacun des 25 sons à 70 dB SPL, par groupe interrogé.

En outre, à 80 dB SPL nous obtenons une saturation à 100% pour plusieurs sons chez les malentendants et ce à moindre mesure chez les contrôles. Nous remarquons que toutes les notations des sujets acouphéniques se trouvent entre 90 et 100%, ce qui signifie qu'à cette intensité tous les sons deviennent très désagréables voire insupportables pour eux. Ensuite, une réduction de l'éloignement entre les scores attribués aux sons « fountain » et « ocean » (85% pour le groupe 4 contre 100% pour les autres) est visible à ce niveau. Néanmoins la différence persiste remarquablement pour « underwater » avec 40% soit plutôt agréable chez le groupe 4 contre 90 à 95%

chez les autres participants. En outre, on observe toujours une préférence pour « bird », « harp », « piano » et même « laugh » (rires) chez les sujets du groupe 4, mais cette observation est de moins en moins vraie à mesure que le niveau augmente pour les groupes 1, 2 et particulièrement pour le 3<sup>ème</sup>. En ce qui concerne les sujets du 1<sup>er</sup> et 2<sup>ème</sup> groupe on remarque de nouveau une meilleure tolérance aux sons purs et au son « glass hit glass » par analogie aux témoins et acouphéniques.



**Figure 13 :** Evaluations moyennes de la gêne engendrée en fonction de chacun des 25 sons à 80 dB SPL, par groupe interrogé.

En conséquence, nous retenons que les stimuli catégorisés comme « désagréables » le sont dans l'ensemble pour tous les participants. Or, la discrimination s'effectue surtout pour les sons normalement « agréables » du CDS score dont la commodité ne semble pas universelle. De plus, une rapide corrélation de Spearman entre l'ancienneté de l'appareillage et les évaluations des trois sons les plus discriminants (Fountain, Ocean et Underwater), aux trois intensités, n'a pas été concluante ( $p \in [0,450 ; 0,782]$ ). Il ne semble donc pas exister de lien entre l'ancienneté de l'appareillage ( $m=55,07$  mois  $\pm$  50,01) et la tolérance aux trois sons précédents.



### 3. Discussion

#### 3.1. Tâche d'évaluation des différents sons

Revenons tout d'abord sur les derniers résultats obtenus ci-avant. Globalement nous avons remarqué que les sujets des groupes 1, 2 et 3 sont davantage gênés par les différents sons par rapport au groupe 4. De la même manière, les évaluations des sujets acouphéniques sont dans l'ensemble plus élevées que celles des presbycousiques et des surdités asymétriques. Cette information peut paraître étonnante car leurs seuils d'audition sont relativement proches de la normale (surdité globalement légère) mais cela rejoint l'estimation théorique suivante : environ 79% des acouphéniques présentent une hypersensibilité sonore anormale (Dauman & Bouscau-Faure, 2005 ; Jüris et al., 2013). Il aurait été intéressant de tester ces sujets sans leurs appareils pour comparer leur hypersensibilité avec et sans prothèses en CL. Les évaluations des surdités asymétriques interrogent car la moitié des participants sont appareillés unilatéralement. Ainsi, même avec une seule prothèse un inconfort anormal semble s'avérer. Une prochaine étude pourrait éventuellement tenir compte des degrés d'asymétrie. D'autre part, à 80 dB SPL nous obtenons beaucoup de saturations des réponses à 100% (groupes 1, 2 et 3) cela étant dû, en partie, au paramètre régissant que lorsqu'un son est jugé à plus de 90% désagréable, il n'est plus rejoué au cours de la tâche et un score de 100% lui est ensuite attribué. Cette condition permet effectivement de protéger les patients et de ne pas les agresser avec des bruits qu'ils ne supportent pas, sous peine de déclencher un état de stress pouvant par exemple accroître leurs acouphènes. En revanche cela induit une estimation peut être erronée, car le patient aurait pu potentiellement répondre différemment à la deuxième répétition. Effectivement, le fait de répéter un son peut induire une

acclimatation à ce dernier et donc une meilleure tolérance. Un autre biais est à soulever, notre EVA était scindée en deux parties par une marque représentant un repère pour le patient à 50%, soit une réponse neutre (ni agréable, ni désagréable). Il se peut que certains participants aient été influencés par ce marquage, oubliant d'utiliser l'intégralité de l'échelle qui permet de recueillir des réponses plus personnelles.

Aussi, intéressons-nous aux sons proposés de manière individuelle : incontestablement nous avons mis en évidence une réduction anormale de la tolérance aux bruits relatifs à l'eau courante chez les malentendants appareillés, et ce dès un niveau sonore plutôt confortable. Aucune corrélation n'a été établie entre l'ancienneté de l'appareillage et la gêne induite par ces stimuli. Cela suppose que peu importe la durée de réhabilitation auditive, l'inconfort lié à ces trois stimulations reste globalement analogue. En revanche, les interprétations adjacentes n'ont pas autant de force statistique. Une comparaison visuelle des évaluations des autres sons nous a permis de soulever une légère intolérance au bruit du sèche-cheveux ou du verre brisé. Nous pourrions rejoindre le propos de Skagerstrand (2014) qui énumérait les bruits d'eau courante et domestiques (vaisselle, ménage, etc.) comme principales plaintes des patients appareillés. Néanmoins notre étude montre une meilleure tolérance sonore par exemple lorsque deux éléments en verre s'entrechoquent par impulsions ou pour le bruit de mastication, chez les malentendants des groupes 1 et 2 en opposition au groupe témoin et acouphéniques. Nous avons soulevé l'hypothèse de l'âge qui aurait potentiellement une influence sur l'appréciation des sons (Mather & Carstensen, 2005). Dans ce cas-là nous pourrions même parler de misophonie. Il serait intéressant de tester des contrôles plus âgés, mais des pathologies supplémentaires seraient à prendre en compte (baisse d'audition etc.). Aussi, nous

souhaitons préciser que chaque patient testé bénéficie d'un suivi tous les trois mois pour contrôler le fonctionnement de ses appareils et modifier les réglages en fonction de son ressenti dans sa vie quotidienne. De ce fait, des réducteurs de bruits par exemple impulsionnels, de la compression de dynamique, etc. sont utilisés. Ainsi, il serait intéressant de reproduire ces mesures lors des essais prothétiques de primo-appareillages mais également de comparer les réponses en fonction de l'ancienneté de la perte d'audition, du niveau de gamme des aides auditives utilisées, des capacités cognitives du patient ou encore de l'activation ou non des réducteurs de bruits, etc.

De plus, il est de rigueur d'exprimer la subjectivité d'un tel test. En effet, l'évaluation de la gêne auditive engendrée par un son dépend des expériences de chacun vis-à-vis de ce son et de tout ce qu'il représente. Evidemment un participant qui a peur des animaux n'aura pas le même jugement pour le son « dog barking » (chien qui aboie) que celui qui vit tous les jours avec un chien. Plusieurs facteurs peuvent modifier subjectivement les notations : l'affect, la représentation du son que l'on peut assimiler à de la misophonie, la durée (plus il est long plus il est désagréable), la reconnaissance (si le son n'est pas reconnu son évaluation n'est pas influencée) et enfin l'enchaînement des différents stimuli (si l'on passe d'un son très désagréable à un autre beaucoup plus sympathique, la notation peut être minimisée). Pour pallier ce dernier paramètre, l'enchaînement était proposé de manière aléatoire pour toutes les répétitions, qui ont été moyennées par la suite.

### 3.2. Evaluation usuelle de l'hyperacousie

Nous avons utilisé et analysé parallèlement les réponses au questionnaire MASH et les mesures des ULL. Les résultats au questionnaire MASH ne permettent

pas d'affirmer une hyperacousie moyenne (avec aides auditives pour les groupes 1, 2 et 3) dans l'une des populations étudiées bien que le groupe 3 soit à la limite d'une gêne dite modérée. Nous démontrons aussi un score total significativement plus haut chez les acouphéniques par rapport aux sujets contrôles, néanmoins cette avance est discutable car nous avons une p-value de 0,048, limite significative à 95%. Lorsque l'on s'intéresse davantage aux notes moyennes attribuées par activité, nous remarquons qu'elles n'excèdent pas 6/10 ce qui ne semble effectivement pas suggérer de gêne sonore extrême dans la vie de tous les jours. En revanche ces notations sont globalement plus hautes pour les sujets acouphéniques et les surdités asymétriques. De plus, les réponses moyennes par activité ne sont pas significatives entre les groupes et leur variance est importante. Ainsi, le MASH permet une bonne estimation globale de la gêne auditive au quotidien, mais une analyse par catégorie est insensée. Prenons l'exemple du jardinage qui peut être très bruyant (tondeuse, tronçonneuse, etc.) et à la fois extrêmement calme (cueillette, plantations, etc.) d'un individu à l'autre. Il est donc difficile de comparer les réponses entre les participants.

D'autre part, la mesure des ULL au casque ne nous oriente pas vers une hyperacousie moyenne (oreilles nues) pour l'un de nos échantillons, ce qui pourrait éloigner l'éventualité d'une gêne déjà présente sans appareils. Il est vrai que les seuils d'inconfort sont en moyenne moins élevés pour les acouphéniques que pour les presbyacousiques et surdités asymétriques, mais ce comportement n'est pas anormal car il est comparable à celui des normo-entendants. Nous avons supposé une influence de la perte d'audition, plus importante chez les sujets du 1<sup>er</sup> et du 2<sup>ème</sup> groupe. Mais nous souhaitons souligner qu'aucune distinction relative au type de surdité (perception (n=9) ou transmission (n=10)) n'a été établie pour les participants du groupe 2, notre objectif étant d'étudier simplement le comportement global des

surdités asymétriques face aux stimuli sonores. Une prochaine étude pourrait parfaitement traiter de cette distinction. Il est d'usage de rappeler néanmoins qu'une surdité de transmission, vulgairement générée par un obstacle à la transmission du son de l'oreille externe à la cavité tympanique, entraîne un abaissement des ULL et donc une meilleure tolérance aux sons sur les fréquences concernées. Cette information peut donc expliquer en partie nos écarts intergroupes.

Une mesure a également été réalisée en CL pour les trois groupes appareillés mais son analyse statistique n'a pas montré de différences prégnantes. En outre comme évoqué précédemment, les patients sont régulièrement suivis par leur audioprothésiste et les seuils d'inconfort avec les appareils sont contrôlés systématiquement, puis les réglages sont ajustés en fonction des résultats. D'autre part cet outil n'est pas représentatif de la gêne quotidienne dans l'environnement, d'autant plus qu'aucune valeur de référence n'est aujourd'hui disponible pour évaluer en CL une hyperacousie. Si nous reprenons les évaluations des deux sons purs à 500 et 4000 Hz, nous avons noté une meilleure tolérance chez les malentendants des groupes 1 et 2 avec leurs appareils par rapport aux contrôles et aux acouphéniques. Cette observation est d'autant plus intéressante qu'elle s'applique également à 80 dB SPL alors que la grande majorité des autres sons ont été jugés très désagréables par ces participants. De ce fait, une mesure des ULL à l'audiométrie vocale ou avec des sons quotidiens serait vraisemblablement plus adaptée. Faisons une rapide analogie avec les travaux d'Anari et al. en 1999 qui avaient mesuré des ULL en utilisant le son « oiseaux qui chantent », aussi proposé dans notre liste. Ce son était très mal supporté de 250 à 1kHz avec des seuils moyens à 30 dB HL et la tolérance maximale à 2 et 4kHz ne dépassait pas les 65 dB HL, contre une moyenne de 80 dB HL pour des sons

purs à toutes les fréquences. Aussi, après réflexion il aurait été intéressant de mesurer les ULL en CL également pour le groupe contrôle, afin confronter les résultats.

Finalement, ces deux outils sont eux aussi très subjectifs et dépendent de la compréhension des consignes et questions par le sujet. Peut-être qu'une étude sur de plus grands échantillons aurait été davantage significative.

### 3.3. Calcul du CDS score chez les utilisateurs d'aides auditives

Les résultats obtenus au CDS score par les 61 malentendants ont révélé une différence très significativement supérieure par rapport à notre population de référence. En effet, le CDS score se base en partie sur les 3 sons jugés les plus discriminants entre les malentendants appareillés et les normo-entendants : « underwater », « ocean » et « fountain ». Les quatre autres sons « bird », « piano », « harp » et « laugh » ne permettent pas une discrimination significative avec le groupe 4 à 60 dB, mais aux niveaux supérieurs nous remarquons un écart non négligeable qui s'installe. Alors que le phénomène inverse se produit pour « ocean » et « fountain », moins discordants entre le groupe 4 et les autres sujets à 80 dB SPL. Contre toutes attentes, les 7 sons du CDS score semblent être très adaptés pour évaluer la gêne auditive des malentendants appareillés, au même titre que des hyperacousiques, vis-à-vis de normo-entendants.

Pour compléter ces résultats nous avons établi une nouvelle valeur de référence fixée à 12, au-dessus de laquelle nous pouvons nous interroger sur la sensibilité auditive anormale d'un patient. Nous avons choisi la valeur du 3<sup>ème</sup> quartile de la population de référence où 75% de leurs réponses sont en dessous de cette valeur.

Or durant la précédente étude auprès des hyperacousiques, la valeur théorique avait été calculée grâce à une analyse plus complexe de type « Receiver Operating Characteristic ». Le but étant de déterminer le point pour lequel il y avait le plus d'hyperacousiques au-dessus et le plus de contrôles en dessous de ce point. Toutes les réponses possibles entre 0 et 100 ont été testées et la plus précise a été retenue. Néanmoins, cette opération est délicate dans notre cas puisque nous n'avons pas explicitement une vraie population d'hyperacousiques testés en CL pour comparer les résultats. Enfin nous avons démontré une corrélation positive entre le score au MASH et le CDS score, ainsi qu'une corrélation négative entre les ULL et le CDS score, ce qui présume une bonne validité externe pour ce nouvel outil. En revanche cette interprétation est très discutable puisque les facteurs de corrélation sont beaucoup plus proches de 0 que de 1, limitant ainsi la force de ces relations.

Admettons simplement que le CDS score apporte des informations complémentaires au questionnaire MASH et aux ULL pour appréhender l'hyperacousie, ou plus généralement une gêne auditive exagérée.

### III. Conclusion

L'aboutissement de cette étude met en avant une sensibilité auditive anormale chez les utilisateurs d'audioprothèses et ce même après plusieurs mois d'appareillage et donc, en théorie, acclimatés aux appareils. Ils seraient intéressants de refaire les mêmes tests sur une cohorte de patients nouvellement appareillés et de les suivre au cours des premiers mois d'appareillage. De toute évidence cette remarque s'applique davantage aux sujets acouphéniques dont la pathologie est étroitement liée à l'hyperacousie, mais les surdités asymétriques et les presbyacousiques sont aussi concernés. Cet inconfort auditif est difficile à exprimer pour les malentendants, entraînant bien trop souvent le non-port de leurs appareils dans certaines situations. De plus, l'hypersensibilité sonore est aussi difficile à mesurer par le clinicien, elle est extrêmement subjective et les questionnaires d'évaluation sont peu nombreux. Certes l'appareillage auditif tente de compenser au maximum la perte d'audition et d'intelligibilité de la parole, mais ce n'est pas sans conséquences. Plus la perte est ancienne plus il est difficile de rapporter de l'information sonore. Le système auditif est rapidement saturé par des sons oubliés depuis longtemps, ce qui nécessite une routine de réglages progressive et un suivi prothétique régulier, d'une part pour faciliter l'acclimatation aux différentes ambiances sonores, mais aussi pour réajuster les réglages au fur et à mesure des évolutions d'audition. Notre étude a clairement révélé une intolérance aux sons « underwater », « ocean » et « fountain » dès une intensité normalement confortable (60 dB SPL), chez tous nos patients quelle que soit la perte d'audition et sans influence de l'ancienneté d'appareillage. Cela correspond aux plaintes verbales des patients par rapport au bruit de l'eau courante. La majorité des autres bruits proposés semble déranger davantage nos malentendants mais la



discrimination avec la population de référence s'applique principalement pour des sons normalement agréables (oiseaux, océan, rire, etc.). Cette analyse surprenante correspond au ressenti des sujets hyperacousiques testés lors de la précédente étude. Il est intéressant d'observer que les 7 sons écologiques du CDS score choisis pour diagnostiquer une hyperacousie sont aussi appropriés pour les utilisateurs d'aides auditives. Finalement les malentendants présenteraient une forme d'hyperacousie liée au traitement des sons par leurs appareils et/ou à leur surdité. De nouvelles études sont déjà en cours pour approfondir la réflexion. Il serait par ailleurs intéressant d'exploiter ces résultats en étudiant les caractéristiques spectro-temporelles des sons retenus comme les plus discriminants, afin d'améliorer les réglages prothétiques et les traitements de signaux. Imaginons de nouveaux dé-bruiteurs spécifiques à ces sources sonores aiguës et bruitées. Cela permettrait d'optimiser le confort auditif, par conséquent d'augmenter la tolérance ainsi que le temps de port, pour améliorer à terme les résultats de l'appareillage. Par ailleurs, la mesure des seuils d'inconfort en champ-libre et avec les appareils est essentielle pour contrôler la gêne auditive mais elle n'est pas suffisante. Les sons purs donnent une bonne indication de l'inconfort mais les sons de la vie quotidienne seraient beaucoup plus adaptés et plus représentatifs de la gêne ressentie par les utilisateurs d'audioprothèses.

Le Maître de Mémoire  
**M. GALLEGO Stéphane**

VU et PERMIS D'IMPRIMER  
LYON, le **15 octobre 2021**

Le Directeur de l'Enseignement  
**M. COLIN David**

## IV. Bibliographie

- Aazh, H., Landgrebe, M., Danesh, A. A., & Moore, B. C. (2019). Cognitive Behavioral Therapy For Alleviating The Distress Caused By Tinnitus, Hyperacusis And Misophonia : Current Perspectives. *Psychology Research and Behavior Management, Volume 12*, 991-1002. <https://doi.org/10.2147/PRBM.S179138>
- Aazh, H., & Moore, B. C. J. (2017). Factors related to uncomfortable loudness levels for patients seen in a tinnitus and hyperacusis clinic. *International Journal of Audiology, 56*(10), 793-800. <https://doi.org/10.1080/14992027.2017.1335888>
- Aazh, H., Moore, B. C. J., Lammaing, K., & Cropley, M. (2016). Tinnitus and hyperacusis therapy in a UK National Health Service audiology department : Patients' evaluations of the effectiveness of treatments. *International Journal of Audiology, 55*(9), 514-522. <https://doi.org/10.1080/14992027.2016.1178400>
- Anari, M., Axelsson, A., Eliasson, A., & Magnusson, L. (1999). Hypersensitivity to sound. Questionnaire data, audiometry and classification. *Scandinavian audiology, 28*, 219-230. <https://doi.org/10.1080/010503999424653>
- Andersson, G., Lindvall, N., Hursti, T., Carlbring, P., & Andersson, G. (2002). Hypersensitivity to sound (hyperacusis) : A prevalence study conducted via the internet and post: Hipersensibilidad al sonido (hiperacusia): un estudio de prevalencia realizado por internet y por correo. *International Journal of Audiology, 41*(8), 545-554. <https://doi.org/10.3109/14992020209056075>
- Auerbach, B. D., Rodrigues, P. V., & Salvi, R. J. (2014). Central Gain Control in Tinnitus and Hyperacusis. *Frontiers in Neurology, 5*(206). <https://doi.org/10.3389/fneur.2014.00206>
- Baguley, D. M., & Hoare, D. J. (2018). Hyperacusis : Major research questions. *HNO, 66*(5), 358-363. <https://doi.org/10.1007/s00106-017-0464-3>
- Béclard, P. A. (1826). *Nouveau dictionnaire de médecine, chirurgie, pharmacie, physique, chimie, histoire naturelle, etc : Ou l'on trouve l'étymologie de tous les termes usités dans ces sciences, et l'histoire concise de chacune des matières qui y ont rapport*. Gabon. [https://books.google.fr/books?id=xek\\_AAAAcAAJ](https://books.google.fr/books?id=xek_AAAAcAAJ)
- Bennett, R. J., Kosovich, E. M., Stegeman, I., Ebrahimi-Madiseh, A., Tegg-Quinn, S., & Eikelboom, R. H. (2020). Investigating the prevalence and impact of device-related problems associated with hearing aid use. *International Journal of Audiology, 59*(8), 615-623. <https://doi.org/10.1080/14992027.2020.1731615>
- British Society of Audiology. (2011). *Recommended Procedure Determination of uncomfortable loudness levels*. <https://www.thebsa.org.uk/wp-content/uploads/2011/04/Uncomfortable-Loudness-Level-1.pdf>
- British Tinnitus Association. (s. d.). British Tinnitus Association. Consulté 11 octobre 2020, à l'adresse <https://www.tinnitus.org.uk/misophonia>

- Dauman, R., & Bouscau-Faure, F. (2005). Assessment and amelioration of hyperacusis in tinnitus patients. *Acta Oto-Laryngologica*, 125(5), 503-509.  
<https://doi.org/10.1080/00016480510027565>
- Enzler, F., Fournier, P., & Noreña, A. J. (2021). A psychoacoustic test for diagnosing hyperacusis based on ratings of natural sounds. *Hearing Research*, 400, 108124.  
<https://doi.org/10.1016/j.heares.2020.108124>
- Gilles, A., Thuy, I., de Heyning, P., & De Rycke, E. (2014). A little bit less would be great : Adolescents' opinion towards music levels. *Noise and Health*, 16(72), 285.  
<https://doi.org/10.4103/1463-1741.140508>
- Gupta, A., Gupta, A., Jain, K., & Gupta, S. (2018). Noise Pollution and Impact on Children Health. *The Indian Journal of Pediatrics*, 85(4), 300-306. <https://doi.org/10.1007/s12098-017-2579-7>
- Guski, R., Felscher-Suhr, U., & Schuemer, R. (1999). THE CONCEPT OF NOISE ANNOYANCE : HOW INTERNATIONAL EXPERTS SEE IT. *Journal of Sound and Vibration*, 223(4), 513-527.  
<https://doi.org/10.1006/jsvi.1998.2173>
- Gygi, B., & Ann Hall, D. (2016). Background sounds and hearing-aid users : A scoping review. *International Journal of Audiology*, 55(1), 1-10.  
<https://doi.org/10.3109/14992027.2015.1072773>
- Jastreboff, M. M., & Jastreboff, P. (2001). Component of decreased sound tolerance : Hyperacusis, misophonia, phonophobia. *ITHS News Letter*, 2, 5-7.
- Johnson, M. (1999). A tool for measuring hyperacusis. *The Hearing Journal*, 52(3).  
[https://journals.lww.com/thehearingjournal/Fulltext/1999/03000/A\\_tool\\_for\\_measuring\\_hyperacusis.4.aspx](https://journals.lww.com/thehearingjournal/Fulltext/1999/03000/A_tool_for_measuring_hyperacusis.4.aspx)
- Jüris, L., Andersson, G., Larsen, H. C., & Ekselius, L. (2013). Psychiatric comorbidity and personality traits in patients with hyperacusis. *International Journal of Audiology*, 52(4), 230-235.  
<https://doi.org/10.3109/14992027.2012.743043>
- Katzenell, U., & Segal, S. (2001). Hyperacusis : Review and Clinical Guidelines: *Otology & Neurotology*, 22(3), 321-327. <https://doi.org/10.1097/00129492-200105000-00009>
- Khalfa, S., Dubal, S., Veuillet, E., Perez-Diaz, F., Jouvent, R., & Collet, L. (2002). Psychometric Normalization of a Hyperacusis Questionnaire. *ORL*, 64(6), 436-442.  
<https://doi.org/10.1159/000067570>
- Larousse. (s. d.). [Encyclopédie en ligne]. Larousse. Consulté 5 décembre 2020, à l'adresse <https://www.larousse.fr/>
- Lurquin, P. (2013). Tout ce que vous avez toujours voulu savoir sur l'hyperacousie. Les Cahiers de l'Audition -N°6/2013. *Cahiers de l'Audition*, 26, 23-26.
- Mather, M., & Carstensen, L. L. (2005). Aging and motivated cognition : The positivity effect in attention and memory. *Trends in Cognitive Sciences*, 9(10), 496-502.  
<https://doi.org/10.1016/j.tics.2005.08.005>
- Meeus, O. M., Spaepen, M., Ridder, D. D., & Heyning, P. H. V. de. (2010). Correlation between hyperacusis measurements in daily ENT practice. *International Journal of Audiology*, 49(1), 7-13. <https://doi.org/10.3109/14992020903160868>

- Organisation Mondiale de la Santé. (2018). Lignes directrices relatives au bruit dans l'environnement dans la Région européenne, Résumé d'orientation. <https://www.euro.who.int/en/health-topics/environment-and-health>
- Organisation Mondiale de la Santé. (2020). Surdité et déficience auditive. <https://www.who.int/fr/news-room/fact-sheets/detail/deafness-and-hearing-loss>
- Paulin, J., Andersson, L., & Nordin, S. (2016). Characteristics of hyperacusis in the general population. *Noise and Health*, 18(83), 178. <https://doi.org/10.4103/1463-1741.189244>
- Penin, J., & Lurquin, P. (2009). Premier pas en thérapie Acoustique de l'Acouph ne. Cr ation d'une séance initiatrice de counselling. *Cahiers de l'Audition*, 22, 7-25.
- Ponsot, D. (2015). *L'HYPERACOUSIE : " ÉTAT DE LA SCIENCE "*. 6 me colloque AFREPA, Nantes. <https://hal.archives-ouvertes.fr/hal-01202136v1>
- Skagerstrand,  ., Stenfelt, S., Arlinger, S., & Wikström, J. (2014). Sounds perceived as annoying by hearing-aid users in their daily soundscape. *International Journal of Audiology*, 53(4), 259-269. <https://doi.org/10.3109/14992027.2013.876108>
- Teder, H. (2014). Canadian Audiologist. *Common Transient Sounds: The Kitchen is a Very Noisy Place*, 1(4), 6.
- Tyler, R. S., Pienkowski, M., Roncancio, E. R., Jun, H. J., Brozoski, T., Dauman, N., Coelho, C. B., Andersson, G., Keiner, A. J., Cacace, A. T., Martin, N., & Moore, B. C. J. (2014). A Review of Hyperacusis and Future Directions : Part I. Definitions and Manifestations. *American Journal of Audiology*, 23(4), 402-419. [https://doi.org/10.1044/2014\\_AJA-14-0010](https://doi.org/10.1044/2014_AJA-14-0010)

## V. Table des illustrations

### 1. Figures

<b>Figure 1</b> : Historique des articles abordant principalement le thème de l'hyperacousie, établi sur quarante années. (Baguley et al., 2018).....	3
<b>Figure 2</b> : « Moyenne ULL en sons purs pour l'oreille droite, compar�e avec la moyenne ULL pour des sons spécifiques, divis�es en fréquence » traduction de l'article « Hypersensitivity to sound. Questionnaire data, audiometry and classification » (Anari et al, 1999).....	8
<b>Figure 3</b> : Schématisation de l'échelle visuelle analogique utilis�e. Pour chaque son, le sujet place le curseur bleu sur l'échelle en fonction de son ressenti, ce qui permet de calculer le pourcentage de désagrément induit. Plus le curseur est proche de l'extrémité droite de l'échelle, plus le pourcentage de gène est élevé.....	10
<b>Figure 4</b> : Réponses moyennes (%) en fonction du niveau sonore pour le groupe témoin (en abscisse) et le groupe hyperacousique (en ordonn�e). Les sons agréables sont représentés en vert, désagréables en rouge et artificiels en bleu.....	11
<b>Figure 5</b> : Organisation anatomique du système auditif, Auerbach et al, de l'article « Central gain control in tinnitus and hyperacusis », 2014.....	14

<b>Figure 6</b> : histogramme représentant les notes moyennes au MASH attribuées (sur 10) par activité et par groupe (1, 2, 3 et 4) avec un intervalle de confiance à 95%.....	28
<b>Figure 7</b> : Boîtes à moustaches représentant les valeurs moyennes des ULL pour les deux oreilles au casque (en dB HL), en fonction du groupe (1, 2, 3 et 4).....	29
<b>Figure 8</b> : Seuils d'inconfort moyens avec aides auditives en CL (en dB HL) en fonction du groupe étudié (1, 2 et 3). Les barres d'erreurs représentent les intervalles de confiance à 95%.....	31
<b>Figure 9</b> : Distribution des CDS scores totaux (en %) pour chacun des 82 participants. Les couleurs représentent les quatre populations étudiées comme stipulé en légende.....	32
<b>Figure 10</b> : CDS score total (en %) en fonction du groupe interrogé (1, 2, 3 et 4). Les barres d'erreurs représentent les intervalles de confiance à 95%.....	33
<b>Figure 11</b> : Evaluations moyennes de la gêne engendrée en fonction de chacun des 25 sons à 60 dB SPL (en % : 0% = agréable ; 50% = neutre et 100% = désagréable), par groupe interrogé (1, 2, 3 et 4).....	37
<b>Figure 12</b> : Evaluations moyennes de la gêne engendrée en fonction de chacun des 25 sons à 70 dB SPL, par groupe interrogé.....	40
<b>Figure 13</b> : Evaluations moyennes de la gêne engendrée en fonction de chacun des 25 sons à 80 dB SPL, par groupe interrogé.....	41

## 2. Tables

<b>Table 1</b> : Echelle d'évaluation de l'hyperacousie, d'après Johnson M., traduction effectuée à partir de l'article « A tool for measuring hyperacusis », 1999 .....	7
<b>Table 2</b> : Niveaux sonores (en dB SPL) mesurés à l'aide d'un sonomètre et d'un oscilloscope pour trois situations sonores dans la cuisine. Valeurs prélevées dans l'article « Common Transient Sounds : the kitchen is a very noise place », Teder H.,2014.....	17
<b>Table 3</b> : Répartition des quatre groupes testés lors de l'étude.....	20
<b>Table 4</b> : Résultats des différents tests statistiques susmentionnés. On retrouve dans l'ordre : le groupe analysé, le test employé et les résultats qui en découlent, ainsi qu'une figure représentant le CDS score moyen, avec un intervalle de confiance à 95%, comparé à notre valeur de référence « 12 » représentée en pointillés.....	34

## VI. Annexes

### ANNEXE I : Questionnaire MASH

Format original :

TOLERANCE SONORE																	
	M*A*S*H																
	Activités évitées ou modifiées										CASQUE	Hypersensibilité		oui	?	non	
concert, boîtes	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	<input type="checkbox"/>	hyperacousie	misophonie		phonophobie	
courses	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	<input type="checkbox"/>	Mauvais jours		oui	?	non
cinéma, TV	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	<input type="checkbox"/>	Protection sonore				
travail	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	<input type="checkbox"/>	au bruit		oui	non	
restaurant	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	<input type="checkbox"/>	dans le silence		oui	non	
conduite	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	<input type="checkbox"/>	Remarques				
sport	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	<input type="checkbox"/>					
église	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	<input type="checkbox"/>					
ménage	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	<input type="checkbox"/>					
enfants	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	<input type="checkbox"/>					
social	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	<input type="checkbox"/>					
bricolage	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	<input type="checkbox"/>					
jardinage	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	<input type="checkbox"/>					
autre	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	<input type="checkbox"/>	M*A*S*H		/ 10		douleur

Format proposé :

Consigne : « Les sons forts présents dans certaines activités et situations de la vie quotidienne peuvent parfois avoir un impact négatif sur la qualité de vie : certaines activités peuvent être modifiées ou même évitées à cause de ces sons. Pour chacune des situations ci-dessous, entourez le chiffre correspondant le mieux à votre gêne sonore pour chacune des situations/activités en utilisant une échelle de 0 « pas de gêne » à 10 « gêne maximale ». Si vous évitez une activité ou une situation à cause des sons forts, la gêne est maximale donc la réponse sera 10/10. »

Activité/ Situation	Activités évitées ou modifiées										
Concerts, boîtes de nuit, spectacles	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Courses	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Cinéma/ Télévision	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Travail	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Restaurant	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Conduite	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Sport	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Lieux de culte	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Ménage	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Enfants	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Social	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Bricolage	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Jardinage	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Autre : .....	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10

## ANNEXE II : Liste des 69 sons constituée par Enzler et al.

Sons désagréables		Sons agréables	Sons artificiels
Aluminum scratching plastic	<b>Glass hitting glass</b>	<b>Birds</b> <sup>y</sup>	Modulated Narrow Band Noise 500 Hz
<b>Baby crying</b> <sup>y</sup>	<b>Hair dryer</b> <sup>y</sup>	Cello <sup>y</sup>	Modulated Narrow Band Noise 4 kHz
Bell <sup>g</sup>	Keyboard	Flute <sup>y</sup>	Modulated Narrow Band Noise 8 kHz
<b>Breaking glass</b> <sup>y</sup>	Knife hitting glass	<b>Fountain</b> <sup>g</sup>	Narrow Band Noise 500 Hz
Breaking plate	Knife scratching a fork	Guitar Chord <sup>y</sup>	Narrow Band Noise 4 kHz
<b>Broken plates moving</b>	Knife scratching glass	<b>Harp</b> <sup>y</sup>	Narrow Band Noise 8 kHz
<b>Car horn</b> <sup>y</sup>	Knife scratching plastic	Lake <sup>s</sup>	Pink Noise
Car (driving by) <sup>g</sup>	Mosquito <sup>y</sup>	<b>Laugh</b> <sup>y</sup>	<b>Pure Tone 500 Hz</b>
<b>Chewing</b>	<b>Paper compaction</b>	Lullaby	<b>Pure Tone 4 kHz</b>
Clapping <sup>y</sup>	Paper cracking	Humming <sup>y</sup>	Pure Tone 8 kHz
Cocktail party <sup>y</sup>	<b>Plastic bag</b>	Marimba <sup>y</sup>	White Noise
<b>Cymbal crash</b> <sup>y</sup>	<b>Plates moving</b>	Music	
Distorted guitar neck dissonance	Scissors scratching metal	<b>Ocean</b> <sup>s</sup>	
Distorted guitar strings swipe	Scraping guitar strings	<b>Piano</b> <sup>y</sup>	
<b>Dog barking</b> <sup>y</sup>	Squeaking balloon <sup>y</sup>	Rain <sup>s</sup>	
Drinking (loud slurping)	<b>Squeaking door</b> <sup>y</sup>	<b>Underwater</b> <sup>y</sup>	
Falling aluminum plate	Squeaking fingers	Viola <sup>y</sup>	
<b>Female scream</b> <sup>y</sup>	Styrofoam <sup>y</sup>		
<b>Fingernails on chalkboard</b> <sup>y</sup>	Swiping guitar strings		
Fire alarm <sup>y</sup>	Train brakes <sup>y</sup>		
<b>Fork scratching a plate</b>	Vacuum cleaner <sup>y</sup>		

**Légende :** **Core Discriminant Sounds** / **Sons choisis pour ce mémoire**

Précisions des auteurs : « Tous les sons artificiels ont été créés avec un taux d'échantillonnage de 44100 Hz. La plupart des sons ont été auto-crés et enregistrés. Les autres ont été récupérés en ligne (^y = www.youtube.com, ^g = Gloaguen et ses collaborateurs, ^s = www.soundjay.com). La durée des stimuli varie entre 1,09 (pour les sons à impact court) et 2,88 secondes (moyenne : 2 secondes ± 0,23). Tous les fichiers sonores ont été créés avec un temps de montée et de descente de 1 et 100 ms, respectivement. Tous les sons avaient la même valeur efficace (moyenne quadratique). »

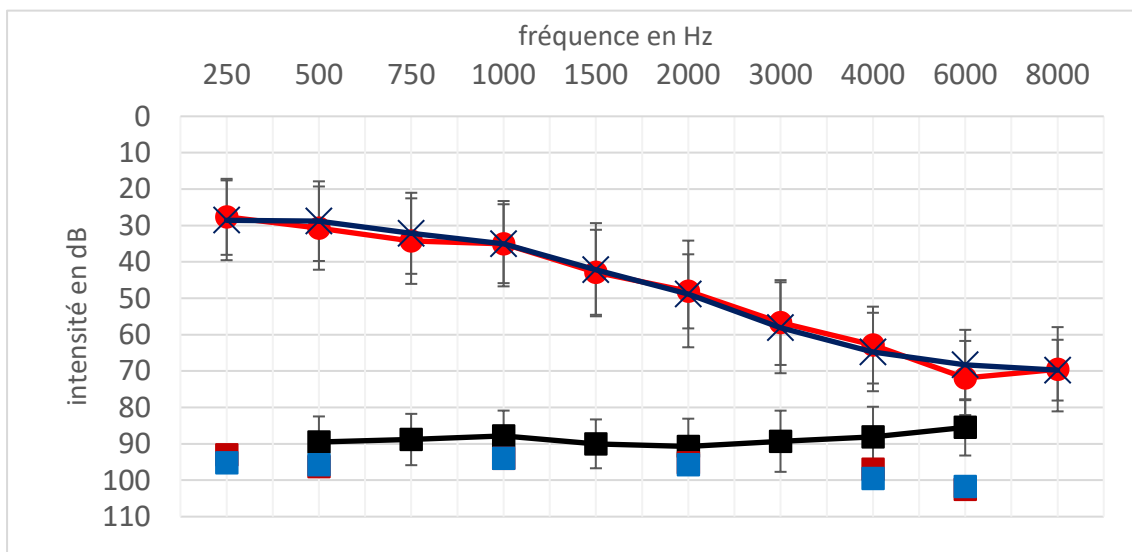
## ANNEXE III : Audiométries moyennes des différents groupes

	Audiométrie tonale au casque TDH-39	ULL au casque TDH-39	ULL en champ libre bilatéral
Oreille droite	●	■	■
Oreille gauche	✕	■	

(Les barres d'erreur représentent l'écart-type)

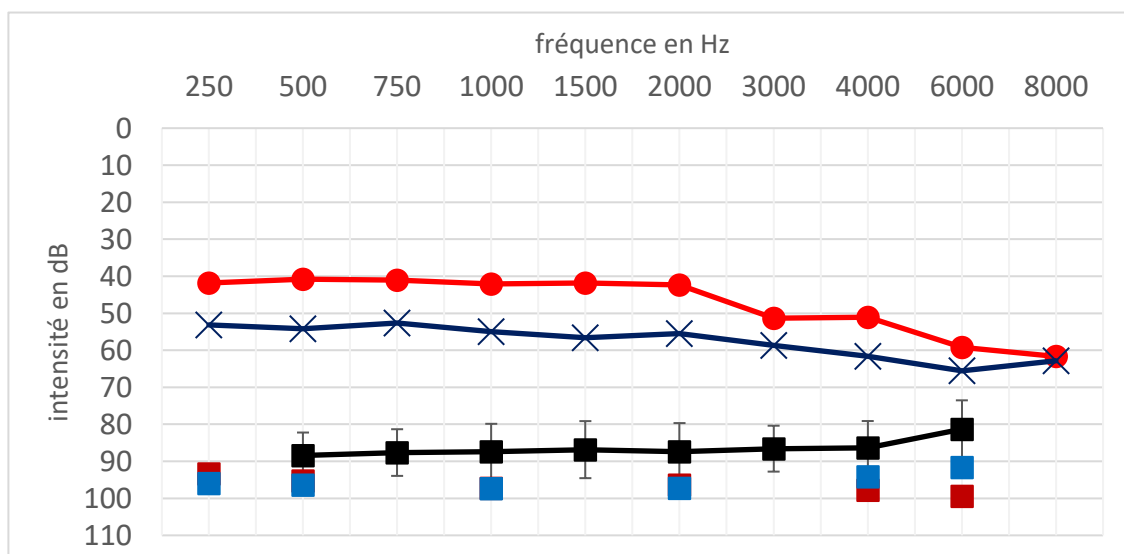
### GROUPE 1 : Presbycousies (n=21)

Perte tonale moyenne : OD = 44,2 (± 11,0) et OG = 44,3 (± 11,8)



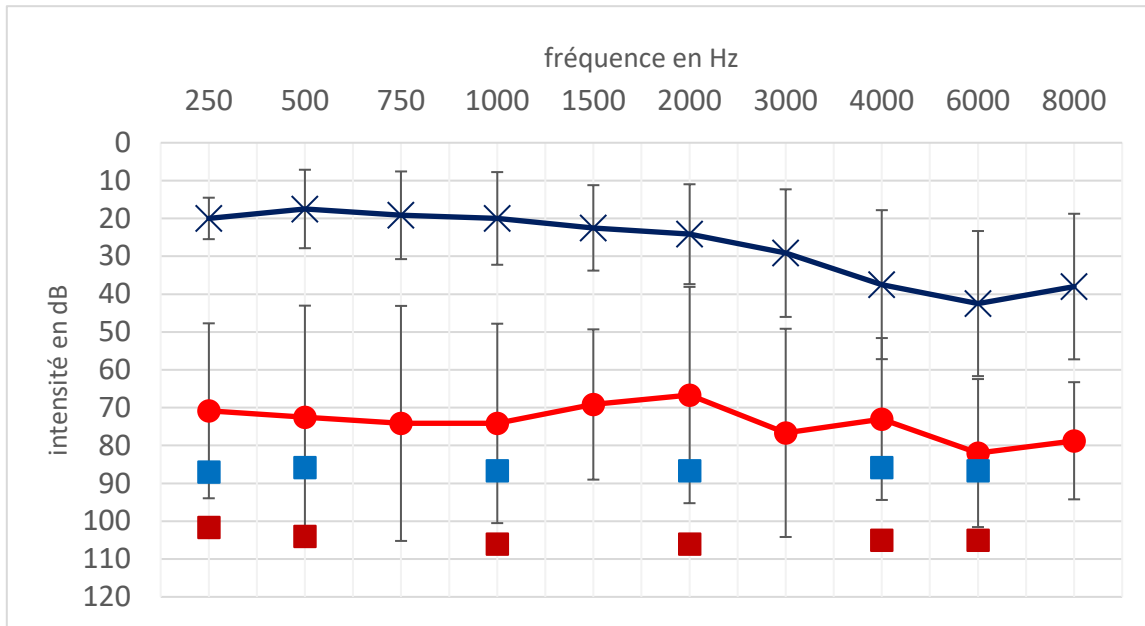
### GROUPE 2 : Surdités Asymétriques (n=19)

Perte tonale moyenne : OD = 44,1 (± 27,9) et OG = 56,6 (± 27,8)

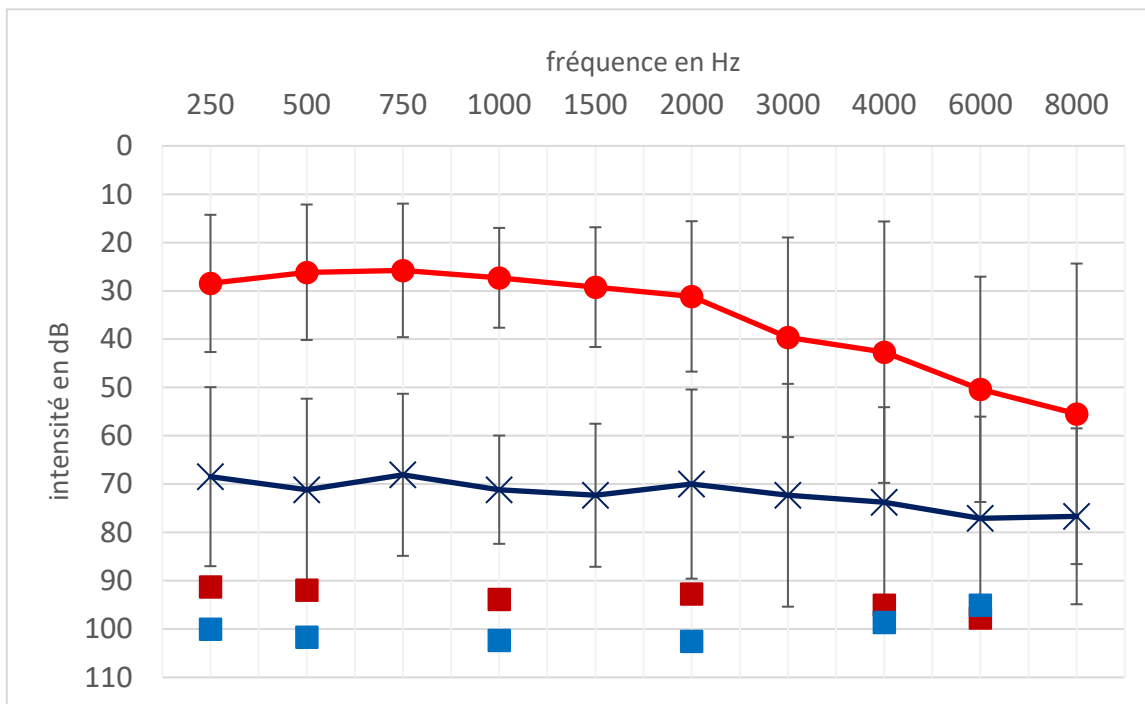




Pertes asymétriques avec oreille droite < oreille gauche (n=6):

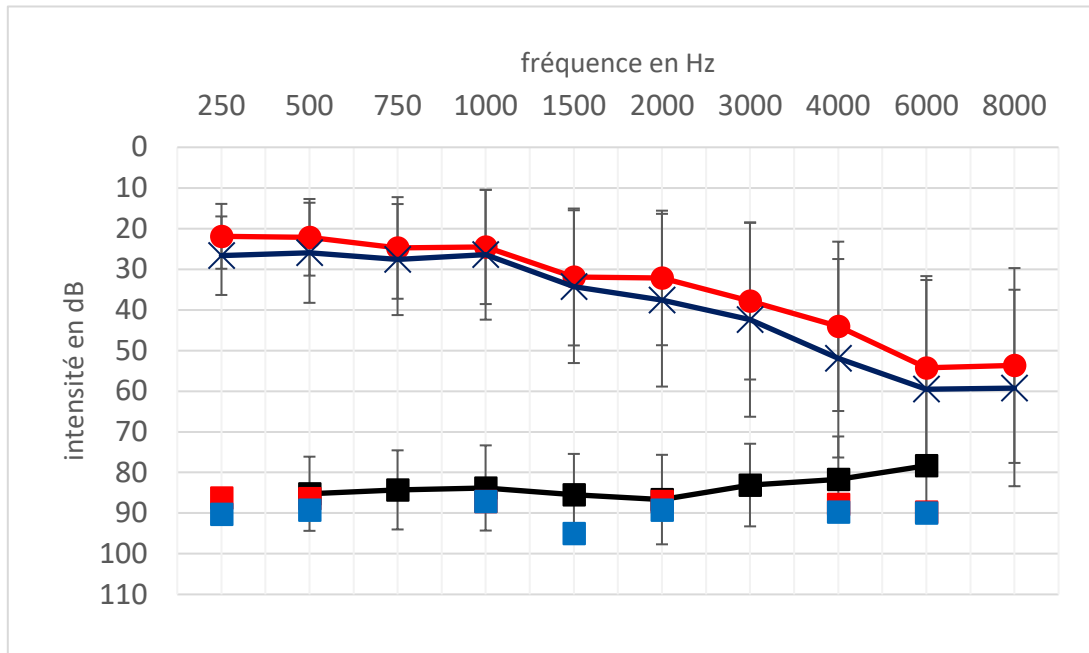


Pertes asymétriques avec oreille droite > oreille gauche (n=13):



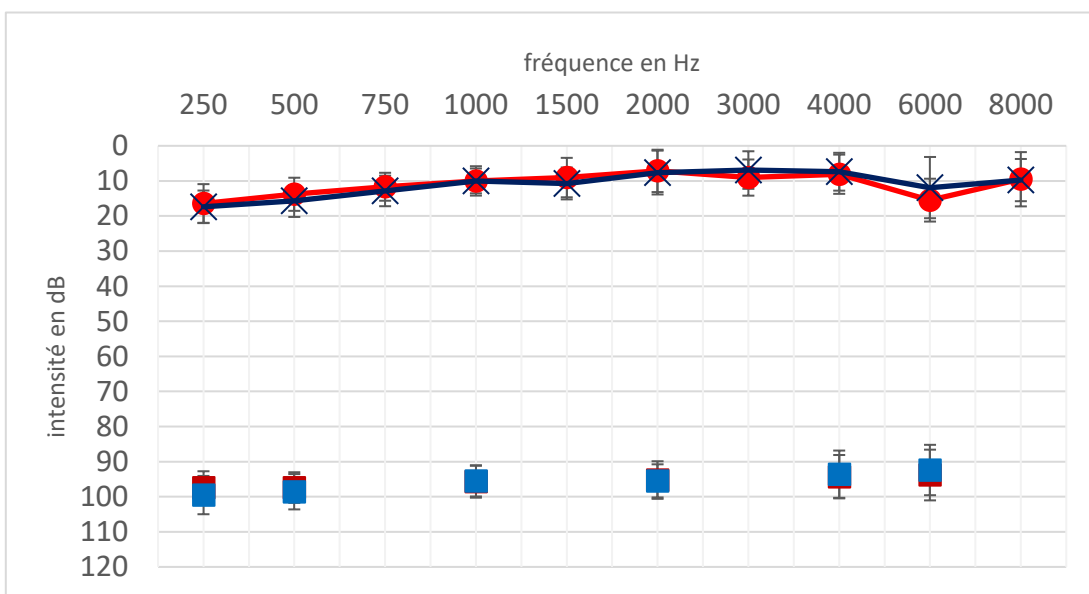
**GROUPE 3 : Acouphéniques (n=21)**

Perte tonale moyenne : OD = 30,7 ( $\pm 15,2$ ) et OG = 35,5 ( $\pm 18,5$ )



**GROUPE 4 : Témoins (n=21)**

Perte tonale moyenne : OD = 9,8 ( $\pm 5,0$ ) et OG = 10,2 ( $\pm 5,1$ )



## **ANNEXE IV : Formulaire de consentement**

CONSENTEMENT DE PARTICIPATION (*un exemplaire cosigné doit être remis à la personne qui participe*)

Je soussigné(e) : .....

déclare accepter participer à la recherche impliquant la personne humaine intitulée :

### **Audiologie expérimentale des acouphènes et de l'hyperacousie :**

#### **Implications pour la caractérisation, le suivi et les mécanismes des acouphènes et de l'hyperacousie**

organisée par Arnaud Norena, responsable scientifique, directeur de recherche CNRS (UMR 7260), et les docteurs Fabien Paolino et Stéphane Gallego dans les conditions précisées ci-dessous et pour laquelle le CPP Nord-Ouest IV a émis un avis favorable le 12 avril 2019, et a été déclarée à l'ANSM (l'Agence Nationale de Sécurité du Médicament et des Produits de Santé).

Le CNRS (Représenté par Catherine JESSUS, Directrice, Institut des sciences biologiques, 3 rue Michel-Ange, 75794 - PARIS Cedex 16) promoteur de cette recherche a, conformément à la loi, contracté une assurance (contrat N°0100630314037 souscrit auprès de la société GERLING). Cette étude est régie par la loi du 5 mars 2012 dite loi « Jardé » et le Code de la Santé Publique, titre II du livre premier relatif aux recherches impliquant la personne humaine.

J'ai lu la notice d'information qui m'a été remise.

J'ai reçu les résultats de l'examen médical préalable.

Il m'a été précisé que :

- je suis libre d'accepter ou de refuser ainsi que d'arrêter à tout moment ma participation, cela ne modifiera en rien ma prise en charge médicale.
- les données qui me concernent resteront strictement confidentielles. Je n'autorise leur consultation que par des personnes qui collaborent avec Arnaud Norena et, éventuellement, un représentant des autorités de santé. Je pourrai à tout moment demander des informations à Arnaud Norena et je pourrai exercer mon droit d'accès, de rectification ou d'opposition.
- J'accepte le traitement des données personnelles et médicales qui me concernent en conformité avec les dispositions de la loi n°78-17 du 6 janvier 1978 modifiée relative à l'informatique, aux fichiers et aux libertés et du règlement européen n°2016/679 sur la protection des données. Le responsable de traitement est Béatrice Alescio- Lautier (directrice de l'UMR 7260). Je pourrai à tout moment demander des informations à Arnaud Norena directeur de l'équipe « Dynamique neuronale et audition » (UMR 7260, dirigée par B. Alescio- Lautier ; joignable au [arnaud.norena@univ-amu.fr](mailto:arnaud.norena@univ-amu.fr)) et exercer auprès de lui/elle mon droit d'accès, de rectification, d'opposition et d'effacement.

La publication des résultats de la recherche ne comportera aucun résultat individuel identifiant.

En cas de retrait de mon consentement et/ou d'exercice du droit à l'effacement de mes données, j'ai été informé que ce retrait n'a pas d'incidence sur les activités menées et sur l'utilisation des données obtenues sur la base du consentement éclairé exprimé avant que celui-ci n'ait été retiré.

Je consens à ce que les données antérieurement collectées pourront être conservées et utilisées dans le cadre de la présente recherche.

Je ne pourrai pas participer à une autre recherche pendant une période de.....

Je peux être tenu au courant des résultats globaux de la recherche en m'adressant à Arnaud Norena.

Mon consentement ne décharge pas les organisateurs de la recherche de leurs responsabilités. Je conserve tous mes droits garantis par la loi

*Nom et signature de l'investigateur*

Fait à ....., le .....

*Signature du sujet, précédée de la mention : lu et approuvé*

Fait à ....., le .....