



## AVERTISSEMENT

Ce document est le fruit d'un long travail approuvé par le jury de soutenance et mis à disposition de l'ensemble de la communauté universitaire élargie.

Il est soumis à la propriété intellectuelle de l'auteur. Ceci implique une obligation de citation et de référencement lors de l'utilisation de ce document.

D'autre part, toute contrefaçon, plagiat, reproduction illicite encourt une poursuite pénale.

Contact : [ddoc-memoires-contact@univ-lorraine.fr](mailto:ddoc-memoires-contact@univ-lorraine.fr)

## LIENS

Code de la Propriété Intellectuelle. articles L 122. 4

Code de la Propriété Intellectuelle. articles L 335.2- L 335.10

[http://www.cfcopies.com/V2/leg/leg\\_droi.php](http://www.cfcopies.com/V2/leg/leg_droi.php)

<http://www.culture.gouv.fr/culture/infos-pratiques/droits/protection.htm>



# **Les sons forts : Caractéristiques, Évaluation et Prise en charge**

Mémoire de fin d'étude en vue de l'obtention du Diplôme d'Etat d'Audioprothésiste

par

**BISMUTH DAVID**

ANNEE 2014

MAITRE DE MÉMOIRE : STEPHANE DEYS

ENCADRANTS : STEPHANE DEYS – JOEL DUCOURNEAU

# REMERCIEMENTS

Je tiens à remercier chaleureusement mon maître de mémoire, Monsieur Stéphane Deys, Directeur régional du groupe Amplifon de la région d'Ile de France et audioprothésiste de m'avoir accueilli dans le laboratoire d'Alésia pour mon stage de troisième année.

C'est avec gentillesse et patience, qu'il a su au cours de ce stage de quatre mois, se montrer à l'écoute de mes interrogations et m'enrichir de sa brillante expérience. Il s'est montré très disponible tout au long de mon stage et m'a soutenu dans le choix ainsi que dans l'élaboration du mémoire.

Mes remerciements s'adressent également aux deux autres audioprothésistes : Madame Johanna Savin et Monsieur Thibault Beal pour avoir pris le temps de me faire partager leurs connaissances techniques, leurs idées ainsi que toute l'aide nécessaire à la mise en œuvre du mémoire.

Un grand merci également aux trois assistantes du centre : Vivianne, Elisabeth et Isabelle pour leur gentillesse, leur patience et leur formation notamment au niveau des tâches administratives : remise et recueil des questionnaires, planning pour les tests.

Un très grand merci à mes deux maîtres de stage, Madame Joëlle Rodach et Madame Claudine Zittoun pour leurs soutiens précieux, leurs conseils avisés et leurs encouragements.

De plus, je tiens à remercier tout particulièrement Monsieur Joël Ducourneau pour la formation qu'il m'a transmise durant ces trois années, son aide et son soutien dans la réalisation de ce mémoire.

Mes remerciements vont également à tous les professeurs et intervenants de la faculté de Nancy qui nous ont transmis leurs connaissances et leur savoir au cours de ces études.

Enfin je remercie mes parents, mon frère, ma sœur, ma femme et mes amis, pour leur soutien, leur patience et leurs encouragements tout au long de ces trois années d'études.

# Sommaire

INTRODUCTION.....	1
CHAPITRE I : DÉFINITIONS- RAPPELS ACOUSTIQUES ET AUDIOMETRIQUES.....	2
<b>I. Étude Acoustique et Psychoacoustique .....</b>	<b>2</b>
<b>1. Le son.....</b>	<b>2</b>
a) Définition .....	2
b) Caractéristiques du son.....	2
c) La pression acoustique .....	3
d) La classification des sons.....	4
➤ <i>Définition</i> .....	6
➤ <i>Aspect acoustique</i> .....	6
➤ <i>Les bruits spécifiques</i> .....	6
<b>2. La Sonie : Sensation d'intensité auditive.....</b>	<b>8</b>
a) Sonie des sons purs. Réseau de lignes isosoniques.....	8
b) L'Intensité sonore et la puissance d'une source.....	10
c) Les niveaux sonores : le Décibel .....	10
<b>3. Détermination du niveau d'exposition .....</b>	<b>12</b>
a) Seuil différentiel de sonie : lois de WEBER et de FECHNER.....	12
b) Évaluation de la sonie des sons complexes : Notion de pondération .....	13
c) L'évaluation des niveaux sonores des bruits non permanents.....	14
d) La Sonométrie.....	15
<b>II. Étude audiolologique .....</b>	<b>18</b>
<b>1. Physiologie de l'Appareil Auditif .....</b>	<b>18</b>
a) L'Oreille : un système amplificateur naturel.....	18
b) Codage de la sonie par le système nerveux auditif.....	23
c) Facteurs modifiant temporairement la sonie .....	25
<b>2. Seuils, déficiences et profils auditifs .....</b>	<b>26</b>
a) Dynamique auditive.....	26
b) Classification des surdités.....	27
c) Les différents profils auditifs.....	27
CHAPITRE II : UNE PRISE EN CHARGE ADEQUATE.....	29
<b>I. D'un point de vue préventif et juridique .....</b>	<b>29</b>
<b>1. La prévention.....</b>	<b>29</b>
a) La Journée Nationale de l'Audition (JNA).....	29
b) Les différentes enquêtes .....	30
c) Les actions de sensibilisation .....	31
d) Organismes s'occupant de la lutte contre le bruit .....	33
e) Moyens de prévention .....	34
f) Éléments acoustiques.....	35
<b>2. La législation.....</b>	<b>38</b>
a) Protection des travailleurs.....	38
b) Nuisances sonores et environnement.....	39
<b>II. Conséquences d'une prise en charge inadaptée des sons forts .....</b>	<b>43</b>
<b>1. Effets extra auditifs.....</b>	<b>43</b>
a) Les effets somatiques .....	44
b) Les effets psychiques .....	44
c) Les effets sur le sommeil.....	45
<b>2. Effets auditifs .....</b>	<b>46</b>

a)	Le traumatisme acoustique .....	46
b)	La surdité professionnelle.....	47
c)	La surdité brusque .....	47
3.	<b>Sur le plan de l'appareillage .....</b>	<b>48</b>
a)	Place du bruit dans l'échec d'appareillage .....	48
b)	Comportement du patient appareillé.....	48
<b>III.</b>	<b>D'un point de vue audioprothétique .....</b>	<b>50</b>
1.	<b>Anamnèse- questionnaire .....</b>	<b>50</b>
a)	L'objectif.....	50
b)	La population concernée.....	50
c)	L'élaboration .....	51
d)	Les difficultés rencontrées.....	51
e)	Les résultats .....	52
f)	Analyse .....	54
g)	Les limites.....	57
2.	<b>Évaluation de la tolérance aux sons forts .....</b>	<b>57</b>
a)	Facteurs influençant la mesure du SI .....	58
b)	Les raisons de la mesure du seuil d'inconfort .....	59
c)	Protocole de mesure du seuil d'inconfort .....	59
d)	Existe-t-il des moyens objectifs de mesures du seuil d'inconfort ?.....	61
3.	<b>Les différents moyens de réguler les sons forts .....</b>	<b>61</b>
a)	Pour un normo-entendant : les protections individuelles .....	61
b)	Pour un malentendant : les aides auditives.....	67
 <b>CHAPITRE III : INFLUENCE DE L'AIDE AUDITIVE SUR LA PERCEPTION DES SONS FORTS.....75</b>		
<b>I.</b>	<b>Sur le Réflexe Stapédien (RS) .....</b>	<b>75</b>
1.	<b>Définition, fonctionnement et effets du Réflexe Stapédien .....</b>	<b>75</b>
a)	Définition.....	75
b)	Fonctionnement.....	75
c)	Les effets .....	76
2.	<b>Mesure du Réflexe Stapédien .....</b>	<b>77</b>
3.	<b>Résultats Expérimentaux .....</b>	<b>78</b>
a)	Résultats du Seuil Subjectif d'Inconfort .....	78
b)	Résultats pour les réflexes stapédiens.....	78
c)	Une hypothèse pour le déclenchement tardif des réflexes stapédiens du groupe n°2.79	
<b>II.</b>	<b>Sur l'évolution du champ dynamique du patient.....</b>	<b>81</b>
1.	<b>Les objectifs.....</b>	<b>81</b>
2.	<b>Protocole .....</b>	<b>81</b>
a)	La population concernée.....	81
b)	L'élaboration du test.....	82
3.	<b>Les résultats .....</b>	<b>82</b>
a)	Résultats concernant l'UCL .....	83
b)	Données concernant les gains des sons forts c'est à dire pour des niveaux d'entrée de 80 ou 90 dB .....	84
c)	Données concernant la perte auditive .....	84
d)	Données concernant le MPO .....	85
4.	<b>Conclusions .....</b>	<b>86</b>
5.	<b>Limites .....</b>	<b>86</b>
 <b>CONCLUSION.....</b>		<b>88</b>

# INTRODUCTION

Aujourd'hui, les sons de forte intensité sonore constituent un réel problème de société. En effet, ils sont présents au quotidien dans notre environnement : activités professionnelles, loisirs, transports. Ils touchent toutes les catégories socio-professionnelles, dans toutes les tranches d'âge.

Au cours des différents stages effectués, nous avons pu constater que certains patients se plaignaient de ce type de sons et qu'ils étaient de ce fait, très angoissés à l'idée de porter des appareils auditifs. En effet, certains patients redoutent de se faire appareiller par peur de l'amplification des sons forts que peuvent procurer les aides auditives. D'autres n'ont pas supporté les aides auditives qui avaient selon eux, une amplification trop importante. Certes ces patients ne représentent qu'une minorité, il n'en reste pas moins qu'il faut trouver une solution pour les satisfaire sur le plan du confort et sur le plan de l'intelligibilité.

L'objet de ce mémoire est multiple. Il sert avant tout à comprendre l'intérêt d'étudier les sons forts tout au long de la prise en charge d'un patient. En effet, au cours des différentes expériences professionnelles, nous nous sommes aperçus que cette thématique n'était que trop rarement abordée au cours du suivi des patients. Plusieurs raisons permettent de l'expliquer.

Trois situations se présentent le plus souvent :

- absence de test d'inconfort car il est considéré comme trop subjectif,
- absence de test d'inconfort car il est considéré comme étant trop risqué pour les patients qui peuvent avoir un acouphène suite à ce test,
- réalisation du test d'inconfort uniquement lors de la seconde séance juste avant le préréglage des appareils.

Ce mémoire essaye de nous montrer l'importance d'évaluer la tolérance des sons forts chez les patients lors des premiers rendez-vous, afin d'envisager la solution la plus adaptée pour leur confort.

Puis, nous nous intéresserons aux différents moyens de prise en charge à notre disposition afin de réduire les sons forts.

Enfin, nous mettrons en évidence l'influence de l'appareillage sur la tolérance des sons forts, au travers du réflexe stapédien et de l'évolution du champ dynamique.

# CHAPITRE I : DÉFINITIONS-RAPPELS ACOUSTIQUES ET AUDIOLOGIQUES

## I. Étude Acoustique et Psychoacoustique

L'acoustique est la science du son. Elle en étudie la production, la transmission, la détection ainsi que les effets sur l'environnement et l'humain. En revanche, la psychoacoustique s'intéresse aux relations qui existent entre les sons en tant que phénomène physique et les sensations auditives qu'ils provoquent [1].

### 1. Le son

#### a) Définition

Le son est une sensation auditive provoquée par une onde acoustique. D'un point de vue physique, il s'agit d'une vibration qui se propage dans un milieu matériel alors que d'un point de vue physiologique, c'est un signal perçu par le sens qu'est l'ouïe.

Le son est donc caractérisé par ce que l'oreille perçoit de la vibration d'un corps. Généralement il se propage sous la forme d'une onde dans l'air jusqu'à notre oreille, mais il se transmet aussi dans les liquides et dans les corps solides. Le seul milieu où le son ne se propage pas est le vide. Cette vibration de la matière se caractérise par une variation de pression se propageant de proche en proche. Plus la pression acoustique est grande, plus le volume sonore est important.

#### b) Caractéristiques du son

**Origine :** Au départ, le son est initié par un objet animé d'un mouvement vibratoire. Une vibration est un mouvement d'oscillation rapide autour d'une position d'équilibre. C'est un déplacement qui peut être périodique, apériodique ou aléatoire. On peut observer ce phénomène à partir de systèmes mécaniques simples comme une corde vibrante dont le principe est repris dans différents instruments de musique. En effet, dans le cas d'un violon, l'énergie mécanique est fournie par le frottement de l'archet qui provoque le mouvement vibratoire d'une corde tendue. En revanche, pour la flûte, c'est le souffle du musicien qui se transforme en énergie mécanique nécessaire à mettre l'anche en vibration [1].

**Caractéristiques d'une onde acoustique:** L'onde ne transporte que de l'énergie qui est susceptible d'agir de façon mécanique sur un autre système. Un point atteint par une onde reproduit l'état de sa source avec une amplitude moindre et un retard du à la durée nécessaire à l'onde pour parcourir la distance qui la sépare de sa source. Dans un milieu aérien, la pression sonore diminue de moitié quand on double la distance.

L'onde sonore se définit comme la surface où tous ses points présentent le même niveau de pression acoustique instantanée d'une source sonore émettrice. Lorsque ces surfaces sont des plans perpendiculaires à la direction de propagation du son, on parle d'*onde plane progressive*. Lorsque ces surfaces sont des sphères centrées sur la source sonore et dont le rayon croît à la vitesse du son, on parle d'*ondes sphériques progressives*. Si ce rayon est très grand, on peut considérer que l'onde sphérique est plane [1].

À 22°C, dans l'air, à pression atmosphérique normale, le son se propage à la célérité de 345m/s.

La représentation graphique d'une onde permet de visualiser l'évolution de la perturbation du milieu de propagation. Elle représente la variation de la grandeur physique, l'élongation, en fonction du temps. Cette variation est associée à un apport d'énergie.

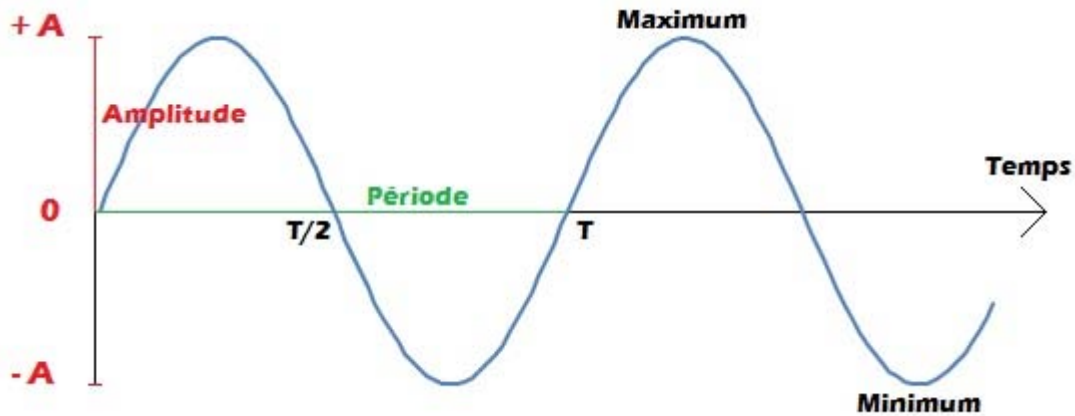


Illustration 1: Propagation d'une onde périodique en fonction du temps [2]

L'équation de l'élongation de cette onde en fonction du temps est :

$$x = A \times \sin(\omega t + \varphi) \text{ avec :}$$

- A : L'amplitude
- $\omega$  : La pulsation propre avec  $\omega = 2\pi/T$
- T : La période
- $\varphi$  : Le déphasage

Sachant que nous allons étudier les sons de forte intensité, nous allons nous intéresser davantage à l'amplitude. L'amplitude, exprimée en Pascal, unité de pression, détermine la puissance du son. Plus l'amplitude est grande, plus le son est fort. De plus, il est important de rappeler que l'amplitude de la vibration décroît avec la distance dans le cas des ondes sphériques [2].

### c) La pression acoustique

La pression acoustique peut se définir comme étant la valeur de l'amplitude d'une vibration sonore à un instant donné. Il s'agit de la force F exercée par l'onde sonore sur une surface S, un récepteur, comme par exemple le tympan ou encore la membrane d'un microphone.

$$p = F/S$$

Dans l'air, les sons se transmettent sous la forme d'une oscillation de pression  $p_{tot}$  autour d'une valeur normale, appelée pression atmosphérique Pa. Lorsque sous certaines conditions, ces perturbations affectent le sens de l'ouïe, on parle de sons ou de bruits. À un instant donné, la pression acoustique résultante  $p(t)$  est donnée par :

$$p(t) = p_{tot} - Pa$$



L'unité de la pression acoustique peut s'exprimer en Pascal (Pa) ou en Newton par mètre carré ( $N.m^2$ ).

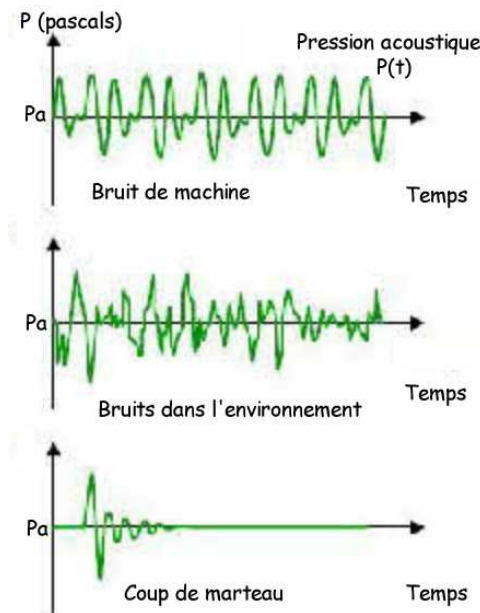


Illustration 2: Représentation de la pression acoustique de différents bruits en fonction du temps [2]

La plus petite variation de pression acoustique  $p(t)$  à laquelle l'oreille humaine est sensible est  $p_0$  égale à  $2 \times 10^{-5} Pa$ . La valeur de la pression acoustique à partir de laquelle une sensation acoustique est douloureuse est  $p_{max} = 20 Pa$ . Cela est valable pour des sons purs de 1000 Hz. On notera également qu'il existe une grande variabilité entre les individus.

La différence entre le seuil d'audition et le seuil de douleur est de l'ordre de  $10^6$ . C'est la raison pour laquelle les niveaux de pression acoustique sont donnés dans une échelle logarithmique et non pas dans une échelle linéaire.

Le niveau de pression acoustique exprimé en décibel (dB) est donné par la formule suivante :

$$Lp = 20 \times \log_{10}(P_{eff}/P_0)$$

On définit la valeur crête comme la valeur maximale  $p_{max}$  positive ou négative, prise par la pression entre deux instants.

Le niveau de pression du seuil d'intelligibilité est de 0dB et le seuil de douleur est de 120 dB [3].

#### d) La classification des sons

##### ❖ Le son

Nous pouvons distinguer trois types de sons en prenant en compte la durée ainsi que les variations d'amplitude dans le temps [3].

**Les sons stables ou stationnaires** : ce sont des sons dont le niveau sonore ne varie pas de plus de 3dB. On peut considérer que leur niveau sonore est constant. Ils peuvent être continus, isolés ou répétitifs.

**Les sons fluctuants :** leurs niveaux sonores varient au cours du temps et dépassent quant à eux les 3 dB. Ces sons peuvent être continus ou intermittents.

**Les sons impulsionnels :** leur durée est brève, inférieure ou de l'ordre de la seconde. Par exemple, la parole est une suite de sons impulsionnels. Une porte qui claque, des applaudissements ou encore l'impact de la vaisselle, sont autant de sons impulsionnels. Nous verrons par la suite que ce sont ces derniers qui sont considérés comme les plus gênants par les patients.

Une deuxième classification des sons est à noter si l'on prend en compte cette fois ci les variations temporelles de la pression acoustique :

**Les sons périodiques :** ce sont *des sons purs ou sinusoïdaux* ou encore *des sons complexes* comportant une fréquence fondamentale ainsi que des harmoniques.

- *les sons purs :* ils sont utilisés essentiellement en acoustique, en électroacoustique et surtout en audiométrie pour les différents tests. On évalue ainsi les différents seuils auditifs : tonale, confortable et inconfortable.  
Les sons purs sont très rares dans notre environnement et sont très peu agréables pour l'oreille des patients. Ils peuvent être pulsés ou modulés en fréquence ou en amplitude. Ils sont constitués d'une raie spectrale dans leur représentation fréquentielle ;
- *Les sons complexes :* on les appelle également les sons musicaux car de nombreux instruments de musique émettent des sons de ce type. Ils sont constitués quant à eux de plusieurs raies spectrales dans leur représentation fréquentielle : le fondamental et les harmoniques.

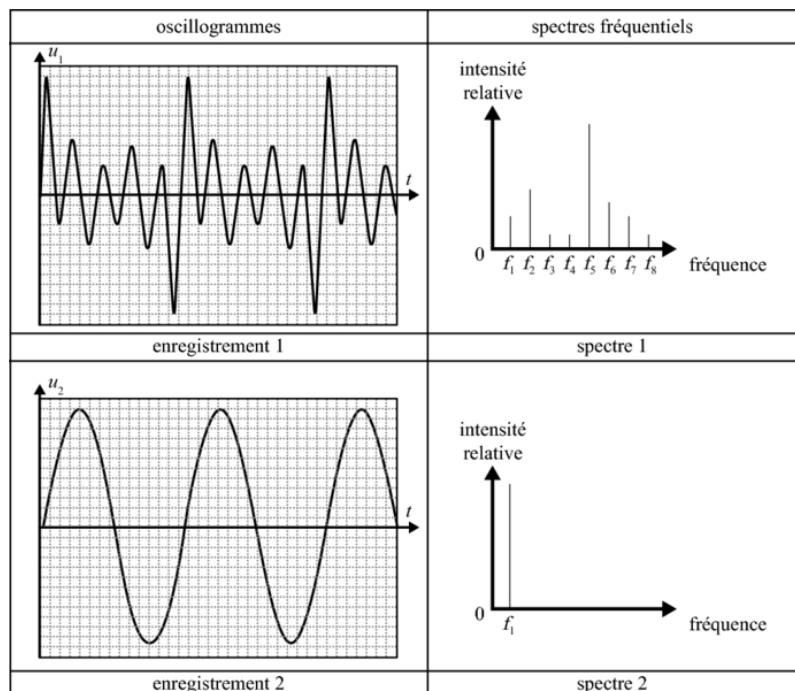


Illustration 3: Enregistrements et spectres fréquentiels d'un son complexe (1) et d'un son pur (2) [4]

**Les sons aléatoires** : il s'agit de sons complexes sans périodicité tel que le bruit blanc ou encore le bruit rose.

Généralement, quand les patients nous parlent des sons forts qui leurs sont désagréables voir insupportables, ils ont tendance à nous décrire des sons impulsionnels dans certains cas mais le plus souvent il s'agit essentiellement de bruits.

### ❖ Le bruit

#### ➤ Définition

Les sons font partie de notre vie quotidienne parce qu'ils témoignent d'une activité, d'un mouvement. Ils constituent aussi un moyen de communication irremplaçable entre les individus et peuvent devenir musique quand le compositeur les combine d'une manière agréable à l'oreille. Si les sons deviennent gênants ou indésirables, ils sont qualifiés de bruit, que le niveau sonore engendré soit faible ou fort. On perçoit déjà la notion subjective qui s'attache à la définition du bruit et celle qui est donnée dans la norme française NF S 30-101 : « le bruit est un phénomène acoustique produisant une sensation auditive considérée comme désagréable ou gênante » [5].

#### ➤ Aspect acoustique

On définit un bruit selon trois paramètres :

- son intensité,
- sa fréquence,
- sa durée.

Il existe suivant l'AFNOR (Association Française de Normalisation) plusieurs types de bruits :

- **les bruits ambiants,**
- **les bruits stables ou stationnaires,**
- **les bruits fluctuants,**
- **les bruits intermittents,**
- **les bruits impulsionnels.**

#### ➤ Les bruits spécifiques

**Le bruit blanc** : il est composé par l'ensemble des fréquences audibles. Il constitue sur une bande passante de largeur infinie, le bruit de fond thermique de la matière ; il est obtenu en amplifiant le bruit de fond de composants électroniques [6]. Le bruit blanc possède une densité spectrale constante en dB/Hz [3] et ascendante de 3 dB par octave.

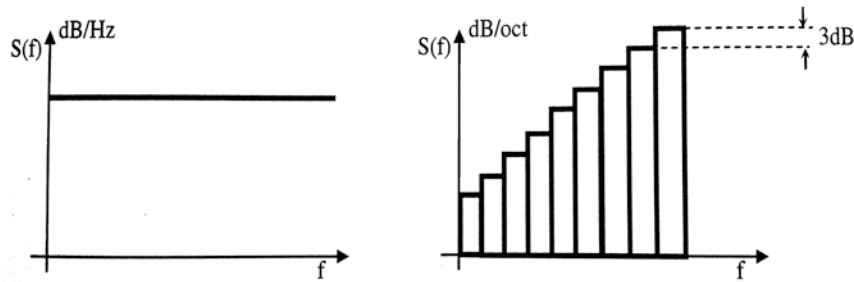


Illustration 4: Représentation spectrale du bruit blanc [3]

Le bruit blanc peut être pondéré de deux manières :

- par un filtre large bande, indiqué sur les audiomètres par WN (White Noise) ou BBN (Broad Band Noise). Il sert à masquer la parole et à déterminer le seuil global d'inconfort,
- soit par le spectre de la parole obtenu par filtrage. Sa densité spectrale varie comme celle du spectre à long terme de la parole. Ce son est utilisé comme masque de la parole. Il est désigné sous le sigle SWN (Speech Weighted Noise), encore appelé : son composite.

Le bruit blanc filtré également appelé bruit blanc bande étroite NB (Narrow Band) est caractérisé par sa fréquence centrale, sa largeur exprimée en pourcentage de la valeur de la fréquence centrale et la pente du filtre utilisé. Les bandes de bruit blanc filtré sont obtenues en sélectionnant des bandes étroites de bruit blanc à l'aide de filtres passe-bande appropriés.

**Le bruit rose :** comme le bruit blanc, il comporte toutes les fréquences audibles. Son spectre est continu, mais sa densité spectrale d'intensité est inversement proportionnelle à la fréquence. Il en résulte que la densité spectrale décroît de 3dB par octave en bandes fines et qu'elle a une énergie constante par bande d'octave. Il est obtenu par filtrage approprié du bruit blanc. La sensation auditive qu'il procure est proche de celle obtenue par un bruit blanc mais plus grave. Il est utilisé pour effectuer des mesures d'isolation aux bruits aériens [6].

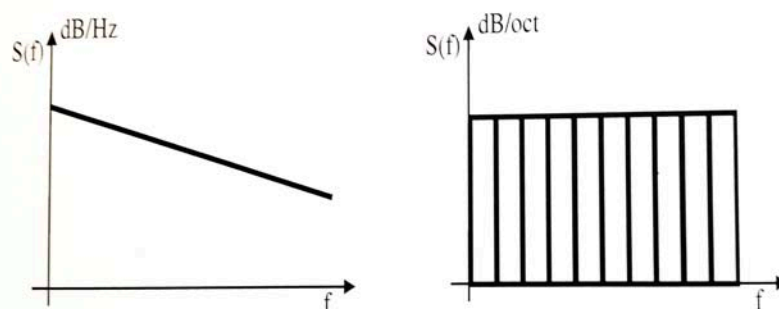


Illustration 5: Représentation spectrale du bruit rose [3]

## 2. La Sonie : Sensation d'intensité auditive

L'observation courante montre que l'on qualifie de « fort » un son dont le niveau est élevé, et de « faible » un son dont le niveau est bas. La sensation d'intensité que procure un son est presque exclusivement dépendante du niveau de pression acoustique.

Aux grandeurs de stimulus que sont la pression acoustique ou l'intensité acoustique que l'on exprime en décibels, correspond une grandeur de sensation que l'on appelle « sonie » ou « sensation auditive d'intensité » ou encore « intensité subjective ».

### a) Sonie des sons purs. Réseau de lignes isosoniques

Afin d'étudier la sonie des sons purs, il a été établi des niveaux de même impression sonore, constituant les « lignes isosoniques » dénommées *phones*. Le phone est l'unité qui sert à exprimer le niveau d'isotonie.

Puis ont été établies des échelles de quantification de la sensation sonore avec une unité appelée *sone* qui a pu être utilisée pour faire le lien avec la gêne. En fait, la notion de gêne est très différente de l'étude de la perception. Elle fait intervenir la sémantique du bruit et les aspects psychosociologiques. A titre d'exemple, dans la plupart des enquêtes de gêne effectuées au voisinage des aéroports, la corrélation entre la gêne ressentie et la sonie dépasse rarement 30% [7].

#### o Le Phone (P)

En 1933, Fletcher et Munson ont établi des courbes d'égale sensation de « force sonore » ou sonie ; ce sont les courbes isosoniques exprimées en phones.

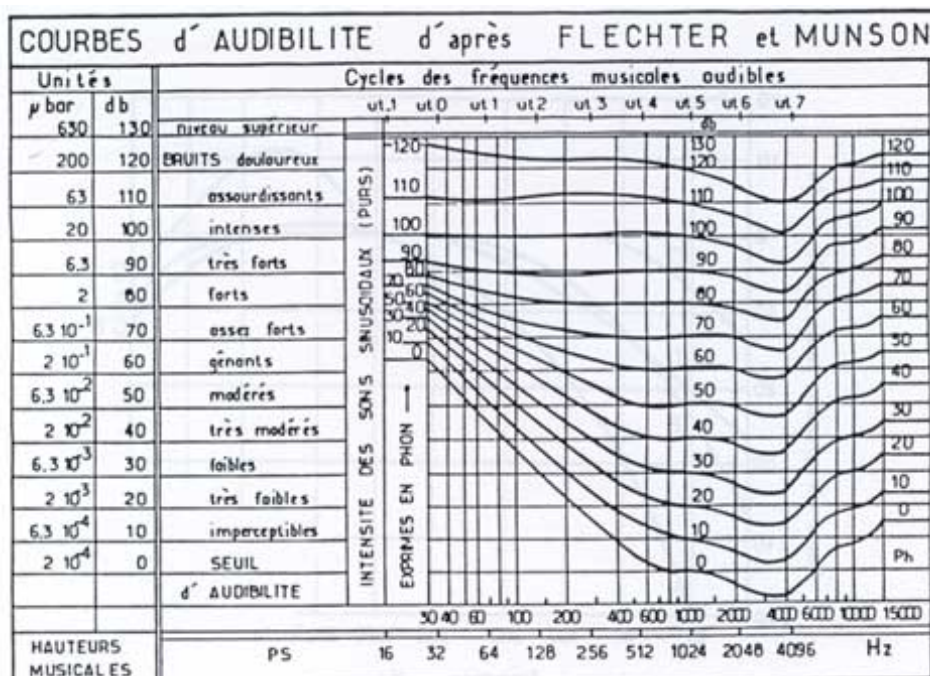


Illustration 6: Courbes Isosoniques d'audibilité de Fletcher et Munson [7]

Si on note, pour chaque fréquence, le niveau sonore qui induit la même sensation d'intensité, on obtient une courbe d'isotonie qui est pratiquement parallèle à la courbe

de seuil normal en décibels SPL. Pour désigner ces courbes, on utilise une unité sans dimension qui est *le phone* (P). Un son est dit de n phones lorsque sa sonie est la même qu'un son de n dB SPL à 1000 Hz.

Le phone est donc une unité sans dimension exprimant le niveau d'isotonie d'un son ou d'un bruit. Des sons de même intensité physique peuvent avoir des niveaux sonores subjectifs très différents selon la fréquence.

Les premières courbes établies par Fletcher et Munson situaient exactement à 0 phone le seuil d'audition normale. Les normes internationales situent maintenant ce seuil à +4 phones (4dB SPL à 1000Hz).

Ces normes précisent que ces courbes isotoniques sont établies pour les sons purs, en champs libre et en écoute binaurale.

On observe sur ces courbes que la zone la plus sensible de l'oreille humaine se situe vers le 3200 Hz.

On remarque également que, plus l'intensité augmente, plus l'oreille humaine entend les basses fréquences de la même manière que les hautes fréquences.

Par les lignes d'isotonie exprimées en phones, on peut connaître, pour des sons purs de différentes fréquences, les niveaux de stimulus qui procurent le même niveau de sensation d'intensité sonore. Il ne s'agit pas d'une échelle de sensation mais d'un réseau de lignes de même niveau de sensation d'intensité sonore.

Ces courbes servent également de référence pour les courbes d'atténuation des filtres de pondération utilisés dans les sonomètres [8], [9].

### ○ Le Sone (s)

Le phone se rapproche de la physiologie mais ne quantifie pas le niveau de sensation auditive lié essentiellement à la pression acoustique. Pour essayer de la quantifier, des psychoacousticiens ont établi une échelle des sonies par des méthodes directes de quantification subjectives. L'unité est *le sone*. Par convention, la valeur de 1 sone a été attribuée au niveau sonore d'un son binaural de 1000 Hz à 40 dB SPL, donc à 40 phones.

Au-delà de 30 dB, il a été montré que l'intensité subjective double tous les 10 dB (2 sonies pour 50 dB, 4 sonies pour 60 dB...64 sonies pour 100 dB et 128 sonies pour 110 dB). Pour les phones inférieurs à 30 dB, l'intensité subjective croît plus rapidement en fonction de la pression acoustique qu'elle ne le fait aux niveaux supérieurs à 30 dB.

Pour l'établissement de cette échelle, il a été admis que l'audition d'un même son par deux oreilles produisait une sensation deux fois plus forte que l'audition par une seule oreille [9].

$$s = 2^{(p-40)/10} [8]$$

En pratique audiolgique, phone et sone ne sont pas utilisés. Pour évaluer la sonie, on a habituellement recours à des échelles de décibels pondérés.

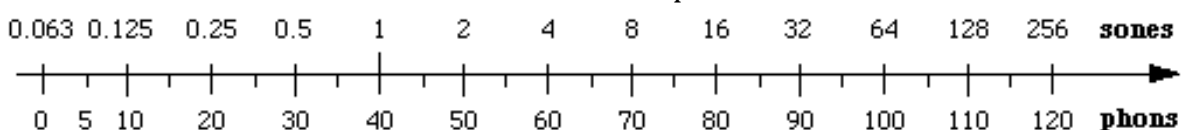


Illustration 7: Echelle de correspondance Sonies/Phones [10]

## b) L'Intensité sonore et la puissance d'une source

La pression acoustique fournit un travail lors de la propagation du son. Celle-ci s'accompagne d'un transfert d'une certaine quantité d'énergie. On appelle intensité sonore, l'énergie moyenne traversant l'unité de surface normale à la direction de la propagation, par unité de temps. Il s'agit donc de la puissance moyenne traversant l'unité de surface. On l'exprime en Watts/m<sup>2</sup> :

On a :

- $I = p_{eff}^2 / (\rho_0 \cdot c)$
- $W = 4\pi r^2 \cdot I$

➔ Donc  $p = (W \cdot \rho_0 \cdot c) / 4\pi r^2$

Avec  $p$  : pression acoustique,  $\rho_0$  : densité volumique de l'air,  $c$  : célérité du son,  $p_{eff}$  : pression acoustique efficace,  $W$  : puissance acoustique de la source,  $I$  : intensité acoustique de la source et  $r$  : distance entre l'émetteur et le récepteur.

Ce qui signifie que la puissance du son rayonné varie comme l'inverse de la distance au centre de la sphère [11].

## c) Les niveaux sonores : le Décibel

### ○ Le décibel SPL (Sound Pressure Level)

Les premiers audiogrammes ont été basés sur les décibels SPL. Le diagramme exprimant le seuil d'audition en fonction du niveau de pression sonore en dB SPL a été le premier utilisé par les cliniciens, au début de l'audiométrie, sous le nom d'audiogramme de Wegel [9].

Sur les anciens audiomètres, le même cadran était utilisé pour la conduction osseuse (CO) et la conduction aérienne (CA).

On voit que le seuil d'audition nécessite des niveaux de pression sonore très variables selon les fréquences. Les niveaux sonores doivent être plus importants pour percevoir les aigus ou les graves que pour percevoir les mediums (1000 à 3000 Hz). Ainsi pour avoir la même impression sonore ou sonie, sur le 1000 Hz ou sur le 50 Hz, il faut une pression 100 fois plus forte pour le 50 Hz. Il a donc été nécessaire d'établir une échelle de niveau sonore de référence, basée sur une oreille « normale » [9].

Dans le domaine audiolgique, le dB SPL est surtout utilisé par les audioprothésistes. Pour les aides auditives, le gain en dB traduit la différence entre la pression sonore qui entre dans l'écouteur et la pression sonore qui ressort de l'écouteur. Le niveau de sortie de l'écouteur est donné en dB SPL.

### ○ Le décibel HL (Hearing Level)

Il prend pour référence l'audition de sujets considérés comme normo-entendant. Le dB HL est spécifique à l'audiométrie. Les résultats sont donnés en perte de décibels.



Pour faciliter la comparaison des résultats d'audiométrie tonale et vocale, les audiomètres sont maintenant étalonnés pour donner à un sujet normo-entendant un 0 dB HL.

En audiométrie vocale, l'étalonnage s'effectue avec un son de 1000 Hz qui est envoyé dans le microphone. Le 0 dB HL, vérifié sur le vumètre, doit alors correspondre à un son de l'ordre de 20 dB SPL pour l'audiométrie au casque [9].

La valeur du seuil normal d'audition est de 0 dB HL à toutes les fréquences. De ce fait lors d'une recherche audiométrique de seuil, la valeur affichée sur l'audiomètre représente la différence de niveau qui sépare le seuil du sujet testé du seuil normal d'audition.

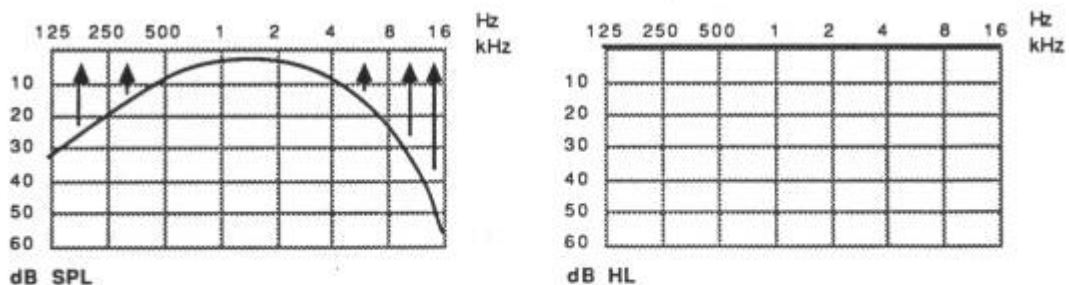


Illustration 8: Transformation des dB SPL en dB HL [9]

#### ○ Conversion dB HL/ dB SPL

Pour une fréquence donnée, la conversion d'une échelle à l'autre s'effectue en appliquant la relation de transformation suivante [8] :

**Niveau en dB HL = Seuil en dB SPL du mal entendant – Seuil d'audition normal en dB SPL**

Cette dernière relation donne le principe de la conversion, mais n'est pas aussi facile à appliquer qu'il y paraît, car tous les examens audiométriques ne sont pas effectués dans les mêmes conditions de présentation du signal. En effet, le seuil d'audition déterminé classiquement au casque sur une oreille, n'a pas la même valeur que ce même seuil mesuré en champ libre, en champ diffus et/ou en binaural [9].

#### ○ Implications prothétiques

Les cliniciens n'ont pas à se préoccuper de la conversion des dB HL en dB SPL, car les audiomètres conçus à leur intention, indiquent par lecture directe, la valeur de la perte auditive qui est la donnée qu'ils recherchent.

Il n'en est pas de même pour les audioprothésistes pour lesquels la perte auditive est une donnée nécessaire mais pas suffisante. En effet, nous sommes amenés à effectuer la transformation dB HL/ dB SPL, d'une part parce que nous pratiquons certains examens en champ libre, et d'autre part car nous devons prendre en considération des données telles que le niveau de sortie de la prothèse ainsi que le niveau de la parole qui sont exprimées en dB SPL.



Pour les aides auditives, le gain (G) en dB traduit la différence entre la pression sonore qui entre dans l'écouteur (Ne) et la pression sonore qui ressort de l'écouteur (Ns). Le niveau de sortie de l'écouteur est donné en dB SPL.

### 3. Détermination du niveau d'exposition

#### a) Seuil différentiel de sonie : lois de WEBER et de FECHNER

La détermination du seuil différentiel de sonie consiste à rechercher la plus faible variation d'intensité physique  $\Delta I$  provoquant une variation de sonie ; le *seuil différentiel relatif de sonie*  $\Delta I/I$  est le rapport du seuil différentiel  $\Delta I$  à la valeur  $I$  de l'intensité.

Deux méthodes permettent de mesurer la valeur du seuil différentiel de sonie [12]:

- On fait entendre, l'un après l'autre, deux sons de même fréquence et d'intensités  $I$  et  $I'$  tel que  $I'$  provoque une sensation d'intensité supérieure à celle de  $I$  ; on fait alors tendre  $I'$  vers  $I$  jusqu'à la plus petite valeur de  $\Delta I$  permettant de différencier  $I$  de  $I'$ ,
- On utilise un son modulé en amplitude dont on peut faire varier le taux de modulation ; on recherche le plus faible taux de modulation perceptible par le sujet ; la valeur de ce taux permet de déterminer le seuil différentiel  $\Delta I$  ; cette méthode est utilisée en audiométrie (Test de Lüscher) pour mettre en évidence le recrutement, révélé par un abaissement du seuil différentiel de sonie.

Lorsque les valeurs de  $I$  sont situées vers le milieu de la dynamique de l'oreille, on constate que, quelle que soit la valeur de  $I$ , le rapport  $\Delta I/I$  reste quasiment constant et correspond à une différence de niveau légèrement inférieure à 1 dB :  $\Delta I/I = \text{constante}$ .

Cette loi de constance du seuil différentiel relatif est connue sous le nom de loi de Weber. Concernant les sons purs, le seuil différentiel est en réalité de 2dB près du seuil normal de l'audition et diminue ensuite vers les intensités plus élevées, pour atteindre 0,4 dB à 90dB. On dénombre environ 150 échelons de sonie dans la dynamique de l'oreille ; dans le recrutement auditif, malgré une dynamique de l'aire auditive réduite, le nombre d'échelons est conservé ; il s'ensuit que la sonie d'une oreille qui recrute augmente plus rapidement avec le niveau acoustique que celle d'une oreille normale.

Sur le principe de la constance du seuil différentiel relatif, Fechner émet l'hypothèse que le seuil  $\Delta I/I$  correspond au plus petit échelon  $\Delta s$  de sonie, et écrit :

$$\Delta s = K \cdot \Delta I / I$$

$$ds = K \cdot dI / I \text{ (En utilisant la notation différentielle)}$$

$$S = K \cdot \log I \text{ (En intégrant)}$$

$K$  étant une constante.

On peut également trouver cette relation sous la forme : « **la réponse est proportionnelle au logarithme de l'excitation** ».

Cette loi justifie l'utilisation d'une échelle logarithmique pour exprimer les intensités de stimulus, car la relation entre la sensation et le stimulus suit plutôt une loi logarithmique qu'une loi linéaire.

Il faut essentiellement retenir que:

- le pouvoir de résolution en intensité du système auditif est de l'ordre du dB, mais que le seuil différentiel est plus bas pour les niveaux situés au milieu de la dynamique, soit dans la zone des intensités de la voix normale,
- la sonie double chaque fois que le niveau acoustique augmente de 10 dB,
- dans les fréquences médiums, l'oreille humaine distingue environ 150 échelons de sonie.

### **b) Évaluation de la sonie des sons complexes : Notion de pondération**

Le réseau de lignes isosoniques, ainsi que les échelles de sonie précédemment décrites ne concernent que les *sons purs*. Dans certaines études relatives aux sons complexes, et surtout pour les mesures des bruits et l'évaluation des nuisances acoustiques, il est judicieux de ne pas considérer le seul niveau acoustique, mais de tenir compte de la sonie.

Afin d'évaluer la sonie des sons complexes, on utilise *des filtres de pondération*. Il existe trois courbes de pondération correspondant à 3 courbes isosoniques approximées et inversées:

- pour les sons faibles, la courbe de pondération **A** correspondant à la courbe isosonique de **40 Phones**,
- pour les sons moyens-forts, la courbe de pondération **B** correspondant à la courbe isosonique de **70 Phones**,
- pour les sons très forts, la courbe de pondération **C** correspondant à la courbe isosonique de **100 Phones**.

Elles agissent comme des filtres. La pondération A est la plus utilisée dans la réglementation française pour l'évaluation globale de l'environnement sonore et des nuisances acoustiques malgré le fait qu'elle filtre en majorité les fréquences graves et qu'elle devrait être principalement utilisée pour évaluer les sons de faibles intensités.

Le décibel C est utilisé dans l'évaluation des niveaux sonores crêtes (L<sub>pc</sub>) des bruits brefs, impulsionnels en milieux industriels (chocs, explosions).

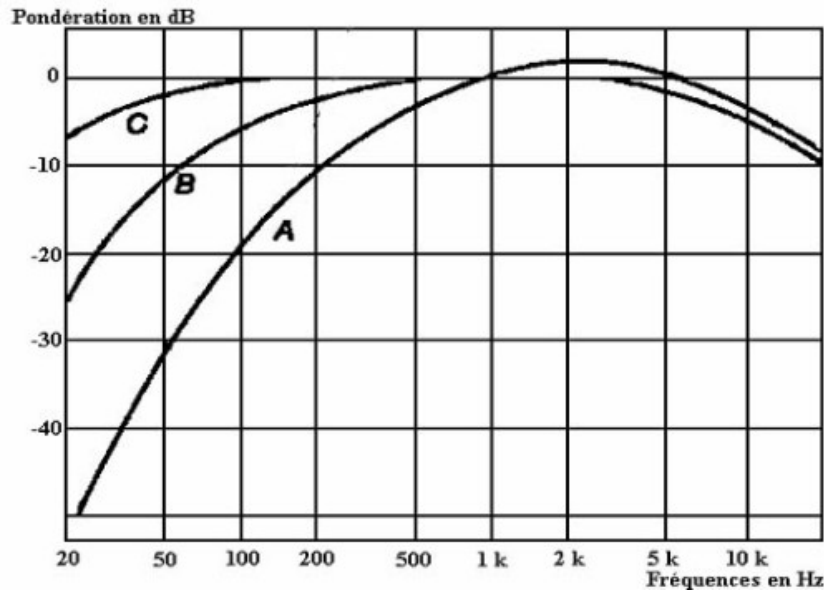


Illustration 9: les différentes pondérations en fonction des fréquences [7]

On appelle *Indice Harmonique*, la différence entre les mesures d'un bruit effectuées avec le filtre A et avec le filtre C.

- si cette différence est importante, le bruit contient des basses fréquences,
- si cette différence est faible, alors le bruit contient des hautes fréquences [8].

### c) L'évaluation des niveaux sonores des bruits non permanents

Les grandeurs précédemment décrites : niveau global en dB ou en  $dB_A$ , sont utilisées pour caractériser les bruits permanents, bruits dont les niveaux sont constants en fonction du temps ou les bruits stables c'est à dire dont les niveaux ne présentent que des variations négligeables au cours de la période d'observation.

Ces grandeurs peuvent encore être utilisées pour des bruits fluctuants. Mais de nombreux bruits ne sont pas permanents, ce sont :

- des bruits évolutifs (passage d'un avion),
- des bruits intermittents (bruit de circulation),
- des bruits fluctuants dans un large intervalle (bruit d'atelier),
- les bruits ayant un caractère impulsif (bruit de presse, coup de feu),
- les bruits uniques ou courts (klaxon, sirènes).

#### ○ Le niveau sonore équivalent $Leq$ :

$Leq$  désigne le niveau sonore représentatif d'un événement acoustique sur une durée  $T_0$ . Il peut s'exprimer en dB, ou en  $dB_A$ , lorsque l'on utilise la pression acoustique filtrée par la pondération A. On remplace alors  $p(t)$  par  $p_A(t)$  et le niveau sonore s'écrit  $L_{A,eq,T_0}$ .

On peut l'obtenir de deux façons :

- soit par intégration de la pression acoustique sur une durée d'observation  $T_0$ :

$$\rightarrow L_{eq,T_0} = 20 \log(p_{eff}/p_0) \text{ avec } p_{eff} = \sqrt{(1/T_0) \int_0^{T_0} p^2(t) dt}$$

- soit par analyse statistique des niveaux sonores

- $L_{ex,8h}$  ou  $L_{ex,d}$  :

Il s'agit du niveau d'exposition moyen au bruit normalisé sur une période de référence de 8 heures.  $L_{ex,d}$ , s'exprime en  $dB_A$ .

- $L_{pc, peak}$  :

C'est le niveau de pression acoustique crête. Il s'exprime en  $dB_C$ , et indique le niveau maximal instantané du bruit.

#### d) La Sonométrie [13]

De toutes les grandeurs qui caractérisent les sons dans l'air, c'est leur pression acoustique qui est la plus facile à mesurer, particulièrement avec un microphone.

##### ❖ Les microphones

Les microphones sont des transducteurs qui convertissent les ondes sonores acoustiques d'un milieu compressible en impulsions électriques proportionnelles à la pression acoustique qui agit sur eux [13].

Les principales caractéristiques des microphones sont leur *sensibilité* et leur *directivité*. La sensibilité s'exprime, pour une fréquence donnée, en volts délivrés aux bornes du microphone. Généralement, les microphones de très bonne qualité ont une sensibilité indépendante de la fréquence. Les microphones sont essentiellement de type électrostatique, électrodynamique ou piézoélectrique.

##### ❖ Les sonomètres

Un sonomètre est un ensemble de mesure constitué par un microphone, un amplificateur et un dispositif de lecture qui fournit directement, en dB, le niveau de pression acoustique régnant à l'emplacement du microphone.

La dynamique d'un microphone étant beaucoup plus étendue que celle de l'amplificateur, un atténuateur d'entrée est donc placé avant, afin de ne prendre qu'une fraction déterminée de la tension délivrée par le microphone.

Afin de délivrer des niveaux sonores de pondération, des filtres de pondération A et C équipent souvent les sonomètres.

Les sonomètres indiquent les niveaux de pression efficace  $L_{eq,T_0}$  avec des durées d'intégration  $T_0$  plus ou moins longues. Lorsque les bruits sont stables, la durée d'intégration n'a guère d'importance. Ce n'est pas le cas pour des bruits fluctuants.

Lorsque ces fluctuations sont de très courtes durées, il est intéressant d'utiliser des sonomètres qui indiquent exactement la valeur maximale atteinte par la pression acoustique instantanée.

Pour les bruits stables à fluctuants, le sonomètre pourra être réglé sur le mode lent

( $T_0 = 1s$ ). Pour les bruits fluctuants, on réglera le sonomètre sur le mode rapide

( $T_0 = 0,125s$ ). Les bruits impulsionnels exigent des durées d'intégration égales à 0,035s.

#### ❖ Les spectromètres

La connaissance des paramètres du bruit n'est pas complète avec la seule mesure du niveau global de pression sonore. Il est souvent très intéressant de déterminer les niveaux de pressions efficaces dans les bandes de fréquences qui le composent. On trouve des spectromètres à bandes d'octaves ou à bandes de tiers d'octaves.

#### ❖ Les sonomètres intégrateurs

Le calcul du niveau équivalent  $L_{eq,T_0}$  demande un nombre d'opérations important. Depuis un certain nombre d'années, les sonomètres de qualité sont équipés d'une fonction d'intégration qui leur permet de fournir directement et instantanément le niveau équivalent à mesure que l'on procède à la mesure en continu d'un bruit fluctuant.



Illustration 10: sonomètres intégrateurs [14]

#### ❖ Les enregistreurs

Les bons sonomètres sont équipés de sorties (output) permettant, à l'aide d'une connectique appropriée, de se connecter à une entrée (input) d'un enregistreur ou d'un oscilloscope.

Afin de mieux comprendre l'univers des sons forts, l'illustration suivante nous précise les seuils d'intensité sonore des différentes situations rencontrées dans notre environnement. Celle-ci nous précise également les niveaux sonores des seuils d'audibilité mais surtout ceux du seuil de danger et de douleur, qui atteignent respectivement 90 et 120 dB.



Illustration 11: Exemple d'échelle de bruits présents dans le quotidien [15]

Il faut savoir que l'intensité sonore pour le lancement de la fusée Ariane V a atteint les 192 dB au moment de l'allumage des moteurs.

De même, à ce jour, c'est le bruit formé par l'éruption d'un volcan, celui de Krakatoa en Indonésie, le 27 août 1883, qui reste à ce jour le bruit le plus puissant de toute l'histoire. Cette éruption volcanique a été entendue sur un douzième de la surface de la planète. En effet, le son est parvenu aux Philippines, les Etats- unis et même l'Australie. Il s'est étendu jusqu'à 5000 km autour de son emplacement. Sachant que l'intensité sonore s'estompe avec la distance, l'intensité sonore devait être inimaginable.

Enfin, des scientifiques ont découvert qu'un insecte aquatique minuscule, appelé : Micronecta Scholtzi, était capable de produire des sons d'une intensité de 79 dB à un mètre avec des pics pouvant atteindre les 99dB.

## II. Étude audiolgique

### 1. Physiologie de l'Appareil Auditif

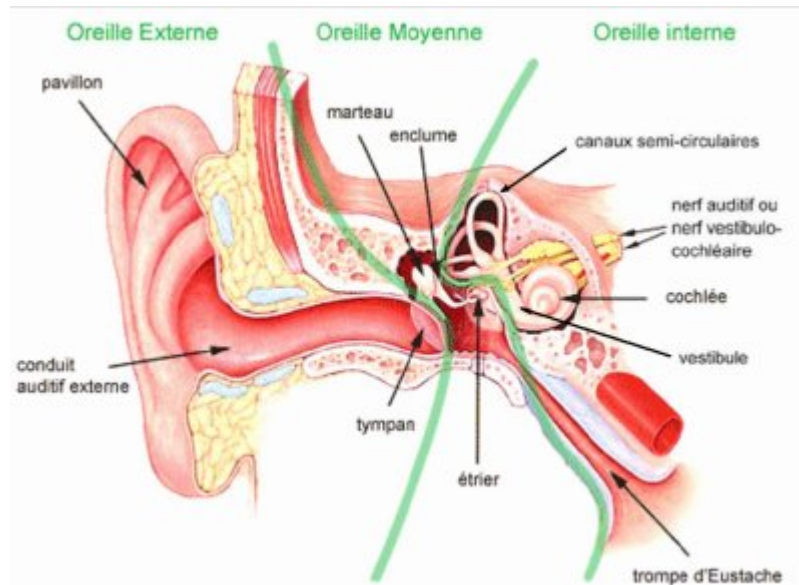


Illustration 12: Schéma du système auditif périphérique : Oreille Externe, Moyenne et Interne [16]

L'appareil auditif comporte 2 éléments fondamentaux :

- une partie périphérique constituée de l'oreille dans son ensemble,
- une partie centrale avec le système nerveux et le cerveau.

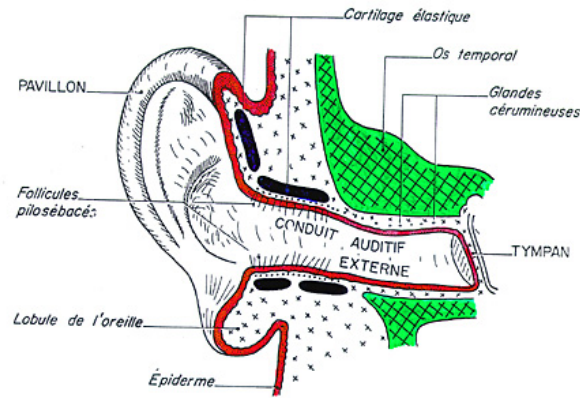
L'oreille, qui constitue l'organe de l'audition est constituée de trois parties : l'oreille externe, l'oreille moyenne et enfin l'oreille interne.

#### a) L'Oreille : un système amplificateur naturel

##### ❖ L'oreille externe

L'oreille externe est composée de deux parties :

- le pavillon,
- le conduit auditif externe.



**Illustration 13: Schéma de l'Oreille Externe : Pavillon et Conduit Auditif Externe [17]**

Elle joue un rôle important dans l'amplification des sons [18].

### ○ **Le pavillon**

Le pavillon, partie la plus externe et donc visible de l'oreille est une lame de fibrocartilage. Il a pour fonctions : la transmission, la localisation et l'amplification du son.

Lorsque l'onde arrive au pavillon, ses nombreux replis la diffractent dans une multitude de directions ce qui permet à une grande partie de pénétrer dans le conduit auditif externe.

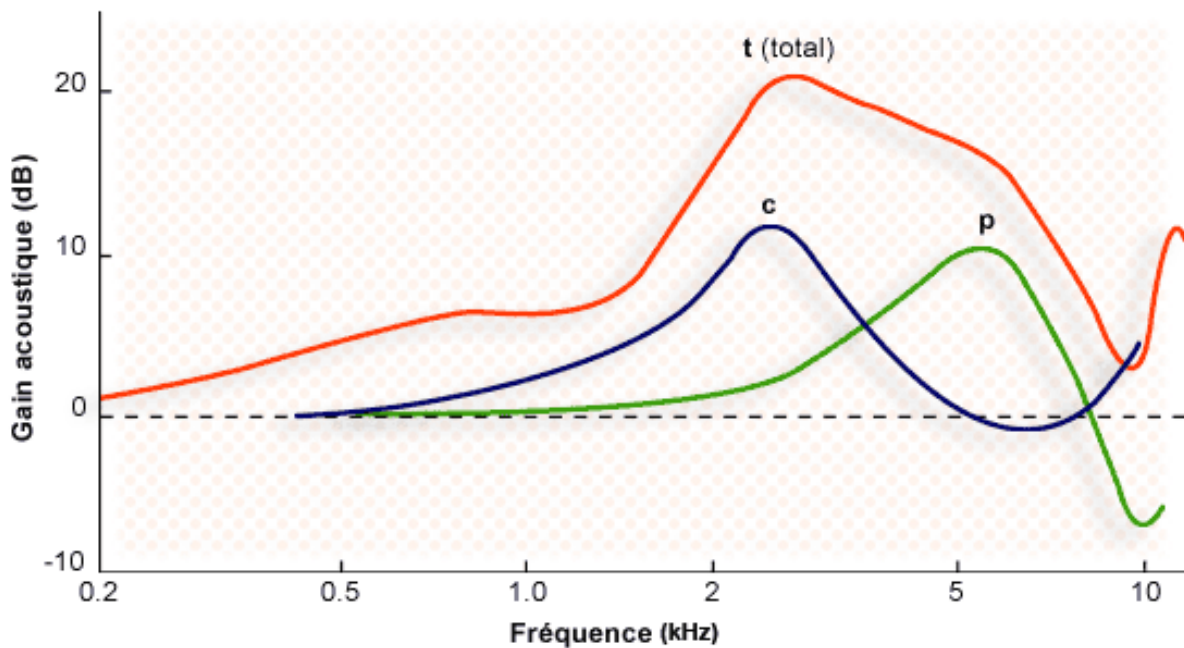
La conque a surtout un effet de focalisation des rayons sonores. Le gain qui en résulte est de l'ordre de quelques décibels. Il dépend à la fois de la fréquence et de l'incidence des ondes acoustiques. La valeur maximale du gain est obtenue pour une incidence parallèle au conduit auditif. En effet, l'attitude de « tendre l'oreille » par un mouvement de tête orientant le conduit auditif dans la direction de la source, conforte cette constatation.

### ○ **Le conduit auditif externe (CAE)**

Le conduit auditif externe est un conduit sinueux constitué d'une structure fibrocartilagineuse dans sa partie la plus externe et d'une structure osseuse sur environ les deux tiers internes.

On peut observer une résonance dont le pic a une amplitude maximale de 8 à 12 dB autour de la fréquence  $f_c$  égale à 2500 Hz.





**Illustration 14:** Représentation du gain acoustique en dB du CAE(c), du pavillon (p) et du gain total de l'oreille externe (t) en fonction de la fréquence en Hz [19]

Ce graphique nous montre bien que la résonnance du CAE comme du pavillon atteint les 10 dB mais à des fréquences différentes : dans les mediums pour le CAE (2500 Hz) et plus aigües pour le pavillon. On constate également que l'amplification totale du son apportée par l'oreille externe est de l'ordre de 20dB.

#### La fonction de transfert :

On appelle fonction de transfert d'un système de transmission, la fonction par laquelle il faut multiplier le signal d'entrée pour obtenir le signal de sortie. La fonction de transfert concerne à la fois la phase et l'amplitude de la vibration.

Pour l'appareillage prothétique des surdités, nous ne nous préoccupons que de l'amplitude.

Cette fonction de transfert résulte des caractéristiques acoustiques du pavillon et du conduit auditif.

### ❖ L'Oreille Moyenne

L'oreille moyenne, qui est la partie de l'appareil auditif comprise entre l'oreille externe et l'oreille interne, quant à elle, assure la transmission, l'amplification du message auditif vers l'oreille interne grâce à la chaîne ossiculaire : marteau, enclume et étrier. Celle-ci joue également un rôle protecteur.

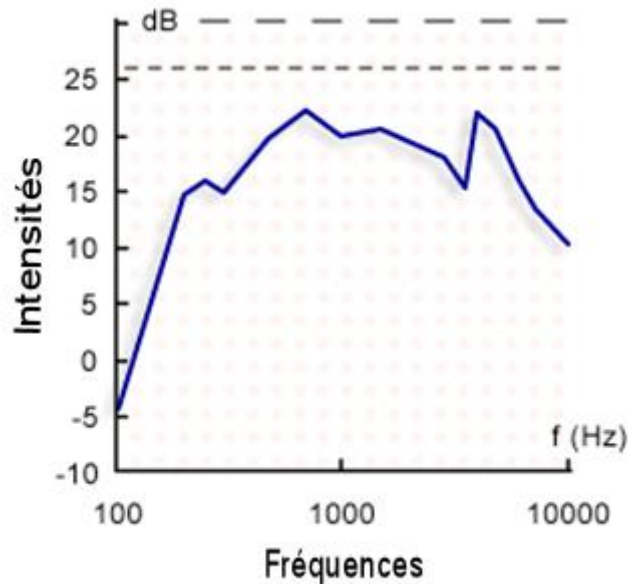


Illustration 15: fonction de transfert de l'oreille moyenne [20]

On remarque que l'amplification peut dépasser 20 dB pour certaines fréquences (à 1000 Hz par exemple).

### ❖ L'oreille Interne

L'oreille interne, constituée de la cochlée, organe de l'audition et du vestibule, organe de l'équilibre, joue un rôle important dans l'amplification du son. C'est dans l'oreille interne que l'énergie mécanique est transformée en énergie électrique.

La cochlée, qui a globalement la forme d'un limaçon, d'une longueur déroulée de 2,5 à 3 centimètres, est divisée en deux dans sa longueur par une lame osseuse à laquelle s'attachent deux membranes : la membrane basilaire et la membrane tectoriale.

La membrane basilaire sépare le canal de la cochlée en deux rampes remplies de liquide : le périlymphe. Ces deux rampes communiquent au sommet du limaçon, l'apex, par un orifice : l'helicotréma, qui assure l'équilibre des pressions.

À l'extrémité du limaçon, ces rampes sont fermées et séparées de l'oreille moyenne chacune par une membrane, respectivement : la fenêtre ovale, sur laquelle s'appuie l'étrier et la fenêtre ronde qui est libre [18].

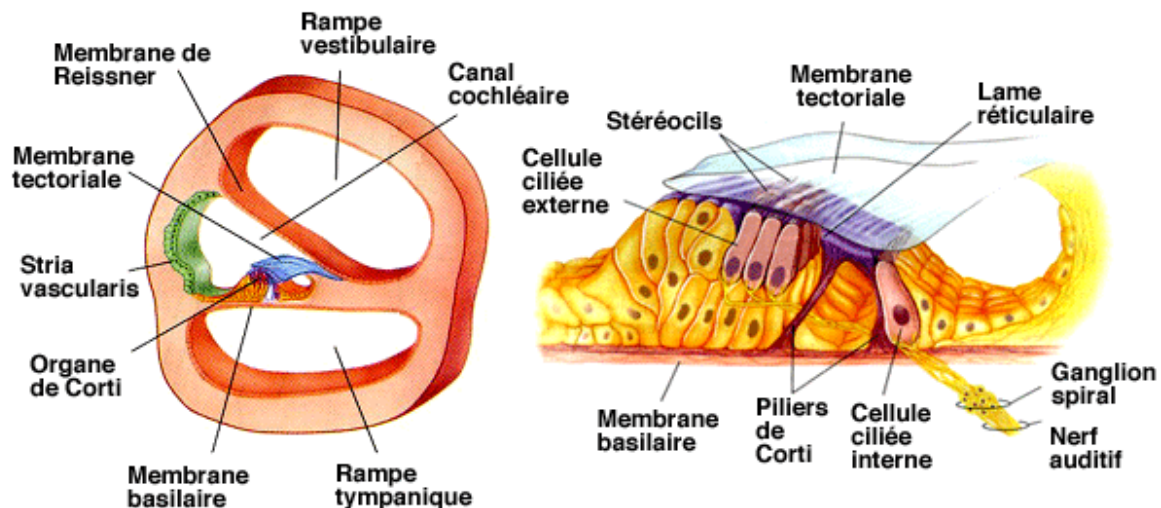


Illustration 16: organe de corti [21]

Entre la membrane basilaire et la membrane tectoriale, se trouve l'organe de Corti. Le principal élément est : la présence de cellules ciliées, implantées dans la membrane basilaire et qui se prolongent par des cils [18].

Les cellules ciliées sont de deux types :

- **Les cellules ciliées internes (CCI)**, dont les cils flottent librement dans le liquide. Elles sont alignées sur une seule rangée. Quand les vibrations de la membrane basilaire les agitent, elles libèrent des ions qui vont dépolariser les terminaisons du nerf auditif.  
Ces cellules sont peu nombreuses (3500 environ), fragiles et ne se régénèrent pas une fois détruites. Il faut donc les ménager : leur disparition équivaut à une surdité totale.  
Les CCI ont des propriétés essentielles pour la perception :
  - la phase réfractaire (durée minimale de récupération entre deux décharges d'ions,
  - le seuil d'excitation, qui présente une résonance pour une fréquence donnée : la fréquence caractéristique.
 Cependant les CCI seules ne rendent pas compte de la très bonne sélectivité fréquentielle de notre oreille.
- **Les cellules ciliées externes (CCE)** dont l'extrémité des cils est solidaire de la membrane tectoriale. Elles sont réparties en trois rangées.  
Elles ont des propriétés remarquables aux conséquences fondamentales, à travers deux mécanismes actifs :
  - *les contractions rapides* qui se produisent de manière réflexe, en phase avec les vibrations de la membrane basilaire, pour amplifier celles-ci très sélectivement et augmenter ainsi :
    - la sensibilité, avec un gain de 40 à 50 dB,
    - la sélectivité : grâce à elles, un petit nombre de CCI est excité dans une zone étroite et libère un maximum d'énergie.
  - Les contractions lentes, qui passent par le système efférent médian et agissent sur les deux oreilles. Les contractions lentes ont un effet

d'atténuation des contractions rapides. Elles permettent d'expliquer certains phénomènes (adaptation de la sonie, protection contre les stimuli trop intenses).

Il faut donc retenir que ce sont les CCE qui rendent l'audition **forte** et claire.

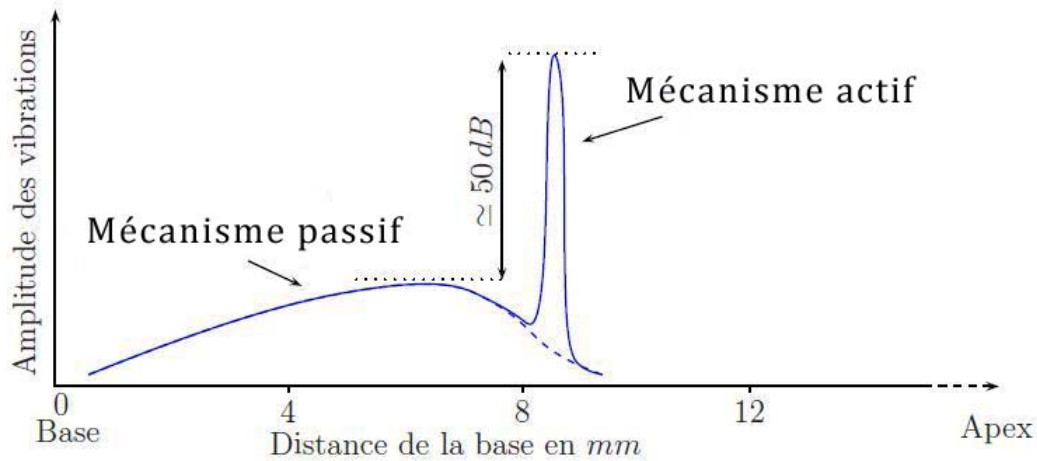


Illustration 17: Tonotopie cochléaire pour un son de 10kHz [22]

## b) Codage de la sonie par le système nerveux auditif

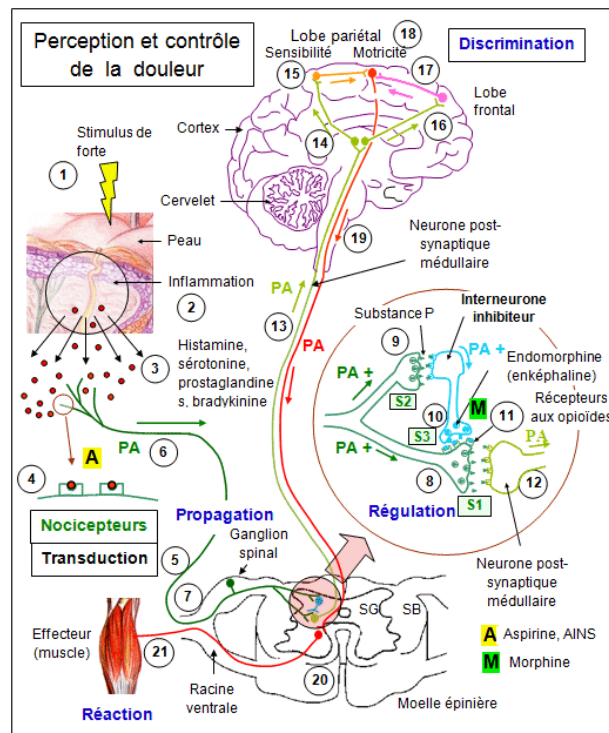


Illustration 18: Fonctionnement du système auditif centrale [23]

La façon dont l'intensité est codée par le système auditif n'est pas encore parfaitement élucidée. Il semble que le codage s'effectue au niveau des fibres du nerf auditif grâce à la jonction de mécanismes qui permettraient d'expliquer à la fois le codage de l'intensité et l'importante dynamique de l'oreille [18].

Plusieurs phénomènes paraissent contribuer au codage de l'intensité [18]:

### 1. L'accroissement du nombre de décharges dans les fibres

Lorsqu'on isole un neurone du nerf auditif, on constate qu'en l'absence de stimulus, il existe une activité de repos caractérisée par la présence de décharges ou potentiels d'action. Lorsqu'apparaît un stimulus acoustique, le nombre de décharges par unité de temps augmente. Cette variation du taux de décharges constitue donc un codage, mais couvrant une dynamique réduite d'environ 40 dB. Ce mécanisme est insuffisant pour expliquer l'étendue de la dynamique de l'oreille.

### 2. L'augmentation du nombre de fibres stimulées

Le nombre de neurones stimulés pourrait augmenter avec l'intensité. En effet, chaque cellule ciliée interne est reliée à plusieurs fibres nerveuses. Une forte stimulation acoustique pourrait augmenter le « pattern » d'excitation c'est à dire le nombre de cellules excitées et le nombre de fibres stimulées.

L'existence d'un tel processus permettrait d'expliquer l'effet de masque et l'existence des bandes critiques : pour l'effet de masque, l'excitation simultanée par une seule fréquence d'un grand nombre de fibres fait qu'une fréquence voisine de niveau plus faible ne produit aucun effet physiologique et donc psychoacoustique. D'autre part, si à l'intérieur d'une bande critique le nombre de fibres excitées est constant et donc limité, on comprend qu'en sortant de la bande critique on augmente le nombre de fibres stimulées et donc la sonie.

### 3. Les neurones à seuils différents

Il existe plusieurs catégories de neurones qui diffèrent par la valeur de leur seuil de stimulation et leur dynamique. On aurait ainsi des neurones à seuil bas, d'autres à seuil moyen, d'autres à seuil haut et également des neurones à dynamique élevée.

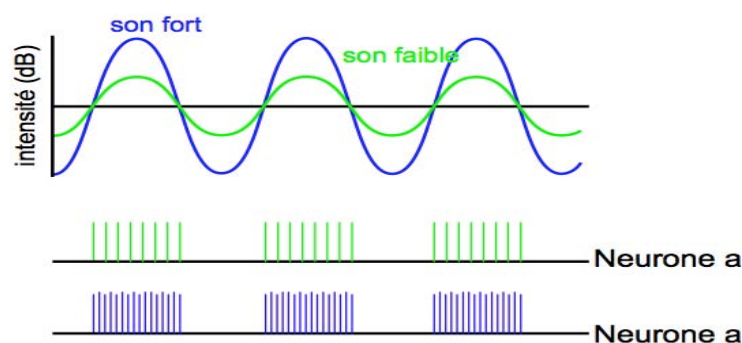


Illustration 19: Fréquence de décharge d'un même neurone pour deux sons d'intensités différentes [22]

### c) Facteurs modifiant temporairement la sonie [9]

#### ○ *La prévisibilité des signaux*

Nous avons pu remarquer au cours des différentes étapes de l'appareillage auditif, qu'un son fort provoque chez le patient une sonie plus faible lorsqu'il est préparé à son apparition. Cette modification de sonie se manifeste par exemple au cours de la recherche du seuil d'inconfort. En effet, en fonction de la méthodologie choisie par l'audioprothésiste pour réaliser l'UCL, le patient réagira différemment : en l'absence de consigne, lors de l'émission d'un son de forte intensité, le patient sera surpris et trouvera le son immédiatement intolérable ; en revanche lorsque celui-ci est prévenu de l'arrivée d'un son fort, la tolérance auditive est accrue.

#### ○ *Le réflexe stapédien*

Un son de niveau suffisamment élevé, environ 80 dB, provoque par un mécanisme réflexe la contraction du muscle de l'étrier qui limite ainsi l'amplitude de déplacement de l'étrier. Il s'enclenche généralement à 80 dB au-dessus du seuil auditif du patient. Il s'agit d'un mécanisme de protection naturelle de l'oreille face aux sons forts qui n'est absent que chez 10% de la population. La sonie est alors abaissée d'environ 10 Phones. Le réflexe stapédien a un temps de latence qui le rend inapte à protéger l'oreille des sons impulsionnels. La fatigue du muscle fait que dans le cas d'exposition prolongée à des sons forts, la durée de l'atténuation ne dépasse pas quelques minutes.

#### ○ *La fatigue auditive*

La fatigue auditive est une élévation temporaire du seuil de l'audition provoquée par une exposition, même de courte durée, à un son de niveau suffisamment élevé. L'élévation du seuil disparaît généralement au bout d'un temps dit de récupération, qui peut atteindre une vingtaine de jours. En cas de stimulation trop intense ou trop prolongée, on peut observer un déficit auditif permanent. La constatation audiométrique de l'élévation du seuil peut être faite à partir d'une exposition de quelques minutes à niveau de 30 dB.

La fatigue auditive est due à la diminution des possibilités de transduction de l'oreille interne et de transmission des fibres nerveuses. L'élévation du seuil est d'autant plus marquée et durable que l'exposition a été prolongée et le niveau sonore élevé. La diminution de la sonie consécutive à la fatigue auditive apparaît surtout près du seuil et n'affecte que peu la sonie des niveaux plus élevés.

#### ○ *État physio-pathologique du sujet*

Certaines pathologies même bénignes comme un simple rhume, sont susceptibles d'entraîner une modification passagère de la sonie par atténuation de la transmission. Certains troubles circulatoires peuvent également modifier la sonie par un effet sur l'oreille interne.



## 2. Seuils, déficiences et profils auditifs

### a) Dynamique auditive

Il est facile de dessiner les limites physiques de la sensation sonore dans trois dimensions. Ainsi, dans la dimension d'intensité un son trop faible n'est pas perçu alors qu'un son trop fort provoque une gêne ou une douleur. De même, dans la dimension fréquentielle, un son trop grave (infrason) ou trop aigu (ultrason) ne provoque pas de sensation sonore. Dans la dimension temporelle, la perception d'un son dépend de la durée du stimulus au-delà de laquelle la perception est nulle ou dangereuse.

Il est possible de mesurer l'étendue du spectre sonore utilisable par l'homme sur un graphique en deux dimensions : en abscisse, on retrouve les fréquences en Hz et en ordonnée les niveaux de pression acoustique en dB.

Pour chaque fréquence, il est donc possible de mesurer les pressions sonores minimales déterminant une sensation sonore chez le sujet testé ainsi que les valeurs des pressions maximales intolérables chez le même sujet. On obtient donc sur le même graphique :

- le seuil d'audition (intensité minimale nécessaire à la perception du son),
- le seuil subjectif d'inconfort (intensité maximale).

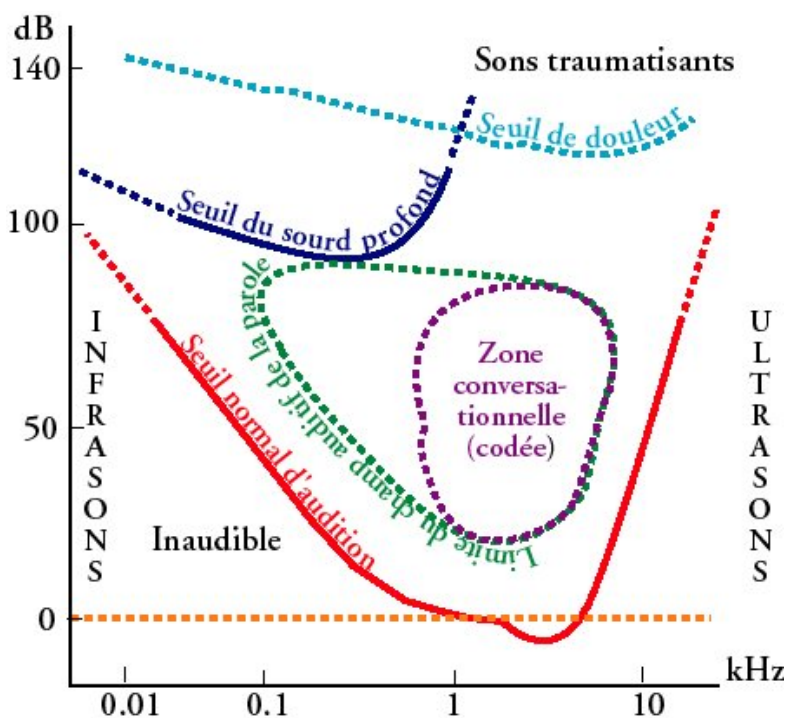


Illustration 20: champ dynamique de l'audition en fonction des fréquences [24]

On observe que le domaine de réponse du système auditif humain, en fréquence, s'étend à peu près de 20 Hz à 20 kHz et en intensité de 0 dB à 120 dB.

Cette aire comprise entre le seuil d'audition et de seuil d'inconfort représente la *champ auditif* appelé également *champ dynamique* ou *aire d'audition*.

## b) Classification des surdités

L'élévation permanente du seuil d'audition en voie aérienne est le caractère de définition et de classement des déficiences auditives [25].

La recommandation BIAP 02/1 prend comme critère, la valeur moyenne de l'audition aux fréquences 500, 1000, 2000 et 4000 Hz. On appelle également cette valeur moyenne : Perte Moyenne Tonale (PMT).

PMT	Déficiences Auditives
< 20 dB	Nulle
Entre 20 et 40 dB	Légère
Entre 40 et 70 dB	Moyenne
Entre 70 et 90 dB	Sévère
> 90 dB	Profonde

Tableau 1: Classification des surdités [25]

## c) Les différents profils auditifs

Afin de comprendre la complexité de définir ce qu'est un son fort, par sa grande subjectivité, nous allons nous intéresser assez rapidement aux différents profils auditifs.

- ❖ Le normo-entendant : le seuil auditif du normo-entendant est inférieur à 20dB. Son seuil de douleur atteint quant à lui les 100 à 120 dB. Il possède une dynamique auditive très importante. Il perçoit donc toutes les intensités sonores : faibles, moyens et forts.  
Plus l'audition diminue au cours du temps, c'est à dire que le seuil auditif augmente, plus la dynamique auditive rétrécit. Cependant les sons forts sont toujours aussi bien perçus mais ce sont les sons de faible intensité qui posent des difficultés.
- ❖ Le sourd profond : son seuil d'audition dépasse les 90 dB de perte. Cette valeur est considérée comme une forte intensité. Cependant pour ce patient, un son de cette intensité est à peine perçu. Il considère donc ce son comme étant un son faible.
- ❖ L'hyperacousie : la définition de l'hyperacousie est « l'intolérance à des sons que d'autres supportent normalement ». Elle se distingue donc nettement du recrutement, phénomène périphérique qui est un rattrapage de la sensation d'intensité chez les sujets présentant une surdité de perception pour rejoindre les niveaux sonores du normo-entendant à haut niveau. À l'inverse, l'hyperacousie est un mécanisme central, aujourd'hui de mieux en mieux identifié, qui génère un déplacement global de la sonie vers des sensations plus intenses dès les bas niveaux. L'hyperacousie n'est donc pas qu'une intolérance aux sons forts. On constate chez les patients hyperacousiques que le seuil d'inconfort est relativement bas autour des 80 dB.



**Conclusion :** Il existe une multitude de sons forts, de bruits perturbant notre quotidien. Ces sons forts provenant d'une source sonore sont également naturellement amplifiés par notre oreille. L'oreille sert également de protection mais n'est tout de même pas suffisant. Nous allons étudier dans une seconde partie les différents moyens de prise en charge de ces sons forts et quelles sont les conséquences d'une telle intensité aussi bien sur notre audition que sur l'appareillage audioprothétique.

## CHAPITRE II: UNE PRISE EN CHARGE ADEQUATE

Selon une étude de l'INSEE parue en 2002, plus de 54% des français qui vivent dans des grandes villes, placent le bruit en tête des nuisances devant l'insécurité et la pollution.

De plus, que ce soit la population plus jeune avec l'avancée technologique notamment en matière de sons avec de nouveaux casques auditifs ou encore des MP3 toujours plus performants ou une population moins jeune avec leurs conditions sonores au travail, le risque de surdité est une menace permanente. En effet, selon l'Agence Française de Sécurité, les surdités d'origine professionnelle constituent une des premières causes de maladie professionnelle en France.

Quels sont les moyens mis en œuvre par le gouvernement ainsi que par les spécialistes afin de réduire ces statistiques et quels sont les risques d'une mauvaise prise en charge ?

### I. D'un point de vue préventif et juridique

#### 1. La prévention

La prévention, que ce soit contre les sons forts, le bruit ou encore les nuisances sonores, repose sur le principe de l'abaissement des niveaux sonores, la diminution de la durée d'exposition à la source nociceptive et surtout une sensibilisation de la population aux différents risques que ces sons peuvent provoquer.

Parmi les moyens mis en œuvre, on retrouve principalement la distribution de protections individuelles, la mise en place de campagnes de publicité telles que des affiches, des spots télévisés ou encore l'établissement de journées de l'audition.

##### a) La Journée Nationale de l'Audition (JNA):



La JNA est une association qui a fêté ses 17 années le jeudi 13 mars 2014 lors de sa 17<sup>e</sup> édition. Elle a pour objectifs :

- la prévention,
- la diffusion d'informations dans le domaine de l'audition.

Elle se déroule chaque année lors du deuxième jeudi du mois de mars. Elle permet de réunir l'ensemble des acteurs de l'audition tels que les médecins ORL, les audioprothésistes, les orthophonistes ainsi que les associations de malentendants.

Le but est de prévenir des risques auditifs en mettant en place différentes actions :

- un contrôle de l'audition,
- des conférences,
- des expositions,
- des explications détaillées et des conseils sur les différentes protections individuelles existantes,
- des remises de guides pratiques d'informations,
- et des essais d'appareillages.

L'ensemble de ces actions est gratuit.

Le message de la campagne 2014 est : « on est fait pour s'entendre ». Malgré le fait que de plus en plus de personnes se sentent concernées par l'état de leur audition, seulement un français sur deux a déjà testé son audition, soit la moitié de la population qui n'a encore jamais été la tester une seule fois. En effet, les troubles de l'audition ne se voient pas, et nous pouvons vivre avec durant de nombreuses années grâce à des mécanismes de compensation. Le fait de repousser encore et toujours la réalité, finit par provoquer une surdité plus importante et plus difficile à corriger, un retrait social ainsi qu'une diminution des capacités cognitives puisque celles-ci ne sont plus stimulées ; Comme le dit le président de l'association, Jean Stanko : « *Nos oreilles sont les portes sur le monde sonore mais ces portes sont fragiles et ne peuvent se changer* » [26].

#### **b) Les différentes enquêtes**

Que ce soit en boîtes de nuit, dans les salles de concerts ou avec des baladeurs MP3, l'exposition des adolescents et des jeunes adultes à la musique d'intensité sonore élevée est omniprésent. L'utilisation du MP3 s'est généralisée, en particulier dans les transports en commun.

D'après les données du Baromètre santé environnement de l'INPES (2007) [27], parmi les 18-25 ans, un jeune sur dix déclare écouter régulièrement son baladeur à un volume sonore élevé. D'après cette même enquête, plus de huit jeunes sur dix (81,1%) déclarent avoir été au moins une fois exposés à un volume sonore élevé lors d'un concert, en discothèque ou encore en jouant de la musique durant ces douze derniers mois. En 2007, les données du ministère de la culture montraient que 41% des jeunes de 15 à 30 ans s'étaient rendus à un concert au cours des douze derniers mois.

L'étude menée en 2006 par la JNA montre que la quasi-totalité des jeunes de 15 à 30 ans sait que l'exposition intensive à de la musique forte peut porter atteinte à l'audition. La majorité déclare d'ailleurs avoir déjà souffert de troubles auditifs temporaires : 57 % des personnes interrogées ont déjà ressenti des troubles ou des effets sur leur audition à la sortie d'un concert ou d'une discothèque comme par exemple la présence d'acouphènes [28].

Pour autant, peu de comportements préventifs sont mis en œuvre par les plus jeunes. Ainsi, parmi les 18-25 ans qui affirment avoir été exposés à un volume sonore important, seuls 7,5% déclarent avoir utilisé des protections auditives et 5,1 % s'être éloignés des sources de bruit comme les haut-parleurs par exemple.

Quelle est la raison de ce manque de précaution chez les sujets, quel que soit leur âge ?

Un certain nombre d'idées fausses sont encore ancrées, en particulier sur le caractère immédiat et irréversible des effets sur l'audition :

- les effets sont toujours temporaires : « après un concert on peut avoir des bourdonnements mais ça passe toujours après un certain temps »  
FAUX : Une exposition sonore particulièrement intense peut déclencher instantanément un acouphène qui peut rester à vie.
- Les effets *graves* ne sont pas immédiats : « les problèmes arriveront quand on sera vieux ».  
VRAI : L'audition se dégrade naturellement avec l'âge.  
FAUX : La durée d'exposition comme son intensité peuvent provoquer un traumatisme sonore et ainsi entraîner une surdité brusque et immédiate. Celle-ci peut être irréversible.
- L'oreille s'habitue : « Au début, ça a du faire ça une ou deux fois, après, c'est passé »  
FAUX : Ce n'est pas l'oreille qui s'habitue mais le cerveau qui apprécie la musique à un niveau sonore élevé avec parfois des sensations corporelles. Le seuil de danger se situe à 85 dB et le seuil de douleur à 120 dB.  
VRAI : Nous verrons dans une troisième partie que la tolérance des sons forts tend à s'améliorer avec le temps.
- Ce sont uniquement les professionnels de la musique qui sont à risque : « c'est risqué pour les professionnels de la musique, ceux qui sont tout le temps dedans »  
FAUX : Ecouter de la musique très fort reste un risque, même si c'est occasionnel.

### c) Les actions de sensibilisation

Dans le cadre du plan national santé-environnement dont l'action 38 vise à protéger les adolescents des risques dus à la musique amplifiée, les Ministères de la santé, de la jeunesse, des sports, de la vie associative, et de l'éducation pour la santé lancent une campagne à destination des 13-25 ans sur les risques auditifs liés à la musique amplifiée [29].

La campagne illustre le rapport entre la dégradation du capital auditif et la qualité de la musique, à travers la signature : « À FORCE D'ÉCOUTER LA MUSIQUE TROP FORT, ON FINIT PAR L'ENTENDRE À MOITIÉ »

#### ○ *Trois spots radio ont été transmis :*

Trois spots de 30 secondes ont été diffusés du 25 octobre au 12 novembre 2013 sur les principales radios musicales jeunes et le réseau des indépendants. Chacun met en scène une situation d'écoute à risque différente (écoute du baladeur, discothèque, concert), dans trois ambiances musicales représentatives des genres écoutés par les jeunes (pop-rock-ra-électro-hip hop). Les spots illustrent le rapport entre la dégradation auditive et la dégradation de la musique.

La musique entendue au début de chaque spot se dégrade petit à petit, jusqu'à devenir un sifflement désagréable, comme un acouphène. Ces spots visent à faire entendre aux jeunes la manière dont ils percevront la musique s'ils souffrent de pertes auditives et d'acouphènes.

En centre auditif, nous pouvons réaliser ce genre d'expérience grâce au logiciel **visible speech** qui permet de faire prendre conscience à l'entourage du patient de ses difficultés. La signature de la campagne « A force d'écouter la musique trop fort, on finit par l'entendre à moitié » résume la dégradation du son que l'auteur vient d'entendre. Chaque spot est conclu par une recommandation liée à la situation, permettant d'adopter un comportement responsable.

#### **Message du spot « concert »**

Un groupe de rock joue en live dans une salle de concert. Brutalement la musique s'altère jusqu'à devenir inaudible.

Voix off : « A force d'écouter la musique trop fort, on finit par l'entendre à moitié » ; « en concert, pensez à vos oreilles. Eloignez- vous des enceintes et portez des bouchons. Renseignez-vous sur [ecoute-ton-oreille.com](http://ecoute-ton-oreille.com) »

#### **Message du spot « baladeur »**

Un rappeur chante à travers les écouteurs d'un baladeur. Brutalement la musique s'altère jusqu'à devenir inaudible.

Voix off : « A force d'écouter la musique trop fort, on finit par l'entendre à moitié » ; « avec votre baladeur, pensez à vos oreilles. Limitez le volume et la durée d'écoute. Renseignez-vous sur [écoute-ton-oreille.com](http://ecoute-ton-oreille.com) ».

#### **Message du spot « discothèque »**

Une discothèque diffuse de la musique électro/disco. Brutalement la musique s'altère jusqu'à devenir inaudible.

Voix off : « A force d'écouter la musique trop fort, on finit par l'entendre à moitié » ; « en discothèque, pensez à vos oreilles. Faites des pauses régulièrement. Renseignez-vous sur [écoute-ton-oreille.com](http://ecoute-ton-oreille.com) ».

#### *○ Un site internet :*

Le site internet, [www.ecoute-ton-oreille.com](http://www.ecoute-ton-oreille.com) a été mis en ligne le 25 octobre 2013. Il met à la disposition des internautes des informations sur l'anatomie de l'oreille, les risques auditifs liés à l'écoute des sons forts ainsi que les moyens de prévention. Il propose également un quiz pour mettre fin aux idées reçues, et répond aux questions fréquemment posées sur le sujet. Les internautes peuvent également laisser leurs témoignages ou même commander des brochures d'informations en ligne.

Le site est promu par les spots radio, mais également par une campagne de bannières à partir du 27 octobre 2013 sur les sites de sorties (concerts et soirées), les sites de téléchargement ou encore les sites d'écoute de musique en ligne.

#### *○ Une brochure d'information pour les salles de concert et les discothèques :*

Une brochure d'informations fait le point sur les risques et rappelle les principaux conseils pour préserver son audition. Outre des informations sur les gestes de prévention, présentes sous forme de pictogrammes, elle donne des repères sur les

lésions auditives, les niveaux sonores auxquels les jeunes peuvent être exposés et les symptômes à surveiller pour prévenir les lésions. La brochure a été tirée à un million d'exemplaires et a été diffusée à partir du mois de novembre 2013 dans les salles de concert et les discothèques et via l'association AGISSON (AGIr pour une bonne gestion SONore).

Afin de donner à chacun les moyens d'adopter un comportement responsable, chaque recommandation liée à l'écoute de musique amplifiée a été représentée de manière symbolique par des pictogrammes: contrôle du volume sonore, limitation de la durée d'écoute, gestes préventifs dans les lieux de musique amplifiée...

Ces pictogrammes vont ainsi permettre une meilleure appropriation et mémorisation des messages de prévention.

○ *Une opération de mobilisation des radios musicales et des artistes :*

Un concert de mobilisation autour de la prévention des risques auditifs a été organisé le 15 décembre 2013, en présence de nombreux artistes. Ce concert a permis de relayer les messages préventifs liés à l'écoute de forte intensité. Chaque artiste a enregistré un message audio et vidéo sur la prévention des risques auditifs. Ces messages ont été rediffusés en radio.

**d) Organismes s'occupant de la lutte contre le bruit : [30]**

- *C.N.B=Conseil National du Bruit* : c'est un organisme consultatif placé auprès du Ministre chargé de l'environnement. Le président est nommé pour trois ans par le ministre. Sa composition est déterminée par le décret n°82-538 du 7 juin 1982 et comprend 62 membres dont des représentants des ministères, des élus locaux et nationaux, des représentants d'organismes d'employeurs et professionnels ainsi que des représentants d'associations. Tous sont bénévoles.
- *La mission bruit* : cette mission est rattachée au Directeur de la Prévention des pollutions et des risques (D.P.P.R) mais il existe, bien sûr, un lien privilégié entre la C.N.B et la Mission du bruit puisque cette dernière se fait souvent l'écho des travaux du C.N.B
- *C.I.D.B=Centre d'Information et de Documentation sur le Bruit* : Association loi 1901 créée sur l'initiative du ministère de l'environnement en 1978. Ce centre regroupe environ 1000 organismes publics ou privés intervenant dans la lutte contre le bruit. Son but est d'informer, de documenter, de faire des publications régulières. Il possède une bibliothèque de 11000 ouvrages.
- *Les D.R.I.R.E=Direction Régionale de l'Industrie de la Recherche et de l'Environnement* : elles sont chargées de contrôler les installations classées pour la protection de l'environnement.
- *Les D.D.A.S.S=Direction Départementale des Affaires Sanitaires et Sociales* : elles interviennent dans l'application des différentes réglementations surtout pour le compte des communes qui n'ont pas de service d'hygiène. Chaque plainte est étudiée au cas par cas. Une intervention se fait aussi au niveau des collectivités

particulières (mesures sonores à l'école et dans les établissements sanitaires et sociaux).

- *Les pôles de compétence bruit* : il s'agit d'une structure récente, horizontale si l'on peut dire, tenant sous l'autorité d'une même personne chargée d'animer et de coordonner les services de l'Etat du département dans la lutte contre le bruit, donc de faire travailler entre elles les différentes structures réparties dans une multitude d'organismes.
- *Différentes associations de défense des victimes du bruit ont vu le jour dont par exemple :*
  - C.N.A.B = Comité National d'Action contre le Bruit,
  - A.D.T.V = Association de Défense des victimes de Trouble de Voisinage,
  - S.O.S BRUIT,
  - L.F.C.B = Ligue Française Contre le Bruit.

#### e) Moyens de prévention

Les moyens les plus souvent utilisés surtout dans le secteur professionnel sont les protections individuelles. Nous allons les étudier plus en détail dans la partie audioprothétique.

Il existe également des moyens plus simples si le patient ne possède pas de protections individuelles, même si l'efficacité est moindre :

- pour les utilisateurs de baladeurs :
  - régler le volume sonore à la moitié du volume maximum,
  - ne pas chercher à couvrir les bruits extérieurs et éviter de régler le volume dans un environnement sonore élevé,
  - utiliser les casques ou écouteurs fournis avec l'appareil car ils garantissent un volume sonore maximum de 100 dB,
  - limiter la durée d'écoute.
- en concert ou en discothèque :
  - s'éloigner des enceintes,
  - faire des pauses de 30 minutes toutes les deux heures ou 10 minutes toutes les 45 minutes,
  - porter des protections auditives telles que des bouchons moulés ou prémoulés,
  - attention aux prises d'alcool et de médicaments qui peuvent déformer la perception auditive et atténuer la sensation de douleur en cas d'écoute de musique d'intensité importante.

De plus, afin de lutter contre le bruit et les nuisances sonores, il est aussi possible d'utiliser des moyens acoustiques.

## f) Éléments acoustiques

Le problème de la limitation du bruit ne peut se concevoir que si l'on traite des trois aspects que constituent la source de bruit, le mode de propagation et la nature du récepteur.

- La limitation du bruit à la source est la plupart du temps du ressort du constructeur s'il s'agit d'une machine, d'un outil, d'un appareil, d'un véhicule ou de quelque objet susceptible de faire un bruit en fonctionnant.  
Agir sur la source de bruit, c'est à dire le plus souvent sur la machine, est le moyen le plus efficace de lutter contre le bruit sur les lieux de travail. Néanmoins, c'est aussi le plus rarement mis en place car :
  - il est parfois techniquement difficile,
  - il demande parfois la collaboration du constructeur de la machine.

Cependant, des solutions simples existent :

- une affaire d'ingéniosité : l'emploi de lames de caoutchouc permettant de freiner la chute d'objets dans un obstacle réduit fortement le bruit de choc,
- Un changement de technologie qui n'affecte ni les cadences, ni le prix de revient : le rivetage par pression, presque silencieux, qui remplace le rivetage par choc, très bruyant,
- Des matériaux nouveaux : l'emploi de tôles amorties pour les structures métalliques d'une machine permet de réduire l'émission sonore due aux vibrations internes,
- Des dispositifs spécifiques tels que les silencieux d'échappement ou d'écoulement.

Lors de l'achat d'une machine ou d'un outil bruyant, il faut prendre en compte la protection des travailleurs. Il faut en particulier préciser dans le cahier des charges que le niveau de bruit doit être aussi bas que techniquement possible.

- Les actions sur le récepteur sont également assez limitées. Sur les lieux de travail, elles relèvent du port d'équipements de protections individuelles (EPI) adaptées (bouchons d'oreille, casques antibruits). Ailleurs, elles peuvent concerner des actions comportementales volontaires comme baisser le niveau d'écoute d'un baladeur, porter des protections au cours de certains concerts bruyants, pour jouer de la musique ou pour bricoler chez soi... Il est bien évident que l'on ne peut guère proposer de tels équipements pour lutter contre les niveaux excessifs de bruit des avions quand on habite à proximité d'un aéroport, des trains si l'on est près d'une ligne ferroviaire grande vitesse ou des voitures et camions si l'on côtoie une autoroute.
- C'est en fait et surtout sur le plan de la propagation que l'on peut agir parfois pour lutter contre les bruits importants et gênants. Si les moyens d'agir sur la propagation sont assez nombreux et variés, il arrive souvent, malheureusement, qu'ils soient difficiles à mettre en place, soit techniquement, soit financièrement.  
Du point de vue de la propagation, il est nécessaire de distinguer entre :
  - les bruits aériens qui, dès le départ, provoquent un ébranlement de l'air autour de la source de bruit,



- les bruits d'impact qui ont leur origine dans l'excitation directe d'une paroi par une force. On parle de conduction solide ou de propagation solidienne.

Afin de réduire la propagation du bruit, plusieurs procédés sont mis en œuvre [31], [32] :

- **l'éloignement** : dans certains cas, on peut éloigner les travailleurs des zones les plus bruyantes, au moins pendant une partie de leur journée de travail. En effet, le niveau de bruit baisse avec l'éloignement, surtout en cas de travail à l'extérieur ou si les parois absorbent efficacement les sons. On peut faire aussi tourner les travailleurs entre des postes bruyants et non bruyants ou déplacer les équipements bruyants.  
Le niveau sonore en champ libre diminue de 6 dB par doublement de la distance ( $r_2=2r_1$  donc on a :  $L_1-L_2= 10 \log 4 = 6 \text{ dB}$ ). Il dépend également de la constante du local  $\sigma$  (plus il est petit, plus le local est réverbérant) et diminue ainsi moins rapidement en fonction de la distance source-récepteur pour converger vers une valeur constante qui correspond au champ diffus.
- **Le traitement acoustique du local** : on peut revêtir les parois du local : le plafond, les murs, les cloisons et le sol, d'un matériau possédant la propriété d'absorber fortement le son. L'efficacité de cette technique est cependant limitée aux zones éloignées des sources sonores. Elle ne permet donc pas de réduire le bruit aux postes de travail de machines bruyantes.
- **Le cloisonnement des machines** : cloisonner, c'est séparer l'ensemble des sources de bruit des opérateurs par la mise en place d'une paroi hermétique.
- **Les encoffrements de machines** : c'est une structure enveloppant une source sonore, souvent une machine, qui permet de protéger du bruit. En effet, le bruit est le plus souvent dû aux vibrations de la machine elle-même. Il est donc important que les parois de la machine ne soit pas en contact avec l'encoffrement sinon, il deviendra lui-même une nouvelle source de bruit. Un encoffrement bien réalisé permet de faire diminuer le niveau sonore de 10 à 20 dB suivant les cas.
- **Les écrans acoustiques** : la réduction du niveau sonore apportée par l'écran à quelques mètres derrière lui n'excède jamais quelques décibels et n'atteint 6 dB (A) que si le local a été préalablement rendu absorbant par un traitement acoustique de ses parois. Les boîtes formées par 3 écrans permettent d'isoler des postes de travail bruyants, surtout s'ils sont associés à un traitement acoustique du plafond. Ils sont essentiellement utilisés lorsqu'il est impossible de cloisonner les machines. L'efficacité de ces écrans sera d'autant plus grande que ces écrans seront épais et absorbants.

- **Les cabines insonorisées :** elles permettent d'isoler les opérateurs à l'intérieur d'un environnement industriel très bruyant. Elles sont obligatoires à la création d'un centre auditif afin de réaliser tous les tests auditifs nécessaires auprès des patients. Les performances de ces cabines dépendent du traitement des entrées et des sorties et de la réverbération interne ainsi que de l'atténuation acoustique des parois. L'utilisation de faux plafonds absorbants, du doublage de la toiture par l'extérieur, de parois doublées, de vitrages épaissis et rendus dissymétriques permet d'augmenter l'isolement et de diminuer le niveau de réverbération ainsi que le niveau de bruit résiduel interne.

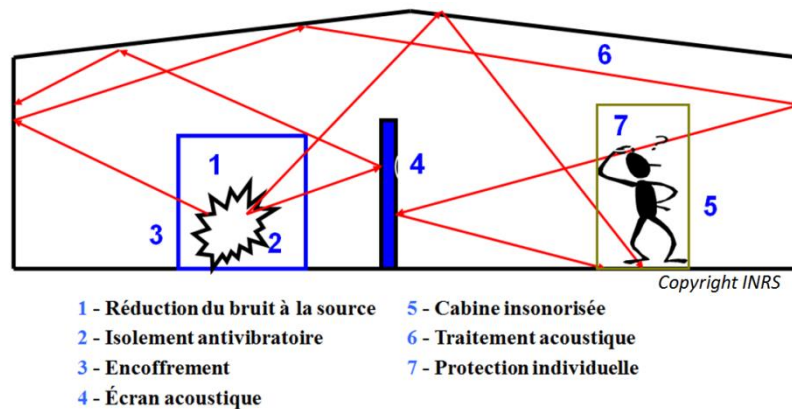


Illustration 21: solutions de traitement acoustique en milieu industriel [33]

## 2. La législation



Illustration 22: Dessin caricatural du bruit [34]

### a) Protection des travailleurs

La législation relative à la prévention des sons forts et du bruit en milieu de travail repose sur la directive européenne n°2003/10/CE du 6 février 2003. Ce texte fixe des prescriptions minimales en matière de protection des travailleurs contre les risques pour leur santé et leur sécurité résultants ou susceptibles de résulter d'une exposition sonore intense, notamment le risque pour l'ouïe. Cette directive a été transposée en droit français par le décret n°2006-892 du 19 Juillet 2006 ; relatif aux prescriptions de sécurité et de santé applicables en cas d'exposition des travailleurs aux risques dus au bruit. Ce décret abroge les articles R 232-8 à R 232-8-7 du code du travail, qui concernaient la prévention des risques dus au bruit, et crée une nouvelle section intitulée « prévention du risque d'exposition au bruit » dans le code du travail (articles R 231-125 à R 231-135). Par rapport aux dispositions jusqu'alors en vigueur avant la publication de ce décret, maintenant obsolètes, les principales nouveautés introduites par le décret sont :

- le contenu des mesures de protection collective obligatoires,
- l'évaluation des risques liés au bruit,
- l'introduction de valeurs limites d'exposition,
- l'abaissement des seuils d'exposition déclenchant des actions de prévention [35], [36], [37].

Seuils	Actions (de l'employeur)
<b>Lex,d= 80 dB(A) pendant 8h</b> Valeur crête : <b>Lpc = 135 dB (C) ou 112 Pa</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>o mise à disposition d'équipements de protections individuelles (EPI)</li> <li>o informations sur les EPI ainsi que sur les risques des sons forts sur l'audition et la santé</li> </ul>
<b>Lex,d= 85 dB (A) pendant 8h</b> Valeur crête : <b>Lpc = 137 dB (C) ou 140 Pa</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>o Obligation du port des EPI</li> <li>o Contrôle audiométrique des employés par le médecin du travail</li> <li>o Mise en place d'un programme de mesures techniques visant à réduire le niveau d'exposition, à signaler les zones à risques et à limiter l'accès de ces zones</li> </ul>
<b>Lex,d= 87 dB (A) pendant 8h</b> Valeur crête : <b>Lpc = 140 dB (C) ou 200 Pa</b> Il s'agit des valeurs limites d'exposition (VLE)	<ul style="list-style-type: none"> <li>o Prendre des mesures pour réduire l'exposition</li> <li>o Déterminer les causes de cette exposition excessive</li> <li>o Adapter les mesures de protection et de prévention</li> <li>o Arrêt de l'activité industrielle (si on dépasse la VLE)</li> </ul>

Tableau 2: Actions réalisées par l'employeur en fonction des différents niveaux d'exposition sonores [35], [36], [37]

## b) Nuisances sonores et environnement

### ❖ Les bruits de la circulation automobile/ transports terrestres

Plusieurs textes ont été mis en œuvre sur le thème de la prévention des risques sonores.

Circulaire n° 97-110 du 12/12/97 relative à la prise en compte du bruit dans la construction de routes nouvelles ou l'aménagement de routes existantes du réseau national [38].

(BO Ministère de l'Équipement n° 331-98/7 du 25 avril 1998)

La réglementation relative au bruit routier a évolué fortement, avec l'adoption de la loi relative à la lutte contre le bruit du 31 décembre 1992 et l'entrée en vigueur de ses textes d'application.

Ces textes, comme ceux de 1978 (circulaire 78-43 du 7 mars 1978) et de 1983, sont organisés pour couvrir deux types de situations :

- la construction d'infrastructures routières nouvelles ou transformation d'infrastructures existantes : le décret n° 95-22 du 9 janvier 1995, pris en application de l'article 12 de la loi et l'arrêté du 5 mai 1995 relatif au bruit des infrastructures routières, précisent les règles à appliquer par les maîtres d'ouvrage lors de la construction de voies nouvelles ou l'aménagement de voies existantes,
- la construction de bâtiments à proximité de voies routières existantes : le décret n° 95-21 du 9 janvier 1995, pris en application de l'article 13 de la loi bruit, et les arrêtés du 9 janvier 1995 et du 30 mai 1996 précisent les règles à appliquer pour le classement des voies et les spécifications à respecter par les constructeurs, pour la protection, respectivement, des locaux scolaires et des bâtiments d'habitation qui seront implantés dans des zones exposées au bruit.

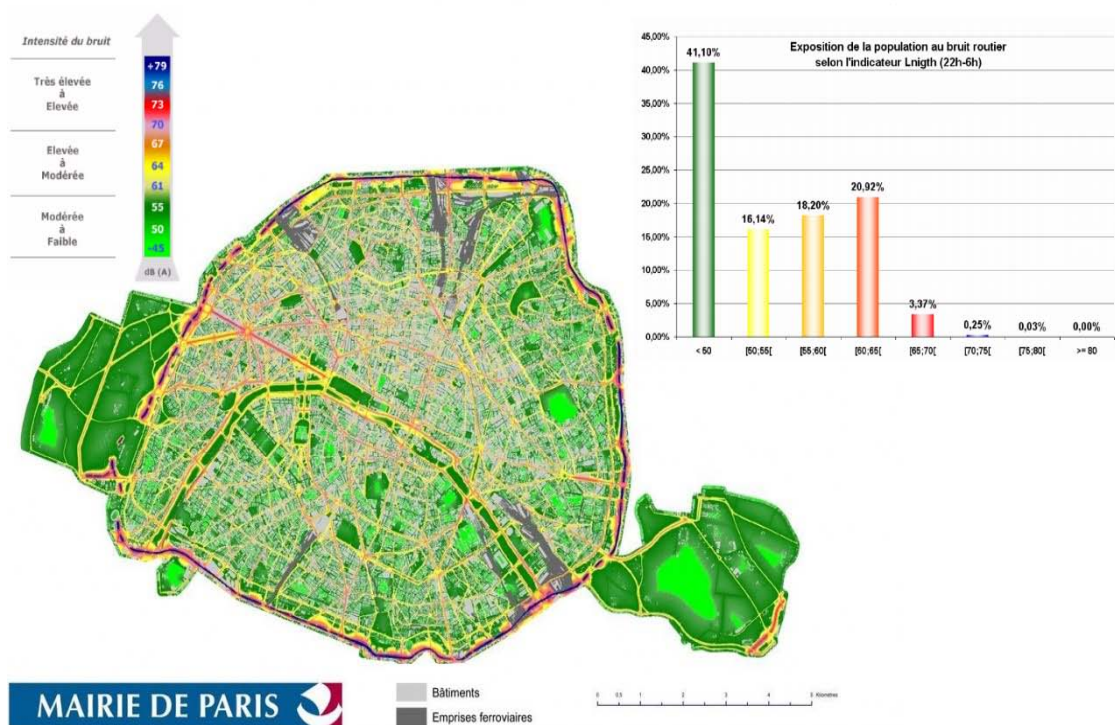


Illustration 23: Cartographie du bruit routier de Paris de 22h à 6h [39]

#### ❖ Les bruits dus aux avions

Les avions sont à la fois des sources sonores de puissance acoustique élevée et pour lesquelles les conditions de propagation des ondes sonores sont favorables. Ce sont deux raisons au moins qui permettent de comprendre pourquoi le bruit des avions est souvent extrêmement gênant.

Du fait de leur déplacement et de l'effet Doppler, la forme du spectre de bruit varie, et, en particulier, le maximum de pression acoustique n'est pas atteint, au même moment, pour toutes les bandes de fréquence.

Pour des raisons de simplification, il est souvent intéressant de ne se préoccuper que de quelques critères de quantification des bruits d'avion :

- la durée pendant laquelle le bruit de l'avion émerge du bruit ambiant,
- la valeur maximale de pression acoustique,
- le spectre par bande de fréquence,
- et le spectre en temps réel.

Lorsque l'on se trouve à proximité d'un aéroport, ce qui apparaît très important, c'est la répartition du trafic au moins autant que le bruit plus ou moins fort de tel ou tel type d'aéronef ou même la différence de gêne produite par un avion à hélice ou un biréacteur (éventuellement, pour des niveaux de pression acoustique équivalents).

On définit un indice *Ip* ou *indice psophique* qui correspond à des courbes d'égale gêne sonore :

- L'indice psophique (indice d'exposition au bruit) doit représenter un indicateur de gêne pour les riverains des aéroports, et donc le niveau de gêne ressentie doit varier en fonction des valeurs de l'indice psophique avec un bon coefficient de corrélation associé,
- L'indice psophique doit être représentatif de la gêne sur une surface importante autour des plates-formes aéroportuaires. Il doit donc intégrer les lois d'atténuation du bruit produit par les avions (distances, atmosphère, effet de sol...) de façon à avoir une homogénéité de corrélation indice psophique/gêne quelle que soit la position du riverain autour de l'aéroport,
- L'indice psophique n'a pas pour but de décrire un événement particulier, mais de caractériser une situation moyenne prévue dans un avenir plus ou moins lointain.

Le trafic de nuit est considéré comme 10 fois plus gênant que le trafic de jour. Le nombre de mouvements de nuit est donc pondéré par un facteur 10 [40].

#### ❖ Les lieux de musique amplifiée/ baladeurs

Le décret « lieux musicaux » du 15 décembre 1998 vise à la fois à préserver l'audition du public des lieux diffusant de la musique amplifiée et à limiter le niveau d'émergence (ou fuite de bruit à l'extérieur). Il limite le niveau sonore dans ces lieux à 105 dB<sub>A</sub> en niveau moyen et 120 dB<sub>C</sub> en niveau crête. Le niveau d'émergence, lui, ne doit pas dépasser 3 ou 5 dB<sub>A</sub> selon les cas. Les discothèques, les salles de concert, les piano-bar, les karaokés sont concernés par ce décret.

Le Conseil Supérieur d'Hygiène Publique de France, dans un avis du 4 avril 1996 relatif aux baladeurs, a estimé que : « parmi les appareils, seuls ceux qui sont limités à un niveau sonore de 85 dB<sub>A</sub> peuvent être considérés comme ne présentant qu'un risque auditif très faible. Au-delà d'un niveau sonore maximal de 105 dB<sub>A</sub>, les risques sont élevés ».

Les textes d'application de la loi ont permis l'introduction dans le code de la santé publique d'un article. L 5232-1 du Code de la Santé Publique : « les baladeurs musicaux vendus sur le marché français ne peuvent excéder une puissance sonore maximale de sortie correspondant à une pression acoustique de 100 dB SPL. Ils doivent porter un message de caractère sanitaire précisant que, à pleine puissance, l'écoute prolongée du

baladeur peut endommager l'oreille de l'utilisateur ou sous la forme d'un pictogramme. Les baladeurs musicaux qui ne sont pas conformes à ces dispositions ne peuvent être commercialisés en France ».

## II. Conséquences d'une prise en charge inadaptée des sons forts

Dire que les sons forts rendent sourd, est devenu une banalité. À tel point, que les récalcitrants au port de toute protection, réagissent de la même façon que les fumeurs : « on sait mais ça nous est égal ». Il semble donc que l'évocation de la détérioration de l'ouïe ne soit pas toujours la bonne approche. Il faut donc mettre en évidence les effets physiologiques du bruit de forte intensité pour capter leur attention. Nous savons aujourd'hui que ces effets atteignent le système nerveux central, le système cardio vasculaire, la vision, etc.

Nous nous sommes rendu compte que les travailleurs exposés au bruit étaient très réceptifs quand nous évoquions les effets extra auditifs des bruits forts. Parmi eux, il en existe un qui est perçu quotidiennement par ces personnes ; c'est l'irritabilité. La simple évocation de ce mot fait réagir positivement nos interlocuteurs. Que ce soit dans les cadres professionnels ou familiaux, les témoignages ne manquent pas. La simple prise de conscience que le bruit irrite, participe à une franche amélioration du taux de port des protecteurs auditifs.



Illustration 24: Affiche de Prévention contre le bruit [41]

### 1. Effets extra auditifs [21]

Comme c'est le cas pour tout message sensitif ou sensoriel, l'influx, né dans la cochlée suit :

- d'une part sa voie spécifique, auditive, jusqu'au néocortex auditif,
- d'autre part des voies indirectes, non spécifiques, qui par des collatérales de la voie directe vont mettre en jeu essentiellement trois grandes structures :
  - le système nerveux autonome,
  - le système réticulaire, impliqué dans le niveau d'éveil des centres supérieurs et dans les qualités agréables ou désagréables des perceptions sensorielles,
  - les centres supérieurs corticaux et infracorticaux, sièges des activités conscientes et cognitives qui interviennent dans la réalisation des tâches mentales et motrices.



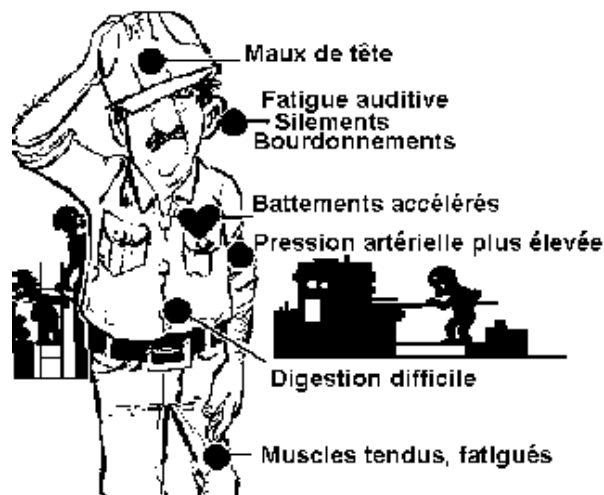


Illustration 25: Dessin représentant les effets du bruit sur l'organisme [42]

#### a) Les effets somatiques [43], [44]

Ils ont été étudiés en laboratoire par de nombreuses équipes avec des protocoles qui varient souvent (durée d'exposition, caractères des bruits et ceci explique en partie les divergences des résultats sur certains points).

Cependant, malgré cette disparité de tests, les modifications et perturbations somatiques les plus souvent décrites sont :

- une vasoconstriction périphérique,
- une légère augmentation du rythme cardiaque,
- une légère élévation de la pression artérielle,
- un ralentissement et une augmentation d'amplitude de la respiration,
- une diminution des sécrétions digestives et de la motricité intestinale,
- une augmentation des taux sanguins des marqueurs de stress que sont les catécholamines et le cortisol.

Ces effets sont d'autant plus marqués chez un sujet donné que le son est plus intense. Ils diminuent ou disparaissent si la stimulation sonore s'arrête ou à l'inverse se prolonge. La présence de stress chez les ouvriers par exemple, accentue ces perturbations.

#### b) Les effets psychiques [45], [46]

C'est un vaste sujet qui a fait couler beaucoup d'encre, et chacun d'entre nous a son idée ou son impression sur l'effet agréable ou désagréable de tel ou tel son fort. En effet, cette sensation est très subjective d'un patient à l'autre.

##### ❖ *Le modèle de l'éveil*

A l'état de veille, chacun aurait selon les heures et l'impact de l'environnement sur le système neurovégétatif, la rétículo, et les aires corticales et sous corticales, un niveau d'éveil plus ou moins important. A chaque type de tâche correspondrait un niveau d'éveil optimal. Ainsi le bruit en modifiant le niveau d'éveil pourrait avoir un effet positif en amenant le sujet au niveau d'éveil optimum pour l'exécution de la tâche considérée,

ou un effet négatif en provoquant un état d'éveil trop important. L'inconvénient de ce modèle est qu'il n'existe pas de critère chiffrable du niveau d'éveil.

#### ❖ *Le modèle de la surcharge d'informations*

Il part du principe que les capacités de traitement de l'information sont limitées. En cas d'excès, l'attention se focalisera sur les éléments apparaissant les plus importants au sujet au détriment des autres. Plus grand sera l'effort pour s'adapter au facteur de stress, ici le bruit fort, moins grande sera la capacité pour faire autre chose. Ceci entraîne une fatigue qui, elle-même, vient altérer l'exécution de la tâche. Dans ce modèle, un bruit imprévu, irrégulier, subit, sera plus gênant qu'un bruit régulier, prévisible ou encore provoqué par le sujet, quelle que soit son intensité ou ses caractéristiques spectrales. L'inconvénient de ce modèle est la grande variabilité interindividuelle des limites de capacité de traitement des informations.

Ces deux modèles ne rendent pas compte du caractère subjectif de l'appréhension du stress sonore, ni des stratégies élaborées par les sujets pour s'adapter aux situations.

Ainsi dans la littérature, on soutient que le bruit est susceptible :

- d'interférer avec des signaux utiles à l'exécution d'une tâche,
- de distraire le sujet de son travail,
- d'élever le niveau d'éveil au-dessus du niveau optimal et d'entraîner une détérioration des performances,
- Ou au contraire permettre d'atteindre un seuil optimal d'éveil et donc de faciliter les performances,
- De créer un sentiment de gêne si l'individu juge qu'il est nocif pour son travail,
- D'engendrer une irritation ou une colère si le bruit est jugé incontrôlable.

Des études ont également été faites dans les écoles sur les effets du bruit (écoles bruyantes ou non) sur les performances des élèves. Les tâches simples : copie, dénombrement, semblent peu ou pas altérées alors que les tâches complexes comme la résolution de problèmes semblent très perturbées.

#### **c) Les effets sur le sommeil**

Les agressions sonores, même en période de sommeil sont graves car c'est pendant cette période réparatrice que le système nerveux doit retrouver son équilibre. Qu'ils soient consciemment ou inconsciemment perçus, les bruits suivent un cycle complet dans notre système nerveux. Ce cheminement inconscient des bruits dans notre organisme peut l'affecter intimement. Cela est particulièrement grave pour ceux qui doivent, du fait de leurs conditions de travail, dormir le jour.

Si cette récupération et si le sommeil sont compromis, les effets du bruit vont s'accumuler d'un jour sur l'autre et à défaut d'avoir pu trouver un équilibre entre les agressions sonores, la tension nerveuse va s'accroître avec tous les risques que ce stress peut entraîner pour le travailleur et l'être humain en général.

## 2. Effets auditifs

### a) Le traumatisme acoustique

C'est l'effet auditif d'un son de forte intensité le plus facile à mettre en évidence, par un simple audiogramme tonal. C'est un effet pathologique et irréversible dû à l'exposition à des bruits intenses, le plus souvent de façon répétée ou prolongée.

#### ❖ Les Caractères audiométriques

##### ○ Audiométrie tonale au seuil

Initialement, la perte auditive qui cible essentiellement la fréquence 4000 Hz, est modérée, autour de 20 à 30 dB. Si le sujet continue à être exposé à des sons trop importants et surtout sans porter de protections auditives, la perte augmente sur 4000 Hz et gagne progressivement les fréquences voisines, d'abord sur les aigus au-delà de 4000 Hz puis les médiums, pouvant atteindre jusqu'à 500 Hz.

##### ○ Audiométrie Hautes Fréquences HF

L'atteinte des hautes fréquences semble se faire progressivement de 4000 Hz vers les aigus, la courbe audiométrique remontant vers les HF les plus aigües, contrairement à ce que l'on voit dans les atteintes dues à l'âge.

Les otoémissions disparaissent sur les fréquences dont le seuil audiométrique tonal est supérieur à 30 dB.

La recherche du réflexe stapédien objective le recrutement.

Les PEA confirment qu'il s'agit d'une atteinte endocochléaire.

#### ❖ Les signes fonctionnels d'accompagnement

Les acouphènes, fréquents, contribuent à la gêne fonctionnelle et sont parfois même au premier plan des plaintes des patients.

La diplacousie, différence de hauteur perçue par les deux oreilles lorsqu'elles sont stimulées par un signal sonore de même intensité, est surtout gênante dans certaines atteintes unilatérales ou asymétriques (tir, chasse).

#### ❖ Les causes

Il s'agit de l'exposition répétée au bruit ; celle-ci est le plus souvent professionnelle : ouvriers de l'industrie lourde, chaudronniers, tourneurs, menuisiers, professionnels du son, militaires. Elle est parfois liée à certains loisirs : chasse, tir, baladeur, concert et discothèque...

#### ❖ L'évolutivité

A niveau et durée d'exposition égaux, les atteintes auditives varient considérablement d'un sujet à l'autre, témoignant d'une « fragilité » très variable des oreilles selon les individus.

S'il est donc logique de protéger du bruit intense les sujets exposés, et en particulier les sujets déjà atteints, on ne peut être certain que cette protection arrêtera toute évolution chez les sujets fragiles. Ceux-ci restent en effet soumis aux bruits de la vie quotidienne et une certaine évolutivité peut être constatée, même après éviction de la cause du traumatisme. Enfin, toute atteinte stabilisée depuis 15 à 20 jours peut être considérée comme définitive.

#### **b) La surdité professionnelle**

La surdité professionnelle fait partie des maladies professionnelles indemnifiables (tableau n°42 en régime général modifié). Ce tableau justifie quelques remarques :

La définition très précise du déficit minimal retenu, et son mode de calcul, ont été choisis pour refléter la conséquence sociale de la perte auditive. Compte tenu du fait que la marge d'erreur d'une mesure audiométrique peut atteindre 5 dB, le seuil de la perte à partir duquel la réparation pourra intervenir est de 30 dB. Pour la même raison, un écart moyen inférieur à 10 dB peut être admis entre deux audiogrammes requis.

Le délai de trois semaines à un an exigé entre ceux-ci permet de profiter d'une période de vacances pour confirmer la stabilité de l'audiogramme lors de la soustraction au bruit industriel.

La liste des travaux susceptibles de provoquer l'affection est large mais limitative. Le tableau n'exige cependant pas que le travailleur ait lui-même mis le bruit en action ; il suffit qu'il ait été habituellement soumis à ce bruit dans son travail.

Toute atteinte auditive apparemment professionnelle ne répondant pas à l'ensemble des critères exigés au tableau doit être déclarée à l'Inspection du Travail comme maladie à caractère professionnel (Art L 464-6 du Code de la Sécurité Sociale).

La surdité professionnelle, malgré le tableau 42, n'est pas une maladie au sens propre du terme. Elle ressemble étrangement à une adaptation progressive au milieu de vie. L'oreille en devenant sourde permet au sujet de vivre en milieu bruyant sans subir les effets psychopathologiques. Par contre, lorsqu'il est sorti du milieu professionnel, et qu'il se retrouve dans des milieux silencieux, le sujet est désemparé par l'absence de bruit. Sa surdité devient alors gênante, elle est un handicap sur le plan social.

#### **c) La surdité brusque**

Il s'agit d'une surdité de perception, souvent unilatérale, qui survient brutalement chez un sujet en bonne santé. La gravité de la perte varie en fonction des individus. Elle s'installe brutalement en quelques minutes, accompagnée de sifflements d'oreilles encore appelés acouphènes, et parfois de vertiges.

#### **❖ Les signes cliniques**

A l'examen otoscopique, on observe des tympanes parfaitement normaux. L'examen audiométrique montre en revanche une surdité de perception. Enfin l'examen vestibulaire est souvent normal.

### ❖ Les causes

Deux causes sont actuellement privilégiées pour cette pathologie :

- un trouble circulatoire cochléaire : hémorragie, embolie, thrombose, spasme de l'artère cochléaire,
- des infections : virus des oreillons, du zona, de la grippe.

### ❖ Les traitements

Il s'agit d'une urgence médicale. Le patient doit être immédiatement amené à l'hôpital afin de commencer les traitements.

Durant la première semaine, l'ORL prescrit des perfusions de vasodilatateurs (Praxilène) et corticoïdes (Solumédrol).

Un traitement oral de vasodilatateur est prescrit ensuite pendant plusieurs semaines.

La récupération est variable allant de la guérison complète à l'absence totale de récupération, malgré un traitement précoce et bien conduit.

### ❖ Les conséquences socioprofessionnelles

Cette pathologie, provoque chez ces individus un remaniement complet des habitudes de vie.

Certains, plus chanceux, qui ont récupéré toutes leurs facultés auditives vont avoir tendance à utiliser des protections individuelles contre le bruit, diminuer leurs activités dans les milieux sonores voire s'éloigner des sources sonores et vont être les premiers à faire la publicité pour ces protections.

D'autres, moins chanceux, vont se renfermer sur eux même, auront tendance à s'isoler suite au port d'aides auditives. J'ai pu constater la détresse de certains patients touchés par la surdité brusque qui ont perdu leur activité professionnelle. En effet, celles-ci demandaient un seuil auditif de normo-entendant.

## 3. Sur le plan de l'appareillage

### a) Place du bruit dans l'échec d'appareillage

En 2001, une étude sur 141 personnes appareillées, âgées de plus de 60 ans, a démontré que 47% d'entre elles étaient gênées par le bruit qu'elles qualifiaient de trop fort [47] :

- 24% étaient fatiguées,
- 40% étaient énervées et
- 15% avaient des maux de tête consécutivement au port de leurs aides auditives.

### b) Comportement du patient appareillé

Malgré les dernières avancées technologiques, il n'est pas rare que des patients se plaignent de difficultés d'écoute dans le bruit. Le bruit demeure l'ennemi numéro 1 de la prise en charge audioprothétique. On ne parle pas ici de compréhension dans le bruit mais davantage de tolérance au bruit.

Il arrive que le patient fasse part de ces quelques remarques :

- « C'est trop fort»,
- « Cela fait trop de bruit»,
- « Dans la rue, au restaurant, quand beaucoup de personnes parlent, c'est insupportable.»,
- « Je ne peux pas les porter, les appareils me fatiguent».

Le patient a donc « le pouvoir de contrôler cette source sonore en ôtant ses appareils auditifs.

L'audioprothésiste ajuste le gain prothétique et encourage le patient à continuer de les utiliser dans ces milieux bruyants afin d'obtenir une accoutumance accélérée et donc un port permanent.

### **III. D'un point de vue audioprothétique**

#### **1. Anamnèse- questionnaire**

Quelle que soit la situation, la première étape est la prise de renseignements fournis au professionnel par le patient : c'est l'anamnèse. Elle s'effectue donc lors du premier rendez-vous et est essentielle, voire indispensable pour le bon déroulement du suivi. En effet, celle-ci conditionne la relation de confiance primordiale entre le patient et le professionnel de santé. Cette évaluation s'effectue généralement sous la forme d'un dialogue entre l'audioprothésiste et le patient avec un jeu de questions-réponses afin de cibler :

- les antécédents audiolinguistiques,
- les plaintes,
- les attentes,
- ainsi que les motivations du patient.

Trop souvent, les thèmes des sons forts et des habitudes de vie sont partiellement abordés ou survolés, entraînant des difficultés d'adaptation par la suite, voire un échec d'appareillage.

C'est la raison pour laquelle nous avons voulu réaliser dans le cadre de ce mémoire un questionnaire balayant les plaintes et les craintes des sons forts et des bruits que rencontrent nos patients lors de leur quotidien dès le premier contact.

#### **Le Protocole**

##### **a) L'objectif**

L'objectif de ce questionnaire est de cibler les craintes, les plaintes du patient ainsi que ses attentes concernant les bruits et plus particulièrement les sons forts. Les audioprothésistes proposeront la meilleure prise en charge possible, que ce soit dans le type d'aide ou protection choisie ou encore dans les réglages effectués. En effet, doit-on privilégier le confort d'un appareillage ouvert ou l'efficacité, l'intelligibilité et la protection d'un appareillage obturant ? Peut-on combiner protection auditive et appareillage auditif ? Comment doit-on régler le gain des sons forts ou encore le niveau maximal de sortie de l'appareil ? Doit-on axer la majorité du temps sur l'aspect psychologique ou doit-on se focaliser plus sur les réglages ?

##### **b) La population concernée**

Les critères d'inclusions sont très nombreux étant donné que nous avons soumis le questionnaire à tous les patients qui n'étaient pas dans le fichier client et qui prenaient pour la première fois rendez-vous chez un audioprothésiste. En effet, cela comprenait les patients venant chercher des conseils, des réponses à leurs questions ou encore de simples informations.

Les critères d'exclusions concernent donc les patients déjà appareillés venant pour un contrôle ou encore un renouvellement.

En prenant en compte ces différents paramètres, le questionnaire a été testé sur une base de 25 patients avec 11 hommes et 14 femmes.

### c) L'élaboration

Nous avons réalisé une enquête de 18 questions. Ce questionnaire débute avec des questions générales sur la gêne, le type des sons forts et de bruits rencontrés dans le quotidien des patients. Puis, il continue par des interrogations sur une approche plus technique sur la partie psychologique et audioprothétique.

Ce questionnaire permet d'aborder des aspects à la fois psychologiques, sociaux et audiolinguistiques des patients. Il s'agit essentiellement de questions fermées afin de faciliter les réponses des patients. Elles sont en majorité des cas à choix double dont la réponse est oui ou non et certaines à choix multiples et cumulatif principalement concernant les types de bruits.

### d) Les difficultés rencontrées

- Les questions

Avant d'administrer ce questionnaire, ce dernier a été testé sur un groupe de 5 patients afin d'observer leurs réactions, leurs réponses et leur compréhension aux questions. Ces éléments nous ont permis d'adapter au mieux le questionnaire. En effet, nous avons pu constater que des questions ouvertes n'étaient pas adaptées à nos patients et certaines questions demandaient des précisions afin que ces dernières soient claires pour tout le monde. Suite à ce test, nous avons adapté les questions avant d'administrer le questionnaire à nos 25 patients.

- Le moment de l'administration du questionnaire

Chez Amplifon il existe déjà un questionnaire d'informations que le patient doit remplir dans la salle d'attente lors du premier rendez-vous juste avant de rencontrer l'audioprothésiste. Afin de ne pas le lasser par un second questionnaire, nous avons préféré dans un premier temps proposer notre questionnaire à la fin de la séance. Progressivement, le questionnaire fut intégré dans l'anamnèse en début de séance.

- La compréhension des patients

Afin d'obtenir les 25 questionnaires, nous avons dû solliciter de nombreux patients. En effet, cela pouvait demander trop de temps au patient, ou une gêne sachant que le questionnaire était administré par un stagiaire. Afin de limiter ces risques, nous avons décidé de réaliser ce questionnaire sous forme d'anamnèse pendant que nous étions en cabine avec les audioprothésistes.



## e) Les résultats

---

**1 - Etes-vous gêné(e) par les sons forts dans votre quotidien ?**

OUI : 15% - NON : 85%

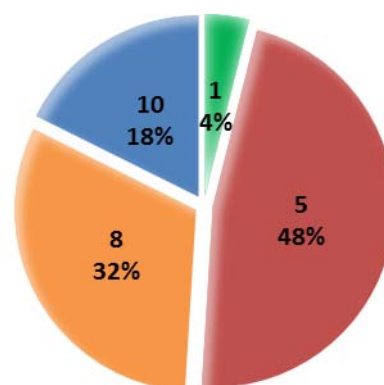
---

**2 - Est-ce supportable ?**

OUI : 96% - NON : 4%

---

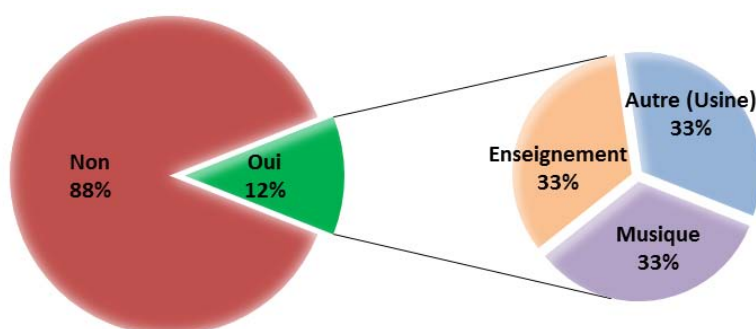
**3 - Sur une échelle de 1 à 10, où se situerait votre acceptation des sons forts ?**



---

**4 - Avez-vous travaillé ou travaillez-vous dans un environnement sonore intense, si oui lequel ?**

**Si oui :**



---

**- Combien de temps par jour ?**

Moins de 3h : 0%

Entre 3h et 6h : 33%

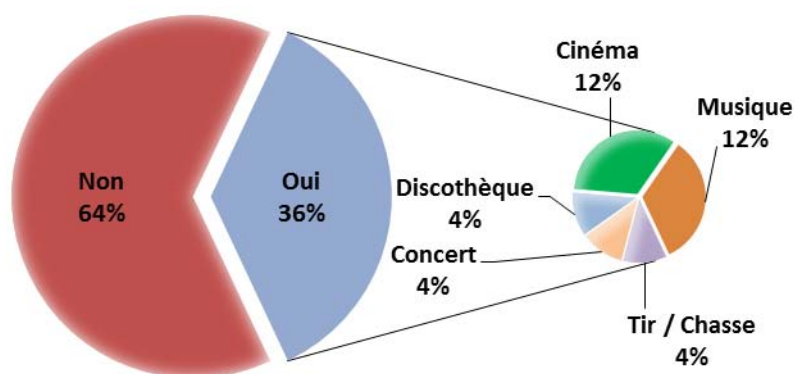
Entre 6h et 9h : 67%

---

**- Utilisez-vous un moyen de protection ?** OUI : 0% - NON : 100%

---

5 - Pratiquez-vous ou avez-vous pratiqué des activités/loisirs en relation avec des milieux sonores importants ?



6 - Si l'on vous propose une activité, pensez-vous tout de suite au bruit que vous aurez à supporter ?

OUI : 0% - NON : 100%

7 - Vous arrive-t-il de refuser des invitations ou des sorties par crainte du bruit que vous aurez à affronter ?

OUI : 0% - NON : 100%

8 - Avez-vous déjà eu des acouphènes (sifflements, bourdonnements) suite à l'écoute de sons forts ?

OUI : 60% - NON : 40%

9 - Quels sont les sons les plus désagréables pour vous ?

Bruit de la rue : 0%  
 Sirènes Pompiers / Police : 80%  
 Restaurant : 52%  
 Vaisselle : 0%  
 Marteau-piqueur : 72%  
 Cris d'enfants : 0%

10 - Quels sont les sons les plus désagréables pour vous ?

Aigus : 24%  
 Graves : 16%  
 Complexes : 60%

11 - Etes-vous plutôt gêné(e) par des sons ?

Impulsionnels : 20%  
 Continus : 80%

12 - Pensez-vous que l'écoute des sons forts a une influence sur votre audition ?

OUI : 100% - NON : 0%

13 - Protégez-vous vos oreilles lors d'une écoute prolongée des sons forts ?

OUI : 0% - NON : 100%

<b>14 – Connaissez-vous des moyens de protection contre les sons forts ?</b>		OUI : 100% - NON : 0%
<b>Si oui :</b>		
- lesquels ?		Casques : 100% Bouchons : 100%
- Par qui les avez-vous connus ?		Audioprothésiste : 0% O.R.L : 0% Amis : 100% Publicité : 100%
<b>15 – Souhaiteriez-vous pouvoir d'intervenir manuellement sur les sons forts ?</b>		OUI : 100% - NON : 0%  Potentiomètre de volume : 100% Télécommande : 100% Programme automatique : 100%
<b>16 – Dans votre entourage, connaissez-vous des gens qui ne supportent pas les aides auditives car les bruits sont trop forts et qu'ils ne les supportent plus ?</b>		OUI : 72% - NON : 28%
<b>17 – Avez-vous des appréhensions concernant le port des aides auditives par rapports à ces sons forts ?</b>		OUI : 20% - NON : 80%
<b>18 – Certains sons forts sont-ils indispensables selon vous ?</b>		OUI : 100% - NON : 0%
<b>Si oui, lesquels :</b>		Les sons d'alertes : Alarme incendie / Alarme maison ou voiture / Alarme des pompiers

#### **f) Analyse**

D'après les réponses aux trois premières questions, on constate que la majorité des patients ne sont pas gênés par les sons forts. Seulement 15% se disent contrariés même s'ils les considèrent pour la majorité, supportables. On peut cependant constater qu'une seule personne trouve insupportable ce genre de sons et place son acceptation à 1 sur une échelle de 1 à 10. On peut donc émettre l'hypothèse que cette personne est hyperacousique. Ces résultats sont à prendre avec discrétion compte tenu de la taille de l'échantillon et du fait que l'appréciation peut être différente entre deux patients pour une même gêne.

Les questions n°4 et n°5 nous donnent des informations sur les conditions de travail des patients ainsi que sur leurs activités passées ou présentes. On observe que seulement 3 personnes sur 25 travaillaient ou travaillent dans des milieux fortement sonores. Les trois professions qui sont concernées dans l'étude sont liées à l'enseignement, à la musique (directeur de discothèques) et un ouvrier qui travaillait dans une usine. Selon les métiers identifiés dans la présente étude, les durées d'exposition sont variables de 3H à 6H concernant le patient travaillant dans le milieu de la musique et de 6 à 9 heures pour les deux autres patients. Ceci signifie qu'ils sont tous exposés durant un temps non négligeable aux sons forts ce qui entraîne une fatigue auditive pouvant provoquer une surdité temporaire ou définitive. En effet, ces individus se trouvent constamment en présence des deux facteurs à éviter :

- durée d'exposition importante,
- et forte intensité sonore.

Ce contexte est favorable pour créer une surdité.

De plus, nous avons pu remarquer que malgré le fait qu'ils étaient ou qu'ils soient exposés quotidiennement à ces sons, ils les trouvent supportables. Ils sont en fait habitués à ces sons qu'ils considèrent comme non dangereux. Nous avons pu constater également qu'aucune protection n'a été mise à disposition pour se protéger de ces sons pour chacun des trois patients, ce qui est légalement puni par la loi.

Plus d'une personne sur trois interrogées reconnaissent avoir participé ou participent encore à des activités en rapport avec des niveaux sonores intenses. Il s'agit principalement du cinéma et de musique forte.

Les questions n°5 et n°6 sont plutôt d'ordre psychologique et social. On constate que toutes les personnes interrogées ne se soucient pas des sons forts lors d'une activité et ne craignent pas ces sons au point de refuser cette activité même pour le patient qu'on a supposé être hyperacousique. On peut émettre l'hypothèse que cette crainte n'est pas présente chez les individus par manque d'informations sur les risques, les conséquences à court terme et à long terme de cette exposition.

La question n°8 nous informe sur l'éventuelle présence ou non d'acouphènes chez les patients. Celle-ci nous révèle que 60% des personnes interrogées ont déjà eu un acouphène suite à une exposition sonore importante. Malgré tout, celles-ci ne présentent pas de craintes particulières d'être de nouveau exposées et ainsi retrouver un acouphène.

Cette information nous permet également, de nous rendre compte des risques que peuvent entraîner certains tests comme la recherche du seuil d'inconfort. En effet, il faut éviter que le patient retrouve son acouphène à la suite de sa visite chez l'audioprothésiste.

Les questions n°9, n°10 et n°11 nous donnent des informations sur le type de sons, considérés comme étant les plus désagréables pour les patients. On observe que 80% des patients placent les sirènes de pompier/police en tête des nuisances, suivis par les marteaux piqueurs 72% et enfin le bruit de restaurant à 52%. L'irritabilité provenant des marteaux piqueurs par exemple, peut s'expliquer par le fait que c'est un phénomène rare qui marque les individus lorsqu'ils se trouvent à proximité.

60% du panel, estiment qu'il s'agit de sons complexes, 24% de sons aigus et 16%, des sons graves.

Enfin 80% des personnes semblent plutôt gênées par des sons continus que par des sons impulsionnels.

Toutes ces informations vont nous être utiles lors de la prise en charge audioprothétique. En effet, il faudra choisir le type et la marque de la prothèse la plus adaptée aux besoins du patient. Les réglages devront également prendre en considération toutes ces réponses. On pourra ainsi privilégier des réducteurs de bruit impulsionnels plus ou moins performants, mettre en place des systèmes de compression du signal ou encore différents programmes en fonction de l'environnement du patient.

Les questions n°12 à n°15, portent essentiellement sur les moyens de prévention audioprothétiques. Bien que la totalité du panel pense que l'écoute des sons forts a une influence sur l'audition, aucune personne n'utilise de protections auditives. Pourquoi le port de protections auditives ne fait-il toujours pas partie des mœurs ? La population ne connaît-elle pas l'existence de ces protections ou n'est-elle pas réellement consciente des risques ? L'hypothèse concernant le manque d'informations sur les protections auditives est à exclure car la totalité du panel a entendu parler de ces protections comme les casques ou les bouchons, soit par des amis soit par la publicité, de plus en plus diffusée sur différents canaux.

On observe également que l'ensemble des patients souhaiteraient avoir la possibilité d'agir sur la réduction des sons forts à l'aide de programmes, d'un potentiomètre ou encore d'une télécommande. C'est alors à l'audioprothésiste de faire le nécessaire pour les satisfaire.

Grâce à l'exploitation des résultats des questions n°16 et n°17, nous nous apercevons que plus de 2/3 des patients sont convaincus par leur entourage que les appareils auditifs amplifient les sons forts. C'est la raison pour laquelle, l'audioprothésiste doit prendre le temps d'analyser les besoins, les craintes, de tester l'inconfort dans différentes situations sonores tout au long de la prise en charge du patient et pas seulement lors du premier rendez-vous.

Cependant, les patients ne semblent pas avoir beaucoup d'appréhensions concernant le port d'aides auditives. En effet, seul 1 patient sur 5 a des appréhensions concernant le fait de porter des aides auditives. L'audioprothésiste va devoir aider ses patients avec un travail psychologique pour les accompagner dans leurs appareillages. Les appareils de plus en plus discrets et petits pourront accompagner ses patients.

Enfin, l'intégralité du panel estime que certains sons forts sont indispensables comme les bruits d'alerte : alarme incendie ou autre alarme, et qu'il serait impensable de les supprimer. C'est pourquoi, le discours de l'audioprothésiste notamment avec des personnes hyperacousiques est important dans la mesure où l'on explique que le son faible doit rester faible, le son moyen doit rester moyen et le son fort doit rester fort. Il faut simplement s'en protéger et éviter une exposition trop longue.

➔ Il aurait été intéressant d'effectuer un questionnaire à chaque moment de la prise en charge c'est à dire lors de l'essai de l'appareillage et surtout lors des visites de contrôle afin d'observer l'évolution des réponses et des mentalités. En effet, suite à l'appareillage, les patients ont tendance à placer les bruits de restaurants ou les bruits impulsionnels en tête, contrairement à la période pré-appareillage. Ces différents questionnaires permettraient également de savoir si la prise en charge a été ou non

correctement effectuée par l'audioprothésiste qui aurait pris en compte toutes les difficultés du patient.

### **g) Les limites**

La limite principale de ce questionnaire est le non-suivi de celui-ci. En effet, comme expliqué précédemment, nous avons jugé indispensable de faire ce type de questionnaire dès la prise en charge, mais il faudrait un suivi pluriannuel de ces réponses, afin de sensibiliser et d'analyser les résultats dans le temps.

Une autre limite de ce questionnaire est la subjectivité des réponses. En effet, certaines réponses se contredisent ou ne reflètent pas les tests réalisés par la suite, il s'agit de la perception des patients, et ces données ne sont pas toujours comparables d'un patient à l'autre. Cependant, en administrant ce questionnaire sur plusieurs années, cela permettrait de comparer les données et les évolutions, patient par patient.

Enfin, afin de mettre en évidence les professions ou les activités les plus touchées par les sons forts, il faut interroger un panel plus représentatif, plus nombreux. Une étude quantitative voire même qualitative nécessite une plus grande population de personnes interrogées. Seulement trois personnes travaillaient dans un milieu sonore et seulement neuf, avaient une activité extraprofessionnelle en rapport avec les sons forts, ce qui n'est pas représentatif de la population.

## **2. Évaluation de la tolérance aux sons forts [16]**

La prise en charge des sons forts se poursuit par un test subjectif réalisé lors du premier ou second rendez-vous, juste avant l'adaptation prothétique. Il s'agit de mesurer le **Seuil Subjectif d'Inconfort (SSI) ou Seuil d'Inconfort (SI)**. Cette dénomination est introduite par Monsieur Renard en 1977. Il donne également plusieurs autres terminologies comme :

- **UCL : UnComfortable Loudness Level**, le plus fréquemment utilisé en France,
- **LDL : Loudness Discomfort Level**,
- **TD : Threshold of Discomfort**,
- **MTP : Maximum Tolerable Pressure**,
- **ULC : Uncomfortable Level Curve**,
- **DLT: Discomfort Level and Tolerance**.

Ces différentes appellations ne correspondent cependant pas toutes aux mêmes niveaux d'inconfort. Nous pouvons distinguer différentes sensations correspondant à des niveaux : douloureux, insupportable, extrêmement gênant, gênant ou trop fort ou encore un peu gênant [48].

La recherche du seuil d'inconfort (SI) est influencée par une part très importante de subjectivité aussi bien du côté du patient que du côté de l'audioprothésiste.

### a) Facteurs influençant la mesure du SI

- **Pour l'audioprothésiste :**

- les consignes données au patient et la façon de les communiquer,
- les propriétés acoustiques du stimulus utilisé,
- la technique de mesure et de présentation des stimuli,
- l'interprétation des réactions du patient,
- la personnalité et les compétences de l'audioprothésiste.

- **Pour le patient :**

- son interprétation des consignes,
- sa personnalité,
- son mode de vie,
- son état de fatigue (matin/soir),
- son état physique et psychique.

Selon une étude réalisée par la NASA, il faut aussi prendre en compte :

- « les associations passées » c'est à dire les expériences, bonnes ou mauvaises que le sujet a eu avec le bruit,
- les mœurs et les coutumes individuelles
- l'attitude du sujet face à des bruits d'avion,
- son niveau intellectuel, culturel et social.

Afin de montrer les imprécisions rencontrées lors de la mesure du seuil d'inconfort, une enquête, publiée chez Phonak Focus [49], a été réalisée par 18 audioprothésistes chez des patients adultes, sans aucune distinction sociale et quelle que soit leur perte auditive. L'enquête statistique porte sur 16 072 patients, soit 32 144 oreilles dont 31 274 oreilles « mesurables » et 870 oreilles cyphosées. Les résultats sont les suivants pour des seuils d'inconfort dont la valeur moyenne a été calculée aux fréquences 500-1000 et 2000 Hz :

- 5% des SI inférieurs ou égaux à 100 dB HL,
- 17% des SI compris entre 101 et 110 dB HL,
- 45% des SI compris entre 111 et 120 dB HL,
- 25% des SI compris entre 121 et 130 dB HL,
- 8% des SI supérieurs à 130 dB HL.

Ces chiffres nous confirment qu'il existe une subjectivité du seuil d'inconfort en fonction de l'audioprothésiste présent. En effet pour chaque audioprothésiste les résultats sont différents avec des écarts assez importants. Ceci s'explique par la méthodologie choisie par l'audioprothésiste dans la réalisation de son UCL.

Les écarts de mesures peuvent également s'expliquer par la subjectivité des réponses du patient qui est liée à l'état de fatigue. En effet, les seuils auditifs sont généralement meilleurs le matin que le soir.

## b) Les raisons de la mesure du seuil d'inconfort

Tout d'abord, la mesure du seuil d'inconfort en complément du seuil auditif (SA) permet de nous représenter la dynamique auditive du patient et donc d'utiliser au mieux les capacités de l'aide auditive. En effet, nous allons pouvoir calculer pour chaque fréquence, le milieu de la dynamique résiduelle, qui correspond chez le normo-entendant à l'intensité de la voix moyenne (environ 55 dB HL) appelée également seuil de confort.

Grâce à la mesure du SI, il sera alors possible d'effectuer des réglages plus précis et plus confortables pour le patient.

En effet, nous pourrons ainsi calculer le seuil d'enclenchement des systèmes de compression tels que l'**AGCo** ou l'**AGCi** ou encore déterminer le niveau de limitation de sortie de l'appareil en réglant le **MPO** (Max Power Output). Nous avons pu remarquer que lorsque le MPO est correctement ajusté, l'appareil auditif sera mieux toléré par le patient. Généralement le MPO est positionné juste en dessous du seuil subjectif d'inconfort à quelques décibels. Si le MPO est placé à un niveau trop élevé, l'appareil ne protégera pas correctement le patient des agressions sonores et pourra provoquer un traumatisme sonore dans certaines situations alors que si le MPO est trop bas, l'intelligibilité sera affectée provoquant une sensation auditive désagréable voire de la distorsion du signal.

## c) Protocole de mesure du seuil d'inconfort

Le protocole se définit en 4 phases :

### ➤ *La consigne à communiquer au patient*

Elle est très importante dans la mesure où elle risque de conditionner les résultats souvent trop variables selon les patients. Il faut que le patient ai bien compris la consigne avant de commencer le test afin d'éviter de sous-estimer les résultats ou encore de devoir recommencer les tests. C'est la raison pour laquelle, nous répétons plusieurs fois la consigne au patient : une fois avant de commencer la recherche du seuil auditif et une deuxième fois juste après c'est à dire avant de rechercher le SI.

Il existe deux consignes différentes utilisées par les audioprothésistes :

- la première consiste à informer les patients qu'ils vont entendre les mêmes sons que précédemment (pour la recherche du SA) mais que ces sons vont être de plus en plus forts et qu'ils vont devoir faire un signe lorsque l'intensité deviendra trop forte ou dérangeante. L'utilisation de cette méthode implique donc une part de subjectivité importante puisqu'on se base sur la réponse des patients qui ont tendance à arrêter trop tôt le test pour protéger leurs oreilles.
- La seconde, utilisée par des audioprothésistes comme Mr Wallenfels ou encore Mr Renard, limite l'action de la subjectivité. En effet, ils préconisent de ne pas demander au patient sa participation pour la détermination de ce seuil. Ils indiquent au patient qu'il va entendre les mêmes types de signaux que ceux qu'il a entendu précédemment lors de la détermination du seuil tonal liminaire mais à



un niveau beaucoup plus fort pour vérifier s'il entend bien. Ils informent le patient « qu'en aucune façon, la perception qu'il aura ne sera douloureuse mais qu'elle sera simplement très forte. Ainsi pour déterminer le seuil subjectif d'inconfort, ils se basent sur l'observation du comportement du patient mais également des muscles du faciès comme par exemple la contraction des muscles autour des yeux, le froncement du nez ou du front, la rotation de la tête, les différentes manifestations gestuelles ou encore le retrait du casque dans des cas extrêmes.

➤ *Le stimulus à utiliser*

Afin de montrer l'influence des différents stimuli sur les mesures du SI, une autre étude a été réalisée par le fabricant Phonak [49]. Celle-ci montre que pour un même patient, le SI était obtenu à des niveaux différents en fonction du stimulus.

- **les sons purs continus**: ils doivent être évités pour trois raisons principales :
  - les sons purs peuvent entraîner une fatigue cochléaire,
  - en cas d'audiométrie en champ libre, ils provoqueraient des ondes stationnaires,
  - dans le quotidien du patient, il ne sera jamais confronté à ce type de sons.
- **les sons pulsés (pulse tone) et les sons wobulés (warbletone)** : ce sont ces sons qui sont utilisés pour mesurer le seuil auditif du patient. Ils sont donc réutilisés chez la majorité des audioprothésistes pour trouver le seuil subjectif d'inconfort. De plus, ces signaux se rapprochent le plus du signal de la parole qui est discontinu. La cadence de ce signal est de l'ordre de 2,5 à 3 battements par seconde.
- **les bandes étroites (narrow band)** : ce son peut être utilisé tout en sachant que le niveau d'inconfort sera généralement plus précoce.
- **le bruit blanc (white noise) et le bruit de cocktail party** : ils ne permettent pas de mesurer l'inconfort de chaque fréquence et ne sont donc jamais utilisés.

➤ *Les techniques de mesure*

Il existe trois principales techniques que sont :

- la mesure en seuils ascendants avec un seul passage,
- la mesure en seuils ascendants avec plusieurs passages, qui semble être la plus précise puisqu'elle permet d'affiner la mesure,
- la mesure automatique de type Bekesy, dont la subjectivité du patient est plus importante.

Lors des tests, nous utilisons le plus souvent la seconde technique qui nous paraissait la plus efficace.

La recherche du seuil d'inconfort s'effectue au casque. Certains audioprothésistes ne testent que certaines fréquences et en particulier les fréquences conversationnelles alors que d'autres les testent toutes pour avoir une dynamique complète sur toutes les fréquences. En ce qui nous concerne, lors du premier rendez-vous, nous préférons

tester toutes les fréquences alors que lors d'un contrôle, nous testions simplement quatre fréquences : le 500, 1000, 2000 et le 4000 Hz simplement pour savoir si la dynamique a évolué. Ce sera l'objet de la troisième partie de ce rapport.

#### ➤ *Les précautions*

Lors de cette mesure du SI, nous devons être extrêmement vigilants et avoir fait une bonne anamnèse afin de savoir quelle est l'attitude du patient face aux sons forts, s'il a déjà eu un acouphène par le passé ou même si la présence d'un acouphène existe aujourd'hui. En effet, il est ne fallait pas provoquer chez un patient un acouphène qui n'existait pas dans le passé ou de lui traumatiser l'oreille.

Cette prudence sera donc le fruit de l'analyse du bilan audioprothétique : anamnèse, audiométrie tonale, réflexe stapédien, ...

Cependant, nous avons pu observer de nombreuses divergences entre les réponses des patients au questionnaire de sensibilité des sons forts et lors du test d'inconfort. Certains patients nous expliquaient leurs craintes ainsi que leurs gênes des sons forts alors que lors de la recherche du seuil d'inconfort, celui-ci atteignait les 120 dB sur toutes les fréquences.

#### **d) Existe-t-il des moyens objectifs de mesures du seuil d'inconfort ?**

Des expériences ont été réalisées afin de trouver la possibilité de mesurer objectivement ce SI. Les différentes techniques utilisées étaient basées sur :

- le réflexe stapédien,
- les potentiels évoqués,
- la mesure de variation de résistance cutanée,
- la mesure de variation du flux sanguin (Doppler),
- la mesure de variation du rythme cardiaque,
- l'électronystagmographie,
- et la mesure de variation du seuil différentiel d'intensité.

Toutes ces expériences ont été des échecs dans la mesure où aucune relation n'a été établie avec le seuil d'inconfort.

### **3. Les différents moyens de réguler les sons forts**

#### **a) Pour un normo-entendant : les protections individuelles**

Comme nous l'ont rappelé monsieur Eric Hans et monsieur Bernard Hugon lors de l'Enseignement Post Universitaire (EPU) 2013, une des nombreuses fonctions d'un audioprothésiste est aussi de protéger la fonction auditive des patients contre les nuisances d'origine acoustique. Pour cela, il est important d'avoir la compétence de choisir et d'adapter la protection auditive la plus efficace en fonction de son activité professionnelle ou de ses loisirs. Nous verrons qu'il existe de nombreuses solutions adaptées, standards ou sur mesures que l'audioprothésiste peut proposer à partir de systèmes passifs ou actifs.

## ❖ Caractéristiques des protections individuelles [50]

Avant de décrire de manière plus détaillée les différentes protections individuelles existantes, il nous semble important de décrire les critères indispensables que doivent posséder une protection individuelle de bonne qualité.

### ➤ *Elle doit posséder le marquage « CE »*

Pour obtenir le marquage « CE », le protecteur doit satisfaire à un certain nombre d'exigences décrites dans les normes EN352.

L'agrément CE sera obtenu après « examen CE de type » permettant de vérifier que le protecteur répond bien à la norme EN352 correspondante. Les tests de contrôles sont effectués par un laboratoire de certification.

Les données d'atténuation des protecteurs sont établies par mesure par le laboratoire de certification sur un panel de 16 sujets entraînés. C'est la moyenne des sujets qui spécifie l'atténuation du protecteur.

Le fabricant s'engage dès lors à mettre sur le marché des produits strictement identiques au modèle certifié. Il est important d'être vigilant et de vérifier que le fabricant auquel on s'adresse possède bien le « rapport d'examen CE de type à son nom ».

### ➤ *Elle doit être permanente*

Une protection portée à 50% du temps d'exposition au bruit, abaisse son efficacité de 80% (norme NF S 31-084). Cette protection doit être la moins gênante possible. Pour cela elle doit être légère, souple et adaptée à chaque travailleur ou personne exposée longuement à un environnement sonore intense. Elle doit donc être tout simplement *confortable*.

Ainsi, le casque donne une excellente protection anti-bruit dans l'absolu, mais les enquêtes auprès des médecins du travail d'Entreprise et des Ingénieurs de Sécurité, montrent qu'il n'est porté que 40% du temps réel d'exposition.

### ➤ *Elle doit être sélective*

La sélectivité d'un protecteur permet de laisser passer les informations de faible intensité nécessaires à la communication, et de filtrer les sons agressifs par leur intensité et leur fréquence. Attention, le salarié trop isolé ne supportera pas ses protecteurs, l'obligeant à les retirer pour entendre le moindre signal, la moindre parole. En effet, au cours de mon stage de deuxième année, un jeune étudiant est venu faire des bouchons sur mesure pour le travail qu'il effectuait le week-end dans une boîte de nuit. Conscient des effets négatifs des sons forts, il souhaitait obtenir des protections adaptées à ses besoins. Nous lui avons donc proposé des bouchons sur mesure avec l'atténuation la plus importante. Une semaine plus tard, après les avoir testés, le patient est revenu nous voir en nous expliquant qu'il était obligé de les retirer car son travail consistait à s'occuper de placer des gens à table, de prendre leurs commandes et enfin de les encaisser. Il avait donc besoin de se protéger de la musique forte tout en écoutant les clients. Nous lui avons donc refait des embouts avec une atténuation moindre qui l'a effectivement satisfait.

➤ *Elle doit être hygiénique*

Il convient en effet d'éviter une *allergie* des conduits auditifs externes produite par l'emploi de matières inadaptées qui peuvent provoquer une inflammation du conduit ou toute autre pathologie dermatologique. C'est pourquoi l'usage du silicone, matière anallergique, est très souvent utilisé.

Il faut également éviter l'*infection*, voire la surinfection dont les germes les plus souvent rencontrés en dehors des staphylocoques, sont le colibacille, le pyocyanique, le proteus, sans oublier les mycoses.

La notice d'utilisation et des conseils lors de l'achat doivent donner toutes indications nécessaires à la mise en place correcte des protecteurs. Les bouchons d'oreille doivent être mis en place avec des mains propres. Les bouchons réutilisables et les oreillettes des serre-têtes doivent être nettoyés selon les indications du fabricant. Ils doivent être l'objet d'une désinfection à intervalles réguliers. Ces protections sont strictement personnelles et ne doivent être utilisées que par une seule personne.

➤ *Elle doit être durable dans le temps*

Il est préférable d'éliminer les protections en acrylique (Méthylméthacrylate ou uréthane diméthacrylate) qui continuent leur polymérisation dans l'oreille en se mixant avec les sécrétions des conduits auditifs.

Une étude réalisée par le département de Dermatologie de l'hôpital de Solno en Suède a montré que 70% des patients avaient une réaction positive aux tests avec des embouts chargés en monomère résiduel non traité, ce qui entraîne ainsi une toxicité pour le conduit auditif externe.

Bien que le système auditif offre une résistance remarquable aux dégradations du signal, l'augmentation professionnelle des bruits (marteau pilon, 120dB, moteur à réaction, 130 dB) rend nécessaire le port de protections de plus en plus performantes.

❖ **Les différentes protections individuelles contre le bruit (PICB)**

Il existe deux types de classifications : en fonction du mode de fonctionnement : Passif ou Actif ainsi qu'en fonction du mode de port : circum-aural (serre tête, casque) ou intra-aural (bouchons standards ou obturateurs sur mesure) [18].

○ *Les PICB de type passif*

Ce type de protections constitue un simple obstacle à la propagation du son dans l'oreille. En effet, le conduit auditif est complètement obturé ce qui entraîne une réduction de l'intensité sonore. On les trouve sous plusieurs formes :

- les PICB « à coquilles » ou serre-têtes peuvent être soit indépendants soit montés sur un casque de sécurité industriel. Ils sont positionnés autour de l'oreille et reliés par un arceau passant au-dessus de la tête. Ils sont réutilisables. Il est conseillé de changer les coussinets tous les ans pour assurer une bonne étanchéité.



Illustration 26: PICB à coquilles [50]

- Les bouchons « à arceau » ou « réunis par une bande » : ils se positionnent soit sur le conduit auditif soit à l'extérieur. Les bouchons sont reliés par une bande (arceau) en plastique qui assure leur maintien.



Illustration 27: Bouchons réunis par une bande [50]

- Le bouchon dit « standard » : il en existe deux types : le bouchon préformé/prémoulé réalisé en silicone, en caoutchouc qui peut être inséré dans l'oreille sans façonnage au préalable et le bouchon à façonner par l'utilisateur. Celui-ci est réalisé en général en mousse comprimable et ou malaxable. Il sera donc modelé par le patient avant sa mise en place dans le conduit auditif. Ce type de bouchon est en général à usage unique et utilisé principalement lors de concert ou en discothèque. Malheureusement souvent de nombreux étudiants gardent cette protection pendant des mois. Ces bouchons ont effectivement un coût moindre (en petite quantité) et se trouvent chez les audioprothésistes, en pharmacie ou dans les grandes surfaces en libre-service.



Illustration 28: Bouchons dit « standards » [50]

- Le bouchon « moulé individualisé » : il est réalisé sur mesure à partir d'une prise d'empreinte de l'oreille du patient, dans la majorité des cas par l'audioprothésiste. Mais il se peut que certains fabricants en réalisent directement sur leurs patients. La matière est généralement en silicone ou en résine acrylique pour éviter les allergies. De nouvelles technologies permettent désormais une fabrication entièrement numérique de ces protecteurs offrant une précision de l'ordre de 100µ. Munis de filtres ils permettent d'améliorer la perception de la parole, notamment des consignes orales de sécurité sur le lieu de travail. On parle de

protections anti bruits passives sélectives, basées sur des filtres acoustiques spécifiques brevetés comme ceux de Mead Killion (atténuation linéaire de 15dB), de DE BOER-BEREND (filtres acoustiques à perçage de deuxième ordre, c'est à dire avec une pente d'atténuation de 12 à 15 dB par octave), ou de François LE HER (à filtrage sélectif, avec une pente d'atténuation de 24 à 30 dB par octave).

Pour les musiciens, amateurs ou professionnels ou encore pour ceux travaillant dans le milieu des concerts ou des discothèques, il existe des modèles très répandus comme les Pianissimo dont les filtres d'atténuations sont progressives : - 9 dB, - 15 dB et -25 dB. Ils sont réalisés en silicone 25 shores, très efficaces, avec une bonne tolérance liée à la conception même du tandem filtre/embout sur mesure avec le principe qu'un résonateur d'Helmholtz se forme par l'inertie du canal sonore et la compliance combinée du diaphragme flexible et du volume de ce canal sonore.



Illustration 29: Bouchons moulés sur mesure [50]

PICB	Avantages	Inconvénients
Serre tête à coquilles	<ul style="list-style-type: none"> <li>- port intermittent</li> <li>- peu de pertes</li> <li>- idéal lors d'infections ou opérations de l'oreille</li> <li>- affaiblissement élevé</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- problème de confort (chaleur, pression..)</li> <li>- efficacité réduite lors du port de lunettes..</li> <li>- faible compatibilité avec d'autres EPI</li> </ul>
Bouchons sur mesure	<ul style="list-style-type: none"> <li>- mise en place facile</li> <li>- confort</li> <li>- durée de vie importante</li> <li>- hygiène</li> <li>- taux de port élevé</li> <li>- bonne compatibilité avec d'autres EPI</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- entretien régulier</li> <li>- nécessite une prise d'empreinte par un professionnel</li> <li>- non adapté aux oreilles pathologiques</li> <li>- coût élevé</li> </ul>
Bouchons à former	<ul style="list-style-type: none"> <li>- investissement réduit</li> <li>- ajustement plus adaptable que les bouchons préformés</li> <li>- aucun entretien</li> <li>- bonne compatibilité avec les EPI</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- hygiène (lors de la mise en place si les mains sont sales)</li> <li>- risque de démangeaisons</li> <li>- renouvellement systématique</li> <li>- non adapté aux oreilles malades</li> <li>- mise en place complexe pour certaines morphologies</li> <li>- prix de revient important sur le long terme</li> </ul>
Bouchons préformés	<ul style="list-style-type: none"> <li>- hygiène (pas de manipulation)</li> <li>- investissement réduit</li> <li>- lavable et réutilisable</li> <li>- bonne compatibilité avec EPI</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- entretien régulier</li> <li>- non adapté aux oreilles malades</li> <li>- risque de démangeaisons</li> <li>- le diamètre du bouchon doit être adapté à la taille du conduit</li> <li>- efficacité réduite pour les CAE à forte pilosité</li> </ul>

Tableau 3 : Avantages et inconvénients des PICB [50]

Un filtre acoustique passif permet de sélectionner le niveau d'affaiblissement pour l'adapter au besoin du porteur.

○ *Les PICB de type actif*

Elles sont munies d'un dispositif électronique permettant une réduction automatique et active des bruits. Les PICB de type actif les plus utilisées sont les casques protecteurs.

Il peut exister des appareils « à atténuation dépendante du niveau » présentant un affaiblissement acoustique qui augmente avec le niveau sonore ambiant. L'effet de non linéarité peut être produit par un élément mécanique (orifice très fin ou fente étroite) laissant passer le son d'autant moins aisément que ce son devient plus intense, ou par un dispositif électro acoustique comprenant un microphone captant le son ambiant, un amplificateur non linéaire et un écouteur restituant le son ambiant avec une intensité d'autant plus faible que le niveau du son ambiant augmente.

On trouve également des appareils à « réduction active du bruit » dont l'atténuation passive est renforcée (particulièrement aux basses fréquences par un dispositif électroacoustique comprenant un microphone qui prélève le son résiduel parvenant

sous le protecteur et un montage électronique associé à un écouteur qui émet un son sensiblement identique, mais en opposition de phase avec le son résiduel capté sous le protecteur.

Enfin, parmi ces dispositifs, il y a les « appareils de communication » qui permettent la transmission de messages vocaux, la réception de programmes récréatifs (casques à musique) ou enfin la perception de signaux d'avertissement ou utiles à l'accomplissement de la tâche. La liaison peut être filaire, radiofréquencée ou infrarouge.

Prenons rapidement quelques exemples des protections auditives sur mesures fournies par le fabricant leader en France : PROTAC [51].

Pour les PICB de type passif :

- les Passtop T, N et C qui laissent passer la parole et stoppent les bruits dangereux (dans les fréquences aigues),
- les pianissimo ER-9, ER-15 et ER-25, particulièrement recommandés pour une utilisation dans les domaines liés à la musique. ils permettent une atténuation de l'environnement sans déformation,
- Les tuttisimos 13, 15, 17, 18 et 19, dont l'atténuation est quasiment linéaire avec un vaste choix de filtres. Ils apportent un confort et contribuent à réduire le stress et la fatigue engendrés par les situations de bruit.

Pour les PICB de type actif :

- les StopGuns E électroniques qui sont des protecteurs antibruits électroniques munis de 2 circuits. La stabilisation du niveau d'entrée est à 80 dB. L'amplification des sons faibles à partir de 20 dB est réglable par un potentiomètre. Ils fonctionnent avec une pile 10 et ne peuvent pas être en contact avec de l'eau,
- Les StopGuns ES électroniques, fonctionnent de la même façon que les stopguns E. Ils sont idéaux pour la chasse ou le tir en stand.

Il existe une multitude de fabricants d'embouts en France : **Annexe 3**



Illustration 30: Stopgun [51]

#### **b) Pour un malentendant : les aides auditives**

L'objectif premier est de compenser sa perte auditive à l'aide d'un appareil mais aussi le protéger des agressions sonores que peut lui procurer sa prothèse. On a vu dans l'analyse du questionnaire ou encore dans les différentes enquêtes que certains patients ont des craintes, des angoisses et surtout des aprioris concernant le confort que peuvent apporter les aides auditives face aux sons forts. C'est donc à l'audioprothésiste de



trouver les solutions adaptées pour rassurer le patient que ce soit dans son discours ou dans ses réglages.

### ❖ Le discours de l'audioprothésiste

Il est extrêmement important dans la mesure où c'est lui qui va conditionner la relation de confiance du patient envers l'audioprothésiste. En effet, le patient vient avec toutes ses craintes et ses aprioris, sans aucune connaissance de l'audition ni de l'appareil auditif. L'audioprothésiste doit donc le rassurer en expliquant comment marche l'aide auditive, quelles sont les difficultés que le patient va rencontrer dans un premier temps puisqu'il n'est pas habitué à cette nouvelle sensation.

Une des qualités les plus importantes que doit avoir un audioprothésiste est la patience. En effet, il va devoir expliquer à plusieurs reprises au cours de la séance ainsi qu'au cours des séances suivantes que la gêne des sons forts est un processus normal qui existe chez les normo-entendants comme chez les malentendants. Il est vrai qu'un son faible doit rester faible, un son moyen doit rester moyen et un son fort doit être perçu fort afin de respecter l'équilibre des sons dans l'environnement quelle que soit la perte auditive. Doit-on entendre le son d'une alarme incendie avec la même intensité qu'une sonnerie de porte ? La réponse est non comme le savent la majorité des patients qui ont répondu au questionnaire et qui sont sensibles malgré tout aux sons forts. Il ne faut pas que sous l'influence du patient, l'audioprothésiste se mette à diminuer considérablement le gain des sons forts voire les supprimer. Il faut que le cerveau se réhabitue à tous les sons à travers l'aide auditive.

### ❖ Le choix de l'aide auditive

Certes le choix de l'aide auditive s'effectue essentiellement d'après la perte auditive et l'anatomie du conduit du patient, il n'en reste pas moins qu'il faut tenir compte de ses besoins et de ses désirs. En effet, concernant la marque de la prothèse par exemple, nous allons choisir celle qui est plus avantageuse pour le patient notamment en termes de réducteurs de bruits, de programmes, d'aides à la communication comme des télécommandes.

Si le patient, lors de l'anamnèse nous indique que c'est avec les bruits impulsionnels qu'il a plus de difficultés, nous allons trouver une prothèse avec un débruiteur performant dans ce domaine. Nous allons également prendre une aide auditive qui possède la faculté d'intégrer plusieurs programmes pour que le patient puisse changer de confort sonore en fonction des environnements de façon autonome. La possibilité de rajouter une télécommande n'est pas à exclure.

### ❖ Le préréglage

#### ➤ Choix de la stratégie d'adaptation

Selon le Précis d'Audioprothèse tome III, il existe quatre stratégies d'adaptation lors du préréglage que l'audioprothésiste peut mettre en place pour son patient :

- « tout et tout de suite : port et correction »,
- « toute la correction et un port progressif »,
- « correction progressive et un port continu »,
- Et le « tout en progression : correction et port ».

Au cours des différentes expériences professionnelles, nous avons été amenés à tester les quatre stratégies. Nous nous sommes aperçus que chacune d'entre elles possédait des avantages comme des défauts. Néanmoins pour des personnes qui se présentaient comme étant sensibles aux bruits, la dernière stratégie c'est à dire : « tout en progression » nous a semblé la plus efficace car elle privilégie avant tout le confort du patient en mettant un gain plutôt faible dans un premier temps et laisse au patient le temps de s'y habituer. En effet, nous n'avons encore jamais vu d'échec d'appareillage avec cette méthode lorsque bien sur la volonté du patient est présente. Il faut donc dans un premier temps privilégier le confort du patient en réglant de manière plus faible le gain général de l'aide auditive et en particulier des sons graves qui donnent une sensation de puissance. Il faut donc se situer à un niveau inférieur à la cible et augmenter progressivement le gain. Nous expliquons au patient qu'il doit augmenter chaque jour le temps de port en fonction de son habitude et que l'objectif final est le port régulier en fin de semaine. Il doit porter ses prothèses dans un environnement calme pour démarrer puis se conditionner dans un environnement un peu plus bruyant afin de nous donner son ressenti pour affiner éventuellement les réglages. On lui explique également que ce n'est pas le réglage adapté à sa perte et que celui-ci évoluera selon l'habitude du patient jusqu'à un gain idéal.

#### ➤ Choix de la méthodologie

Lorsque l'on veut privilégier le confort pour le premier appareillage chez un patient, à part régler le gain général de manière moins importante, il faut également choisir une méthodologie de traitement du signal adaptée.

Les méthodologies qui mettent en avant le confort plutôt que l'intelligibilité sont généralement :

- la méthodologie NAL-NL1,
- et la méthodologie des fabricants comme Micon Fit chez Siemens.

En effet, ces méthodologies montrent une amplification moins importante quelque soit le niveau d'entrée et quelle que soit la fréquence.

Cependant, seules les méthodologies DSL i/o, DSL v5, BernaFit, Phonak Digital for Crystal Sound, iPFG 2.4 ou encore BAFA ont des compressions qui sont calculées en fonction de l'UCL saisi dans l'audiogramme comme le montre **l'Annexe 4**.

Est-il préférable de choisir une méthodologie comme DSL qui amplifie de manière importante les sons graves ainsi que les sons aigus mais qui prend en considération l'UCL ou une méthodologie qui privilégie le confort mais qui ne prend pas en compte l'UCL ?

## ❖ Les réglages

### ➤ *Choix du stimulus d'entrée [52]*

Avant tout réglage, il faut vérifier à bien choisir le stimulus d'entrée surtout lorsque l'on doit régler le niveau de sortie maximal de l'appareil. En effet, on utilisera :

- **LTASS** (Long Time Average Speech Spectrum), spectre moyen de la parole mesuré à long terme, pour le réglage **du gain et des CR** (taux de compression  $CR = N_s/N_e$ ) pour des méthodologies *NAL* et *DSL*,
- **le bruit rose** pour le réglage **des gains NE 50-65-80** lorsqu'on se trouve en *Micon Fit* par exemple qui est la méthodologie propre à Siemens,
- **le son pur** pour le réglage du **niveau de sortie maximum**.

Pourquoi est-il si important d'utiliser un son pur pour le réglage du MPO/AGC-O ?

Tout d'abord car il s'agit du son le plus agressif pour l'oreille, donc si l'on se base sur ce stimulus d'entrée et qu'on règle le MPO à un niveau confortable pour le patient, aucun autre son ne pourra être plus gênant que celui-ci.

D'autre part, on utilise le son pur afin de coïncider avec le stimulus utilisé lors de la recherche du seuil d'inconfort, qui se trouvait être des sons purs pulsés. Le stimulus de test comme celui utilisé lors des réglages doit correspondre sous peine d'obtenir des résultats faussés. En effet, on constate qu'il existe un écart dans les hautes fréquences supérieur à 20 dB entre le LTASS et le son pur ! Le son pur étant supérieur au LTASS. Cette différence de 20 dB dans les sons aigus, peut provoquer un traumatisme sonore chez le patient. Afin de l'éviter et prendre toutes les précautions nécessaires, il faut impérativement régler le MPO avec un stimulus d'entrée qu'est le son pur.



**Illustration 31: Capture d'écran d'un réglage de MPO en prenant comme stimulus d'entrée le bruit vocal LTASS**



Illustration 32: Capture d'écran d'un réglage de MPO en prenant comme stimulus d'entrée le son pur

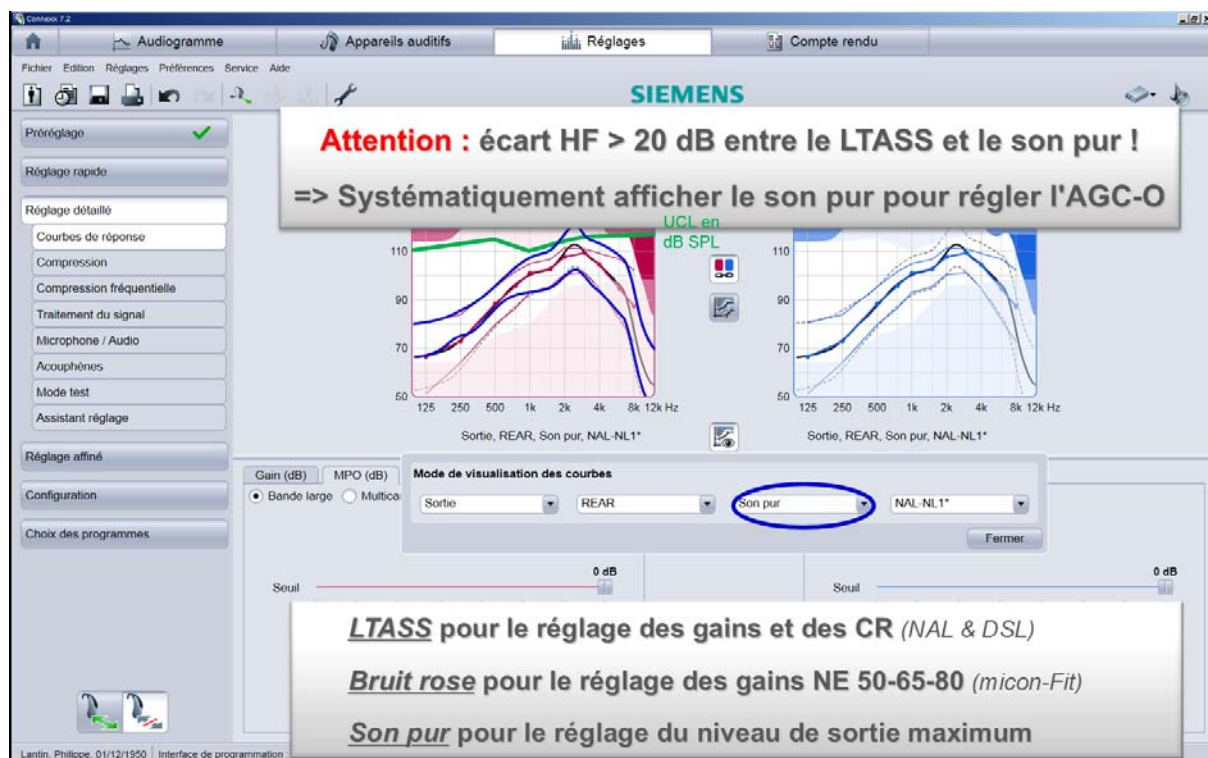


Illustration 33: Capture d'écran d'un réglage de MPO en prenant comme stimulus d'entrée le son pur et montrant l'écart de 20 dB dans les HF entre les deux stimuli

➤ Choix des réglages pour les sons forts [52]

Grâce à la technologie des aides auditives, il nous est permis de limiter l'intensité des bruits et des sons forts, gênants pour le patient. Quelles sont toutes ces possibilités ?

Il y a avant tout le réglage du MPO (Max Power Input) comme nous venons de l'évoquer qui va limiter le niveau de sortie de l'appareil et donc protéger l'oreille contre les agressions sonores. En plus du choix du stimulus (son pur), il faut prendre quelques précautions dans le réglage du MPO. Celui-ci doit être légèrement en dessous du seuil d'inconfort du patient à quelques décibels près mais pas trop en dessous car le patient risquera d'entendre des coupures de sons et la dynamique auditive sera trop abaissée.

De la même façon, nous pouvons utiliser le gain des sons forts. Si le patient se plaint de l'intensité des bruits, il nous suffit simplement dans un premier temps de diminuer le gain des sons forts c'est à dire l'amplification. Le gain va donc être moins important pour un niveau d'entrée élevé ce qui diminuera ainsi le niveau de sortie des sons élevés.

En effet,  $N_s = N_e + G$  ( $N_s$  : Niveau de sortie ;  $N_e$  : Niveau d'entrée ;  $G$  : Gain)

Il existe néanmoins une contrainte à respecter lorsque l'on modifie le MPO ou le gain des sons forts : il faut vérifier que la voix forte ne soit pas traitée par l'AGC-O, c'est à dire l'absence d'influence de l'AGC-O sur le G80 ou le N80. Si c'est le cas la voix forte sera déformée, voir coupée ce qui entraînera de la distorsion du signal.

Pour éviter cette situation il faut augmenter le seuil du MPO jusqu'à ce que la courbe du niveau de sortie de la voix forte reste fixe malgré cette augmentation. Les captures d'images permettent de l'illustrer :

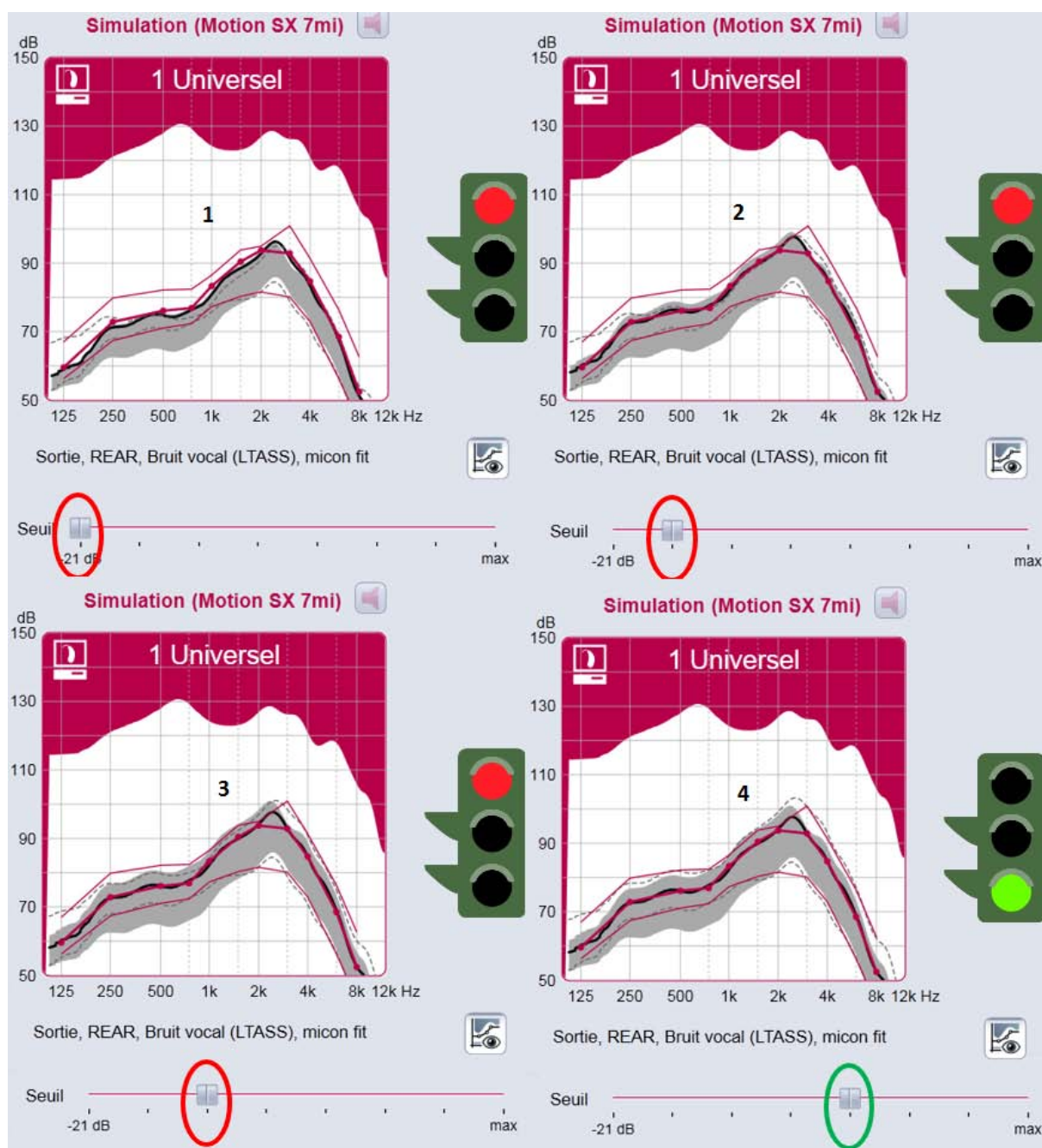


Illustration 34: Capture d'écran d'un réglage de MPO lorsque celui-ci est

- au minimum (1),
- au premier niveau (2),
- au 2<sup>e</sup> niveau (3),
- au 3<sup>e</sup> niveau, lorsque l'on n'observe aucune influence de l'AGC-O sur le NS80 (4)

La compression en intensité reste un moyen efficace de réduire les sons de forte intensité. Il en est de même pour l'écrêtage qui coupe systématique tous les sons au-dessus d'un certain seuil, la directionalité des microphones ou encore les débruiteurs qui réduisent le niveau sonore des bruits environnants.

**Conclusion :** La prise en charge des sons forts doit être réalisée avec la plus grande attention ainsi qu'avec la plus grande prudence possible. En effet, la subjectivité joue un rôle important tout au long du suivi du patient : de l'anamnèse, en passant par le test d'inconfort jusqu'au contrôle d'efficacité de l'appareillage. Tous les individus, quelque soient leur âge, leur sexe ou leur degré de surdité sont concernés. Il existe différents procédés permettant de lutter contre cette forte intensité sonore : la prévention, la législation ainsi que les moyens audioprothétiques comme les bouchons sur mesure ou encore les appareils auditifs. Toutes ces méthodes sont utilisées pour protéger l'oreille de toutes ces agressions sonores.



# CHAPITRE III : INFLUENCE DE L'AIDE AUDITIVE SUR LA PERCEPTION DES SONS FORTS

## I. Sur le Réflexe Stapédien (RS)

En 2002, une étudiante du conservatoire Nationale des Arts et Métiers, Amandine Aubignat, a réalisé une étude qui consistait à confirmer ou infirmer l'hypothèse selon laquelle, il n'y aurait pas de relation entre le réflexe stapédien et le seuil subjectif d'inconfort (SSI). Elle a également voulu savoir si la recherche du réflexe stapédien présentait un intérêt pour le choix de l'appareillage et de son suivi [53].

Avant de rentrer plus en détail dans cette étude, nous devons rappeler quelques notions indispensables.

### 1. Définition, fonctionnement et effets du Réflexe Stapédien [54]

#### a) Définition

Le réflexe stapédien est un réflexe bilatéral dû à la contraction du muscle de l'étrier en réponse à une stimulation sonore de forte intensité. Il est présent chez 90% de la population. La fonction première de ce réflexe est de protéger l'oreille des agressions sonores en atténuant d'environ 10dB l'intensité sonore. La contraction du muscle stapédien fait basculer l'étrier en arrière et en dehors, en augmentant ainsi la rigidité de l'ensemble de la chaîne ossiculaire, limitant l'enfoncement de la platine de l'étrier et bloquant le processus naturel de propagation de l'onde sonore.

#### b) Fonctionnement

L'apparition du réflexe stapédien par stimulations ipsilatérale et contralatérale, n'utilise pas les mêmes voies nerveuses :

- L'arc réflexe stapédien par stimulation contralatérale comprend au moins quatre neurones :
  - la stimulation va donner naissance à un influx nerveux qui va parcourir le nerf auditif et parvenir au noyau cochléaire ventral,
  - Le deuxième neurone afférent va jusqu'à l'olive supérieure,
  - Le troisième relie l'olive supérieure au noyau facial contralatéral,
  - Le quatrième est effecteur, formé par des fibres motrices du nerf facial VII.
- Le réflexe stapédien ipsilatéral comprend trois neurones :
  - le premier neurone est formé par le nerf cochléaire,
  - le deuxième relie le noyau cochléaire et le noyau facial du même côté,
  - le troisième est formé par les fibres motrices du nerf facial.



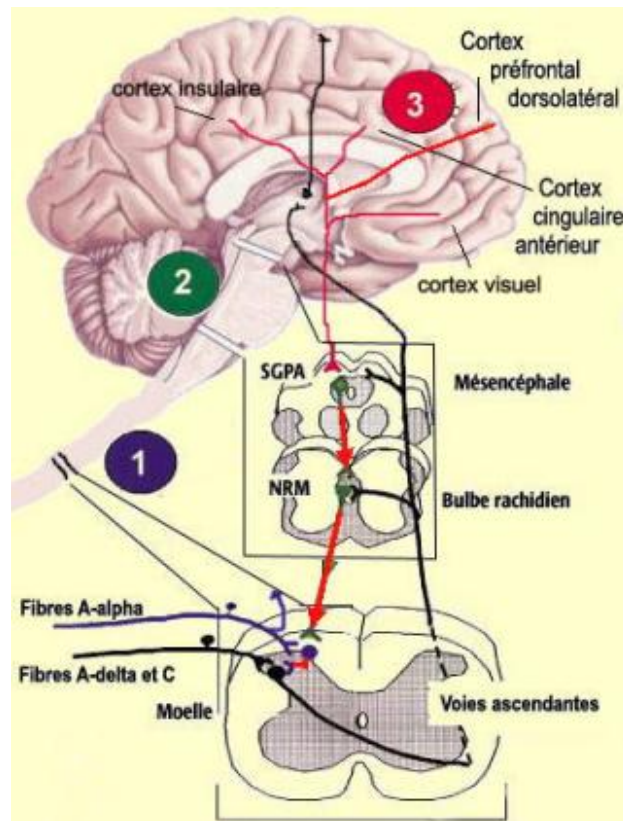


Illustration 35: Système auditif central [54]

### c) Les effets

Le réflexe stapédien a quatre fonctions principales :

- La protection de l'oreille interne : en réponse à une stimulation de forte intensité, ce réflexe va réduire cette intensité d'environ 10 dB. Cependant cette protection est vaine lors d'un son impulsionnel car il existe un temps d'enclenchement de réflexe qui n'est pas instantané.
- La diminution de l'effet de masque : pour les sons de forte intensité, les sons aigus sont masqués par les sons graves. Or, nous nous sommes aperçus que le réflexe stapédien est plus efficace dans l'atténuation des basses fréquences et des fréquences médiums c'est à dire en dessous de 2000 Hz que pour les hautes fréquences. Donc la perception de la voix qui se trouve essentiellement autour de la fréquence 1500-2000 Hz n'en est que meilleure. De plus, l'intelligibilité des consonnes, de zone fréquentielle comprise majoritairement entre 2000 et 6000 Hz se trouve améliorée par l'apparition de ce réflexe.
- L'augmentation du champ dynamique : en effet, lorsque le réflexe se déclenche, toute augmentation du son est atténuée, et ainsi une augmentation du son de 10dB, n'entraînera qu'une transmission majorée d'environ 3 dB à l'oreille interne. Cette fonction permet une bonne discrimination auditive des sons de forte intensité sonore jusqu'à environ 120 dB qui représente le seuil de douleur. Néanmoins, comme tous les muscles, le muscle de l'étrier se fatigue.

- La confirmation d'une pathologie au niveau de l'oreille moyenne comme l'otospongiose où le réflexe est absent ou encore de l'oreille interne.

## 2. Mesure du Réflexe Stapédien

L'étude du réflexe stapédien s'effectue en équipression avec l'oreille moyenne. Elle ne peut donc être réalisée qu'après l'étude tympanométrique avec détermination du pic de pression, quel que soit le type de tympanogramme.

La contraction du muscle stapédien se traduit par un brusque déséquilibre du pont électroacoustique. Lors de la stimulation sonore, l'aiguille des compliances se déplace brusquement vers le sens positif, et s'y maintient si la stimulation a pour fréquence 500, 1000 ou 2000 Hz. Au-delà de 2000 Hz, il y a une fragilité au cours d'une même stimulation.

Lors de la recherche du réflexe stapédien, la sensibilité du voltmètre doit être réglée sur « réflexe ». La pression de la sonde utilisée au cours de la tympanométrie, doit être réglée sur le niveau correspondant au pic.

Le seuil du réflexe est déterminé en ajustant l'intensité du son de stimulation dans l'écouteur, au niveau le plus faible déclenchant un déplacement visible de l'aiguille.

On commence par stimuler l'oreille du côté opposé à l'oreille explorée, avec un son de 75 dB pendant une à deux secondes. Selon l'absence ou l'existence d'une modification de la compliance, on augmente ou on diminue de 5 dB la stimulation pour déterminer le seuil d'apparition du réflexe stapédien. Il s'agit d'un seuil donc, la plus petite intensité sonore déclenchant ce réflexe. À partir de ce seuil, l'amplitude du RS croît rapidement quand on augmente l'intensité du stimulus sonore. On teste généralement quatre fréquences : 500, 1000, 2000 et 4000 Hz.

La recherche du RS par stimulation ipsilatérale, peut s'effectuer lorsque l'oreille controlatérale a une surdité importante. Le stimulus est donné en dB SPL, car il n'y a pas de référence standardisée en dB HL.

Il existe deux principales modalités de transcription :

- la première est de tout écrire en toutes lettres afin d'éviter les erreurs : la fréquence, l'intensité de la stimulation et la présence ou non du RS,
- la seconde est une transcription directe du résultat du RS sur l'audiogramme tonal : le seuil du RS est reporté sur l'audiogramme, du côté de la stimulation sonore et est symbolisé par : C en cas de stimulation controlatérale et I en cas de stimulation ipsilatérale. On peut également trouver RSc ou RSi pour éviter de confondre le C avec le seuil de confort même s'ils ne se situent pas aux mêmes intensités.

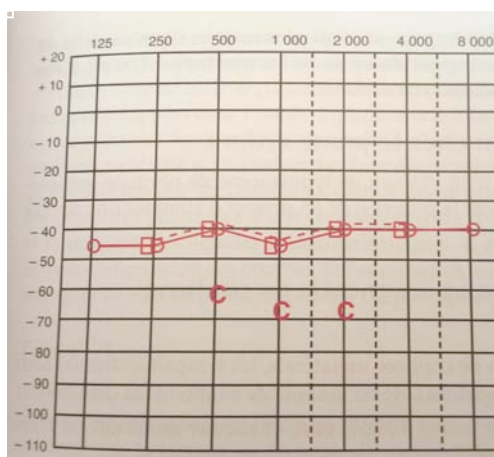


Illustration 36: Représentation graphique du Réflexe Stapédien [54]

### 3. Résultats Expérimentaux

Au cours de son mémoire, Amandine Aubignat, a voulu savoir si la recherche du réflexe stapédien présentait un intérêt pour le choix de l'appareillage et son suivi. Pour illustrer cela, elle a relevé les seuils subjectifs d'inconfort ainsi que les seuils du réflexe stapédien en ipsilatérale pour 42 personnes dont 29 normo-entendants et donc 13 malentendants, de surdité moyenne, dont certains étaient appareillés alors que d'autres non. Ce qui va nous intéresser ici, ce sont les résultats des seuils d'inconforts et de déclenchement du RS chez les patients appareillés ou non, afin de conclure sur l'impact de l'appareillage.

#### a) Résultats du Seuil Subjectif d'Inconfort

Après avoir réalisé la moyenne des SSI pour les 13 personnes malentendantes, elle a constaté que le SSI atteignait des valeurs plus importantes pour les fréquences aiguës. En effet, le SSI est atteint pour un seuil de 95 dB pour la fréquence 250 Hz et augmente progressivement jusqu'à atteindre les 112 dB à 6000 Hz.

Fréquences (Hz)	250	500	1000	2000	3000	4000	6000
SSI (DB)	95	100	100	105	105	110	110

Tableau 4: Résultats des SSI en fonction des différentes fréquences [53]

#### b) Résultats pour les réflexes stapédiens

Pour les personnes atteintes de surdité, deux groupes se distinguent :

- le premier groupe est constitué des personnes appareillées depuis plus de 3 ans et dont les âges se situent entre 41 et 82 ans. Le réflexe stapédien est toujours présent et est détecté avant le seuil d'inconfort. Leurs oreilles réagissent donc comme des oreilles de normoentendants lors d'une stimulation sonore élevée, c'est à dire qu'elles gardent leur protection naturelle.

Fréquences (Hz)	500	1000	2000	4000
RS Ipsilatéral (dB)	85	80	90	90
RS Controlatéral (dB)	90	90	95	100

Tableau 5 : Seuils d'enclenchement des réflexes stapédiens en fonction des fréquences pour le groupe 1 [53]

- Le second groupe est constitué des personnes non appareillées ou ne portant pas leur aide auditive régulièrement, âgées de 49 à 74 ans. Le réflexe stapédien n'est pas toujours présent et lorsqu'il l'est, le déclenchement est surtout controlatéral et au-dessus de leur seuil subjectif d'inconfort.

Elle émet l'hypothèse que pour les personnes tardives à l'appareillage, le seuil des réflexes stapédiens aurait tendance à augmenter avec la surdité pendant que le SSI de certains patients aurait tendance à s'abaisser. Le seuil de déclenchement du réflexe stapédien serait plus élevé que celui du seuil subjectif d'inconfort.

Fréquences (Hz)	500	1000	2000	4000
RS Ipsilatéral (dB)	95	100	X	X
RS Controlatéral (dB)	105	105	115	115

Tableau 6 : Seuils d'enclenchement des réflexes stapédiens en fonction des fréquences pour le groupe 2 [53]

### c) Une hypothèse pour le déclenchement tardif des réflexes stapédiens du groupe n°2

Au moment de l'appareillage, le niveau de sortie apportée par l'appareil ne dépasse pas le niveau du seuil subjectif d'inconfort ainsi il n'y aura plus de déclenchement de réflexe stapédien.

Nous pouvons alors nous poser la question suivante : le manque d'entraînement au déclenchement du réflexe stapédien peut-il le supprimer ?

La plupart du temps, les sons de forte intensité sont rares dans la vie quotidienne des personnes présentant une surdité moyenne non appareillée. Donc les réflexes ne sont plus stimulés et le niveau s'abaisse de nouveau.

Est-ce que le fait de restimuler la cochlée et le système acoustique du cerveau retravaille les mécanismes du déclenchement du réflexe stapédien sachant que l'intensité produite

par l'aide auditive ne sera pas suffisamment importante pour déclencher le réflexe, qui se déclenche après le SI ?

→ Cette étude a montré que l'appareillage auditif permet donc de garder un fonctionnement dit normal de l'oreille pour les sons de forte intensité. En effet, il permet de stimuler le réflexe à condition que le niveau de sortie maximal de l'appareil ne soit pas inférieur au seuil d'enclenchement du RS. S'il est inférieur, le réflexe ne sera donc pas stimulé ou à des niveaux sonores très importants comme chez une personne malentendante qui ne porte pas d'appareils auditifs.

## II. Sur l'évolution du champ dynamique du patient

La dernière étape de la prise en charge des sons forts s'effectue lors des différents contrôles prothétiques. En effet, malgré le fait que le patient nous donne régulièrement son ressenti sur son confort ou inconfort pour des bruits et sons de forte intensité, il nous semble intéressant de tester cet inconfort une fois que le patient s'est habitué à ses prothèses auditives afin de voir l'évolution réelle de son seuil d'inconfort au test d'UCL.

### 1. Les objectifs

Les objectifs de notre étude sont multiples : tout d'abord nous avons cherché à contrôler le seuil subjectif d'inconfort afin d'observer s'il existe un lien entre le port de l'appareil auditif et le seuil d'inconfort.

Puis, nous avons essayé de comprendre quels pouvaient être les facteurs qui pouvaient influencer les résultats de nos analyses.

### 2. Protocole

Pour observer l'influence de l'appareillage sur le champ dynamique, après une certaine expérience de port pour le patient, il faut avant tout reconstruire le SI. Nous avons donc dû recommencer les mesures du SI mais dans les mêmes conditions que celles réalisées par l'audioprothésiste au cours de la première séance.

Quelles étaient les conditions nécessaires ?

- la consigne devait être identique pour ne pas influencer les résultats. Nous avons alors demandé aux différents audioprothésistes de nous indiquer très précisément les termes exacts qu'ils utilisaient dans ces conditions. Les trois audioprothésistes utilisaient la même formulation à savoir : « Vous allez entendre le même type de sons que précédemment. Ils seront forts, et de plus en plus forts afin de vérifier si vous entendez. Vous allez devoir lever la main juste avant que le son ne devienne agressif, inconfortable ». Nous leur rappelions cette consigne après les avoir informés qu'ils avaient déjà effectué ce test lors de la première séance et qu'il s'agissait simplement d'un contrôle. Cette remémoration permettait de les mettre en confiance et ainsi de réduire aussi peu soit-il le facteur de subjectivité,
- La cabine devait être celle où ils avaient effectué leur premier test d'inconfort. En effet, certains audiomètres ne sont pas calibrés de la même façon. La calibration de la cabine peut également influencer les mesures à cause de sa taille, de son coefficient de réverbération malgré la réglementation imposée.

#### a) La population concernée

Le critère d'inclusion est la présence de patients portant des appareils auditifs depuis plus de six mois, habitués à porter quotidiennement leurs aides auditives. Tous les patients qui venaient en contrôle, et à qui nous avons effectué cet UCL, portaient deux

appareils auditifs. La binauralité ne constituait pas un critère d'inclusion mais il s'avère qu'aucun patient n'était équipé d'un seul appareil. Les tests de contrôle du SI s'effectuaient quelque soit la perte auditive, le type d'aide auditive et les réglages du patient.

Les critères d'exclusion concernent donc les patients qui ne portaient pas d'aides auditives ou qui étaient appareillés depuis moins de six mois.

En prenant en compte ces différents paramètres, nous avons pu alors observer l'évolution de l'UCL sur 36 patients.

#### **b) L'élaboration du test**

Afin de recueillir le plus d'informations possibles sur l'influence de l'appareillage sur la dynamique du patient, nous avons réalisé un tableur sur lequel nous avons inscrit les informations suivantes concernant le patient:

- Nom,
- Prénom,
- Année de l'appareillage en cours,
- Compréhension de la consigne,
- L'UCL pour l'oreille droite et pour l'oreille gauche,
- Le Gain des sons forts,
- La perte,
- Le MPO,
- Le Nom et la marque des appareils,
- Les remarques éventuelles des patients.

Les données numériques, c'est à dire concernant l'UCL, le gain, la perte ainsi que le MPO sont recueillies pour les deux oreilles à des fréquences de : 500, 1000, 2000 et 4000 Hz. Sur ce tableur, nous avons créé des filtres qui nous ont permis d'analyser plus facilement les résultats.

Le matériel dont nous avons besoin pour réaliser cette expérience était : une cabine audiométrique, un casque TDH 39, et un ordinateur avec le logiciel Noah.

### **3. Les résultats**

Cette expérimentation, contient donc 36 patients, soit 72 oreilles testées, dont 21 femmes et 14 hommes, tous déjà appareillés depuis un certain nombre d'années. Les aides auditives du panel, datent de 2007 pour la plus ancienne à 2014 pour la plus récente (Janvier 2014 pour respecter les 6 mois de port qui était un des critères d'inclusion).

## a) Résultats concernant l'UCL

Nous avons pu observer durant ce contrôle, que sur les 35 patients testés, 31 avaient un seuil subjectif d'inconfort différent de celui obtenu lors de la première séance, lorsque le patient l'effectuait pour la première fois. Pour les 4 patients pour qui le SI n'évoluait pas, cela s'expliquait par le fait que celui-ci atteignait déjà les 120 dB sur toutes les fréquences, ce qui correspond à l'intensité sonore maximale délivrée par l'audiomètre. Pour ces 31 patients, l'UCL avait tendance à augmenter de 5, 10 ou 15 dB dans la majorité des cas, et pouvait atteindre les 20-25 dB en fonction des fréquences et des patients. Le SI avait également tendance à rester stable sur de nombreuses fréquences.

On remarque également que seulement 4 patients n'avaient pas compris la consigne de manière immédiate et avaient tendance à arrêter le test trop tôt. Nous avons dû alors leur réexpliquer le test et les rassurer afin d'obtenir des résultats plus cohérents. Pour ces 4 individus, dont la mixité était respectée puisqu'il s'agissait de deux femmes et deux hommes, le SI avait tendance à stagner ou à évoluer légèrement d'une valeur maximale de 5 dB.

Si l'on compare l'évolution de l'UCL avec les différents paramètres, comme le gain des sons forts, la perte auditive, le seuil du MPO et même l'année d'appareillage, il est impossible de tirer des conclusions concrètes tant la disparité des résultats est grande d'un patient à l'autre.

En revanche, nous pouvons analyser les résultats concernant ces différents paramètres de manière individuelle par rapport à l'UCL.

Patient	Année de l'appareillage en cours	Compréhension immédiate de la consigne	UCL OD (dB HL)				UCL OG (dB HL)			
			0,5KHz	1 KHz	2KHz	4 KHz	0,5KHz	1 KHz	2KHz	4 KHz
1	2009	NON	5	0	0	0	5	0	0	0
2	2007	OUI	0	5	5	5	0	0	5	15
3	2010 (MOTION 701 CIC) DEPUIS 2003	OUI	0	0	5	5	5	5	5	5
4	2014	OUI	10	10	0	0	10	5	-5	5
5	2014	OUI	10	10	0	0	5	5	5	5
6	2010	OUI	20	20	20	20	20	20	25	25
7	2010	OUI	5	10	0(120)	0	5	0	10	0(120)
8	2013	OUI	5	5	5	5	5	5	5	5
9	2009	OUI	0	0	0(120)	0	0	0	0	0(120)
10	2008	OUI	0	0	0(120)	0	0	0	0	0(120)
11	2012	OUI	0	10	5	0	0	0	0	0
12	2012	OUI	0	0	0	0	0	0	0	0
13	2012	NON	0	5	5	5	0	0	5	5
14	2008	OUI	0	5	5	5	0	0	5	5
15	2011	OUI					10	10	10	10
16	2012	OUI	0	0	0	5	0	0	5	5
17	2009	OUI	10	10	10	10	20	15	10	15
18	2011	OUI	0	0	0	0	0	0	0	0
19	2011	OUI	15	20	20	20	20	20	20	20
20	2012	OUI	5	5	10	5	5	10	5	5
21	2011	OUI	5	5	10	5	5	10	5	5
22	2013	OUI	0	5	5	5	0	5	5	5
23	2010	OUI	25	25	25	10	25	20	10	5
24	2012	OUI	5	10	5	5	5	10	5	5
25	2010	OUI	10	10	10	10	10	10	10	10
26	2010	OUI	10	15	15	10	10	15	15	10
27	2012	OUI	5	5	0	0	5	5	0	0
28	2011	OUI	20	20	20	20	20	20	20	20
29	2009	OUI	10	10	10	10	10	10	10	10
30	2012	OUI	10	10	10	10	10	20	5	10
31	2013	OUI	5	5	5	5	5	5	5	5
32	2013	OUI	5	5	5	5	10	10	10	10
33	2012	OUI	15	15	15	15	15	15	15	15
34	2012	OUI	20	20	20	20	20	20	20	20
35	2012	NON	5	5	0	0	5	5	0	0
36	2010	NON	0	0	0	0	0	0	0	0

Tableau 7: les résultats de L'UCL chez les patients



**b) Données concernant les gains des sons forts c'est à dire pour des niveaux d'entrée de 80 ou 90 dB**

On observe que dans la majorité des appareillages, le gain des sons forts est réglé de manière plutôt faible afin de mettre le patient dans des conditions de confort. En effet, la moyenne du gain est de 7-8 dB sur les fréquences graves, 10 dB sur les fréquences médiums et 11 dB sur les fréquences aigües. Les valeurs les plus basses sont de 0 dB alors que les plus hautes atteignent les 23 dB.

Patient	GAIN OD (Ne=90dB SPL)				GAIN OG (Ne=90dB SPL) OU 80 DB PR SIEMENS			
	0,5KHz	1 KHz	2KHz	4 KHz	0,5KHz	1 KHz	2KHz	4 KHz
1	0	5	3	10	0	5	3	10
2	-5	3	6	13	-3	4	9	6
3	0	0	8	8	0	0	8	5
4	5	8	6	0	16	18	18	15
5	0	0	3	1	0	0	3	1
6	0	0	0	5	0	0	0	5
7	5	0	10	10	5	0	12	12
8	4	10	10	2	4	8	10	0
9	21	21	18	8	22	22	20	11
10	17	14	12	11	16	16	11	6
11	5	9	14	13	5	9	14	13
12	3	5	6	8	3	5	5	7
13	24	20	18	15	25	23	19	12
14	0	0	5	2	0	0	5	2
15					0	0	15	8
16	0	3	0	8	0	0	0	9
17	0	0	0	0	0	0	0	0
18	8	10	12	15	8	10	12	15
19	5	9	14	13	5	9	14	13
20	3	5	6	8	3	5	5	7
21	24	20	18	15	25	23	19	12
22	0	0	5	2	0	0	5	2
23	5	9	14	13	5	9	14	13
24	3	5	6	8	3	5	5	7
25	24	20	18	15	25	23	19	12
26	0	0	5	2	0	0	5	2
27	0	0	0	0	0	0	0	0
28	8	10	12	15	8	10	12	15
29	5	9	14	13	5	9	14	13
30	3	5	6	8	3	5	5	7
31	5	8	6	0	16	18	18	15
32	0	0	3	1	0	0	3	1
33	0	0	0	5	0	0	0	5
34	5	0	10	10	5	0	12	12
35	8	10	12	15	8	10	12	15
36	5	9	14	13	5	9	14	13

Tableau 8: les valeurs du gain des sons forts des appareils auditifs des patients.

**c) Données concernant la perte auditive**

100% du panel possède une surdité moyenne, en majorité symétrique, de type presbyacousie. Cette presbyacousie se manifeste par une perte progressive qui touche essentiellement les fréquences aigües. Cela signifie que la dynamique auditive a tendance à se resserrer dans les hautes fréquences.

Patient	PERTE OD (dB HL)				PERTE OG (dB HL)			
	0,5KHz	1 KHz	2KHz	4 KHz	0,5KHz	1 KHz	2KHz	4 KHz
1	30	30	40	70	30	30	40	70
2	10	20	60	75	15	20	65	80
3	35	50	55	60	30	50	65	65
4	80	80	80	80	90	90	90	90
5	15	25	50	80	10	20	45	55
6	10	25	40	30	20	35	40	35
7	30	35	70	95	35	45	70	95
8	45	55	60	55	40	50	65	70
9	60	65	65	70	60	60	75	75
10	40	65	55	50	55	60	50	50
11	25	50	70	65	25	55	65	75
12	20	30	40	55	20	30	40	55
13	50	50	60	65	60	60	60	70
14	30	35	45	45	30	35	45	45
15					25	25	60	75
16	60	70	65	70	60	70	65	70
17	60	55	75	75	60	55	75	75
18	45	50	55	60	45	50	55	60
19	50	60	65	70	30	35	55	70
20	35	45	50	45	35	45	50	45
21	60	55	55	70	60	55	55	70
22	35	45	50	45	35	45	50	45
23	30	40	60	60	30	40	60	60
24	70	70	70	60	50	60	60	70
25	15	25	50	80	10	20	45	55
26	10	25	40	30	20	35	40	35
27	30	35	70	95	35	45	70	95
28	50	60	60	60	50	60	60	60
29	20	50	60	70	20	50	60	70
30	40	35	50	75	40	35	50	70
31	40	60	60	65	40	60	60	65
32	60	70	65	70	60	70	65	70
33	60	55	75	75	60	55	75	75
34	45	50	55	60	45	50	55	60
35	50	60	70	90	25	25	65	90
36	35	50	55	60	30	50	65	65

Tableau 9 : les résultats de la perte auditive des patients.

#### d) Données concernant le MPO

On observe que le MPO atteint un seuil important surtout lorsque le gain des sons forts est important. La valeur maximale est de 135 dB et la valeur minimale est le 91 dB. Ce qui aurait été intéressant c'est de comparer les résultats obtenus à l'UCL avec les valeurs de MPO réglées initialement lors des premiers réglages et ces valeurs-là qui ont sûrement été modifiées avec le temps afin d'en tirer des conclusions.

Patient	MPO OD-OG (dB SPL)				NOM APPAREIL+ MARQUE	REMARQUES
	0,5KHz	1 KHz	2KHz	4 KHz		
1	NS MAX=108	NS MAX-3dB=105	NS MAX-3dB=105	NS MAX=108	PURE 500 SIEMENS	
2	98-99	100	106	110	CIELO LIFE BTE	
3	NS MAX=108	NS MAX-3dB=105	NS MAX-3dB=105	NS MAX=108	MOTION 701 CIC	très contente, sons forts ne les gênent plus du tout
4	110	110	113_115	105_107	CHILI SP9 OTICON	
5	91-89	86-93	98-94	92-103	PRIME PLUS PRO BELTONE	
6	108	108	108	108	PURE 701 RIC SIEMENS	Douleur avec bruit de verre dans les poubelles Passe de 85 Db à 115. Professeur de français
7	115	115	115	115	PURE 501 RIC	
8	NS MAX-6	-9	-6	-9	PURE 7 MI SIEMENS	
9	103	105	105	103	AUDEO YES IX PHONAK	
10	124	129	135	124	AZUR AZ71 RESOUND	
11	108	109	113	110	AGIL PRO OTICON	
12	108	109	113	110	TRUE 963 BELTONE	
13	106	106	104	99	CLEAR 440 FUSION	
14	109	111	113	115	MARQ 9 BELTONE	
15	108	108	108	108	PURE 301 SIEMENS	
16	-21	-21	-21	0	EXPLORER 500 SIEMENS	
17	99	101	112	115	PROMISE 17 BELTONE	
18	108	109	113	110	MOTION 501 SIEMENS	
19	108	108	108	108	PURE 700	
20	102	106	110	110	TRUE 964	
21	108	108	108	108	PURE 501	
22	106	106	104	99	ACE 5 MI	
23	109	111	113	115	AUDEO SMART V	
24	108	108	108	108	PURE CARAT 501	
25	103	105	105	103	LIVE 7	
26	124	129	135	124	EXELIA ART	
27	108	109	113	110	MOTION 701 P	
28	108	109	113	110	MOTION 301	
29	106	106	104	99	MOTION 701	
30	109	111	113	115	TRUE 963	
31	108	108	108	108	PURE 501	
32	108	108	108	108	PURE 501	
33	103	105	105	103	TRUE 1763	
34	124	129	135	124	VERA 5	
35	108	109	113	110	TRUE 963	
36	108	109	113	110	PURE 501	

Tableau 10 : les valeurs du MPO dans les appareils des patients

## 4. Conclusions

Quels que soient le sexe, l'année d'appareillage, ou les différents réglages, l'UCL a tendance à augmenter.

→ On peut donc proposer l'hypothèse que l'appareillage auditif va modifier la dynamique de l'oreille en augmentant le seuil s'inconfort du patient. Cette dynamique étant plus importante, la tolérance des sons forts n'en sera que meilleure. Ce phénomène s'appelle en réalité **l'habituat**ion. Il est présent chez tous les individus de manière différente, dans la mesure où ce mécanisme va plus ou moins être efficace rapidement chez certaines personnes et pas d'autres. Il va dépendre des différents réglages de l'appareil comme la valeur du MPO et de la compression, même si dans cette expérimentation il est difficile de les analyser. En effet, plus le MPO sera réglé bas, plus le SSI sera bas alors que plus le MPO sera haut, plus le SSI suivra et sera donc haut.

## 5. Limites

La limite principale, qui revient encore et toujours dans ce genre de test et tout au long de ce mémoire est la part de subjectivité. Ici on observe deux effets opposés influençant la subjectivité :

- Tout d'abord, il y a une augmentation de la subjectivité dans la mesure où l'on demande au patient de répondre, puisqu'il doit nous indiquer le moment où le

son devient inconfortable. En effet, nous n'avons pas pu utiliser la méthode préconisée par monsieur Renard, qui consistait à observer simplement le faciès du patient, sans que celui-ci ne réponde car nous devions utiliser la même méthode que lors des précédents tests.

- Cette subjectivité est cependant légèrement atténuée par le fait que les patients connaissaient le test et donc se sentaient en confiance.

La seconde limite était la peur, en testant à nouveau des sons de très forte intensité, de déclencher un acouphène qui avait disparu avec le port de l'appareil ou bien même d'en créer un nouveau.

D'autres limites comme le nombre de paramètres propres aux réglages des prothèses peuvent influencer les résultats comme par exemple:

- l'influence de la directivité microphonique,
- le niveau de compression, les CR, les TK,
- la mise en place de réducteurs de bruits ou pas,
- la méthodologie choisie,
- le MPO d'origine

**Conclusion :** Malgré une certaine subjectivité toujours présente, on constate que l'appareillage auditif joue un rôle très important dans l'audition. D'une part, il assure la protection de l'oreille en rétablissant le réflexe stapédien et d'autre part, il permet d'augmenter le champ auditif du malentendant en augmentant son seuil subjectif d'inconfort.

## CONCLUSION :

La prise en charge des sons forts, doit s'effectuer en continu tout au long de l'appareillage.

En effet, lors des premiers rendez, l'audioprothésiste va devoir évaluer cette tolérance des sons forts à travers :

- une anamnèse pour cibler l'aspect psychologique, social et audiolgique du patient,
- un test d'inconfort pour rechercher son seuil d'inconfort subjectif.

Il va devoir également recontrôler cette tolérance au cours du temps afin d'observer l'évolution de l'UCL et donc du champ dynamique, signe d'une prise en charge réussie.

Cette prise en charge est souvent négligée dans la mesure où la subjectivité prend une place très importante. Cependant nous avons vu qu'il existait plusieurs méthodes permettant de la réduire comme :

- ne pas utiliser de consignes spécifiques lors du test de l'UCL et se baser sur l'observation du faciès du patient,
- Refaire ces différents tests au moins une fois par an, lors d'un contrôle, afin que le patient soit en confiance et qu'il réponde le plus objectivement possible.

Enfin cette prise en charge doit être également accompagnée de méthodes de préventions dans les lieux publiques, dans les activités professionnelles ou extra professionnelles comme par exemple la distribution de bouchons dans les concerts ou dans les discothèques. Grâce notamment à la législation mise en place au cours de ces dernières années, le risque de développer une surdité tend à diminuer considérablement par rapport aux générations précédentes. Ceci est d'autant plus vrai dans le milieu professionnel.

# BIBLIOGRAPHIE

- [1] : Legent F, Bordure P, Calais C, Malard O, Chays A, Roland J, Garnier S et Debrouille X, Audiologie Pratique-Audiométrie, Ed Masson, 3<sup>e</sup> édition, chapitre 10 p189, Notions d'acoustique physique
- [2]: Bonfils P, ORL, Ed med-line, 5<sup>e</sup>edition
- [3] : Ducourneau J, Cours de traitement du signal, D.E d'Audioprothèse 3<sup>e</sup> année, Faculté de pharmacie de Nancy, 2014
- [4] : Site internet : <http://www.lemonde.fr>, Société
- [5] : Norme française NF S 30-101, définition du bruit
- [6] : Leca P, Elbaz F, Le bruit, 1993
- [7] : Pietquin D, Acoustique fondamentale, Images issues des articles de la firme Bruël & Kjaer ainsi que du livret pédagogique: "Les risques auditifs" publié par le RIF, 2008
- [8] : Ducourneau J, Cours de PhysioAcoustique – Psychoacoustique, D.E d'Audioprothèse, 2<sup>e</sup> année, Faculté de pharmacie de Nancy, 2013
- [9] : Gelis C, Bases techniques et principes d'application de la prothèse auditive, Ed Sauramps médical, chapitre Sensation d'Intensité Auditive ou Sonie
- [10]: Wolfe J, What is a decibel, UNSW, school of physics, Sydney
- [11] : Ducourneau J, Cours sur les ondes sphériques, D.E d'Audioprothèse 2<sup>e</sup> année, Faculté de pharmacie de Nancy, 2013
- [12] : Goyé A, La perception auditive, Cours P.AM.U, Télécom Paris, Janvier 2002, p19
- [13] : Raves W, Acoustique et Nuisance Sonore, 2011
- [14] : Site internet : <http://www.elstarprevention.com>, Site de prévention et protection auditive
- [15] : Centre Antibruit d'Alsace (CABA), Echelle du bruit
- [16] : Site internet : [www.iframsurdite.com/thematique.html](http://www.iframsurdite.com/thematique.html), Dossier Audition
- [17] : Les Organes des sens, Faculté de médecine Pierre et Marie Curie
- [18] : Gelis C, Bases techniques et principes d'application de la prothèse auditive, Ed Sauramps médical, chapitre Fonctionnement du Système Auditif

[19] : Pernes JF, Cours d'acoustique, Collège Nationale des enseignants de biophysique et de médecine nucléaire, 2005

[20]: Dancer A, Blatrix S, Minary P, Site internet: <http://www.neuroreille.com>

[21] : Dumond D, Organe de Corti, 2010

[22] : Kahle W., Frotscher M., Atlas de poche d'anatomie, 4ème édition, 3ème volume, Système nerveux et organes des sens, Paris, Flammarion Médecine-Sciences, 2007

[23] : Bayard A., Les merveilles de notre corps, 5ème édition, Tomes 1 et 2, Mécanisme des fonctions et règles d'or de la santé, Sélection du Reader's Digest, 1964

[24] : Marco-Dutoit M.L, Blanc P, La surdité, les prothèses auditives et l'informatique, 1997

[25] : Renard M, Bureau International d'Audiophonologie (BIAP), Classification des surdités, 2011

[26] : Site internet de la JNA : <http://www.journee-audition.org>, 2014

[27] : Ménard C, Girard D, Léon C, Beck F, Les nuisances sonores, INPES, 2007

[28] : Enquête Ad'Hoc Research : Haro sur les niveaux sonores, 2006

[29] : Dossier de presse, Ministère de la Santé, de la Jeunesse, des Sports et de la Vie Associative, Institut National de Prévention et d'Éducation pour la Santé (INPES), Octobre 2008

[30] : Extrait du bulletin n°44 du Magazine : L'ORL : L'ORL et le Bruit, Avril 1999

[31] : Marre L, Éléments d'acoustique et nuisances sonore, la lutte contre le bruit, 2005

[32] : Ducourneau J, Cours sur les bruits en milieu industriel : Mesure et solutions de protection, D.E d'Audioprothèse 3<sup>e</sup> année, Nancy, 2014 - Les Cahiers de l'Audition n°6, volume 26, p11, Novembre-Décembre 2013, suite aux EPU

[33] : Ducourneau J, Image INRS, Solutions et traitement acoustique en milieu industriel

[34] : Magat C, Guide de l'Accueil Collectif des Mineurs, Comment lutter contre le bruit, 2003

[35] : Document INRS, Valeurs limites d'exposition au bruit et port de protecteurs individuels, préconisations ED 133, 2012

[36] : Document INRS, articles R. 231-125 à R. 231-135, par le décret n° 2006-892 du 19, dans le code du travail, Juillet 2006

- [37] : Hans E, Hugon B, Prévention et protection contre le bruit : Systèmes actifs et passifs, Les Cahiers de l'Audition n°6, volume 26, p14, Novembre-Décembre 2013, suite aux EPU
- [38] : Document tiré de la Commission Universitaire de Sécurité et Santé au travail, Hygiène du travail, Nuisances physico-chimiques liées à l'environnement de travail, 2005
- [39] : Site internet : <http://www.paris.fr/pratique/environnement/bruit/les-cartes-du-bruit-de-paris>
- [40] : R. Dreys, Document extrait de Nuisances et Environnements Sonores, 2012.
- [41] : INRS, Affiche de prévention contre le bruit
- [42] : Site internet : <http://pwp.lino.com/marcelg/bruit3.htm>, 1997
- [43] : Kryter KD, Physiologicalacoustics and health, J Acoustic Soc Am, 1980, p68
- [44] : Takala J, Noise and blood pressure, Lancet, 1977
- [45]: Broadbent DE, Decision and stress, New York, Academic Press, 1971
- [46] : Leca P, Elbaz F, Le bruit, 1993- Les effets du bruit sur la santé, Ministère de la Santé et de l'action humanitaire, disponible au CIDB, mai 1992
- [47] : Le Bansais C, Les causes des échecs d'appareillage chez la personne âgée, Mémoire de fin d'étude au D.E d'Audioprothèse, 2001
- [48] : Extrait du Précis d'Audioprothèse, Tome I, L'Appareillage de l'Adulte, chapitre : La mesure du seuil subjectif d'inconfort
- [49] : Dodelé L, La mesure du seuil d'inconfort, News/Ideas/High Technology/Acoustic, 1992
- [50] : Nexer G, HearingProTech, Choisir un protecteur individuel contre le bruit, Octobre 2011
- [51] : Interson-Protac, Notice d'utilisation des protections auditives individuelles sur mesures, 2013
- [52] : Lantin P, Siemens, Cours sur le contrôle des sons forts, D.E d'Audioprothèse, 3<sup>e</sup> année, Faculté de pharmacie de Nancy, 2013
- [53] : Aubignat A, Corrélation entre Réflexe Stapédien et seuil d'Inconfort, Mémoire de fin d'étude au D.E d'Audioprothèse au CNAM Paris, 2002, publié dans les Cahiers de l'Audition n°6, volume 17, Novembre-Décembre 2004



[54] : Legent F, Bordure P, Calais C, Malard O, Chays A, Roland J, Garnier S et Debrouille X, Audiologie Pratique-Audiométrie, Ed Masson, 3<sup>e</sup> édition

## **ANNEXE 1 : La Charte de l'association JNA : les fondements de notre engagement**

1. L'audition est la fonction primordiale de communication.
2. La mission de l'Association JNA est de sensibiliser le public ainsi que les responsables politiques et sociaux, à la préservation et à la conservation de cette fonction, par la diffusion d'informations sur les risques auditifs, le confort d'écoute, la malentendance.
3. Dans ce but elle s'entoure de compétences bénévoles, reconnues dans les domaines de l'acoustique, de l'audition et de la réhabilitation.
4. Les informations diffusées par l'Association JNA ne peuvent être assimilées à une consultation médicale ou à une incitation commerciale.
5. Pour la prévention des risques auditifs, l'Association JNA s'attache à diffuser l'information en priorité vers les secteurs où la réglementation est incomplète ou mal appliquée.
6. Le public jeune et l'écoute de musique amplifiée, les loisirs et les travaux en milieu bruyant sont particulièrement visés.
7. La gêne due au bruit est une préoccupation majeure des Français. L'Association JNA informe le public de ses droits et obligations de tolérance et de respect d'autrui en matière de confort auditif et de nuisances sonores.
8. L'Association JNA agit en faveur d'un dépistage précoce systématique de la déficience auditive.
9. Les malentendants présentant un déficit auditif important sont généralement suivis sur le plan médical, et bénéficient souvent de structures de soutien. Mais l'entourage proche et occasionnel de ces personnes ignore la manière dont on doit les accueillir et communiquer avec elles. L'Association JNA informe les différents intervenants sur les procédés et les attitudes favorisant la communication avec les sourds.
10. À côté de ce handicap reconnu, existe une population bien plus nombreuse de personnes en difficultés. Ces malentendants, gênés par la constatation et les conséquences de leur état, désorientés par les promesses excessives de la publicité et les fausses annonces, sont à la recherche d'informations sérieuses et objectives sur la surdité, son évolution, les moyens de vivre avec et de la compenser. L'Association JNA fait de cette information, un objectif prioritaire.

## ANNEXE 2 : Questionnaire de sensibilité aux sons forts

### QUESTIONNAIRE DE SENSIBILITE AUX SONS FORTS

Age :

- ☐ Moins de 40 ans
- ☐ Entre 40 et 65 ans
- ☐ Plus de 65 ans

Sexe :

- ☐ F ☐ M

#### Consigne :

Dans le questionnaire suivant, cochez la case correspondant à la réponse la plus adéquate pour vous.

<b>1- Etes-vous gêné(e) par les sons forts dans votre quotidien ?</b>	
<input type="checkbox"/> Oui	<input type="checkbox"/> Non
<b>2- Est-ce supportable ?</b>	
<input type="checkbox"/> Oui	<input type="checkbox"/> Non
<b>3- Sur une échelle de 1 à 10, où se situerait votre acceptation des sons forts ?</b>	
<input type="checkbox"/> 1	<input type="checkbox"/> 6
<input type="checkbox"/> 2	<input type="checkbox"/> 7
<input type="checkbox"/> 3	<input type="checkbox"/> 8
<input type="checkbox"/> 4	<input type="checkbox"/> 9
<input type="checkbox"/> 5	<input type="checkbox"/> 10
<b>4- Avez-vous travaillé ou travaillez-vous dans un environnement sonore intense ?</b>	
<input type="checkbox"/> Oui	<input type="checkbox"/> Non
<b>❖ Si oui, lequel ?</b>	
<input type="checkbox"/> Bâtiment	<input type="checkbox"/> Musique
<input type="checkbox"/> Médical	<input type="checkbox"/> Autre.....
<input type="checkbox"/> Enseignant	
<b>❖ Combien de temps par jour ?</b>	
<input type="checkbox"/> Moins de 3h	<input type="checkbox"/> Entre 6h et 8h
<input type="checkbox"/> Entre 3h et 6h	
<b>❖ Utilisez-vous un moyen de protection ?</b>	
<input type="checkbox"/> Oui	<input type="checkbox"/> Non
<b>5- Pratiquez-vous ou avez-vous pratiqué des activités en relation avec des milieux sonores importants ?</b>	
<input type="checkbox"/> Tir/Chasse	<input type="checkbox"/> Moto
<input type="checkbox"/> Concert/Boite de nuit	<input type="checkbox"/> Autre : .....
<b>6- Si l'on vous propose une activité, pensez-vous tout de suite au bruit que vous aurez à supporter ?</b>	
<input type="checkbox"/> Oui	<input type="checkbox"/> Non
<b>7- Vous arrive-t-il de refuser des invitations ou des sorties par crainte du bruit que vous aurez à affronter ?</b>	
<input type="checkbox"/> Oui	<input type="checkbox"/> Non
<b>8- Avez-vous déjà eu des acouphènes (sifflements, bourdonnements) suite à l'écoute de sons forts ?</b>	
<input type="checkbox"/> Oui	<input type="checkbox"/> Non

---

**9- Quels sont les sons les plus désagréables pour vous sur le plan de l'intensité ?**

<input type="checkbox"/> Bruit de la rue	<input type="checkbox"/> Vaisselle
<input type="checkbox"/> Sirènes Pompier/Police	<input type="checkbox"/> Marteau piqueur
<input type="checkbox"/> Restaurant	<input type="checkbox"/> Cris d'Enfants

---

**10- Avez-vous l'impression que les sons forts qui vous sont désagréables sont ?**

<input type="checkbox"/> Aigus	<input type="checkbox"/> Graves
<input type="checkbox"/> Complexes	

---

**11- Etes-vous plutôt gêné(e) par des sons ?**

<input type="checkbox"/> Impulsionnels (type porte qui claque)	<input type="checkbox"/> Continus (type marteau piqueur)
---	---

---

**12- Pensez-vous que l'écoute des sons forts a une influence sur votre audition ?**

<input type="checkbox"/> Oui	<input type="checkbox"/> Non
------------------------------	------------------------------

---

**13- Protégez-vous vos oreilles lors d'une écoute prolongée des sons forts ?**

<input type="checkbox"/> Oui	<input type="checkbox"/> Non
------------------------------	------------------------------

---

**14- Connaissez-vous des moyens de protection contre les sons forts ?**

<input type="checkbox"/> Oui	<input type="checkbox"/> Non
❖ Si oui, lesquels	
<input type="checkbox"/> Casques	<input type="checkbox"/> Autre.....
<input type="checkbox"/> Bouchons	
❖ Par qui les avez-vous connus ?	
<input type="checkbox"/> Audioprothésistes	<input type="checkbox"/> Publicité
<input type="checkbox"/> ORL	<input type="checkbox"/> Autre.....
<input type="checkbox"/> Amis	

---

**15- Souhaiteriez-vous avoir la possibilité d'intervenir manuellement sur les sons forts ?**

<input type="checkbox"/> Oui	<input type="checkbox"/> Non
<input type="checkbox"/> potentiomètre de volume	
<input type="checkbox"/> télécommande	
<input type="checkbox"/> programme automatique	

---

**16- Dans votre entourage, connaissez-vous des gens qui ne supportent pas les aides auditives car les bruits sont trop forts et qu'ils ne les supportent plus ?**

<input type="checkbox"/> Oui	<input type="checkbox"/> Non
------------------------------	------------------------------

---

**17- Avez-vous des appréhensions concernant le port des aides auditives par rapports à ces sons forts ?**

<input type="checkbox"/> Oui	<input type="checkbox"/> Non
❖ Si oui pourquoi ?	
.....	

---

**18- Certains sons forts sont-ils indispensables selon vous ?**

<input type="checkbox"/> Oui	<input type="checkbox"/> Non
❖ Si oui lesquels ? .....	

---

*Je vous remercie pour le temps que vous avez bien voulu consacrer à ce questionnaire.*

## ANNEXE 3 : Liste des fabricants de protections auditives individuelles

Nom	Téléphone	Adresses	
3M	01 30 31 61 61	Boulevard de l'Oise	95600 CERGY-POINTEAUX
API PROTECTION	04 78 46 10 40	16 rue Port Rave	63390 VERNAISON
AUBOUEIX SA	01 46 05 76 21	49, rue de l'Ancienne Mairie	92100 BOULOGNE
BODYGUARD	01 48 24 15 48	52, rue des Petites écuries	75010 PARIS
BOLLE	04 78 85 23 64	161, rue Alexis Perroncel - BP 139	69100 VILLEURBANNE
BOULES QUIES	01 69 30 21 21	4, rue Ambroise Croizat	91124 PALAISEAU CEDEX
Centre Appareillage Auditif SA	05 49 46 05 05	Espace médical Rabelais 130, route de Nouaille	86000 POITIERS
Centre Troyens de l'Audition	03 25 73 42 55	40, place Jean Jaurès	10000 TROYES
COETRONICS	01 60 28 60 62	16, rue Pré-des-Aulnes	77340 PONTAULT-COMBAULT
COMASEC	01 49 33 85 00	6-10, quai de Seine - BP 126	93200 SAINT-DENIS
COTRAL (Laboratoires)	02 31 69 36 36	ZI Nord-Ouest - Route de Vire - BP 100	14110 CONDE-SUR-NOIREAU CEDEX
DALLOZ Safety (BILSOM)	03 26 85 61 14	18 ter, bd Val de Vesle	51100 REIMS
DECIBEL France	04 37 26 03 03	616, rue Dombes	01700 LES ECHETS
DEPROTEC	03 87 73 86 46	ZI Les Jonquières	57365 ENNERY
EAR	01 69 85 54 39	4, route de Gisy	91571 BIEVRES CEDEX
ELCEA France SA ABS Ind.	01 34 61 37 82	18 bis, rue des Louveries	78310 COIGNIERES
ELSTAR	01 47 20 77 54	45, avenue Marceau	75008 PARIS
EMBOUT Français (L')	04 72 37 12 70	25 B, rue du 35 <sup>e</sup> Rég. D'Aviation - BP 4	69671 BRON CEDEX
ESPACE DE L'AUDITION	05 55 32 45 50	19, place Manigne	87000 LIMOGES
EURODITION	05 96 58 56 16	Bassignac	97220 TRINITE
EUROLAM	04 73 53 60 64		63190 PONT-ASTIER
GERIN	04 72 65 33 99	70, cours Toistoï - BP 1226	69607 VILLEURBANNE CEDEX
GM Acoustique	02 35 60 17 01	Espace Leader - BP 26	76231 BOIS GUILLAUME CEDEX
GUENEAU INDUSTRIE	01 49 33 85 00	Groupe Comasec - 6-10, quai de Seine	93200 SAINT-DENIS
LANSEC	05 56 34 19 72	22, avenue Ariane - Parc Cadéra Sud	33700 MERIGNAC
LEM Industries	01 49 84 80 22	26, avenue Pépinières	94260 FRESNES CEDEX
MIDISON	04 66 23 09 22	32, avenue Franklin Roosevelt	30910 NIMES CEDEX 2
MONIER (Les Embouts)	04 66 80 22 89	4, avenue du Midi - BP 11	30111 CONGENIES
MSA	01 34 32 34 32	13 rue Guvernone	95310 SAINT-QUEN-L'AUMONE
NORM'EMBOUT Sarl	02 33 32 23 28	4, rue de la Cave-au-Bœuf - BP 4	61420 SAINT-DENIS-SUR-SARTHON
NOUMEA SURDITE	06 87 24 07 07	12, allée Bellevue Receiving - BP 357	98845 NOUMEA - NOUVELLE CALEDONIE
OLBINSKI-WARUSFEL (Groupe)	03 27 95 53 53	64, rue du Moulinel	59169 CANTIN
PELTOR	Distribué par EAR		
PROTAC	02 35 73 54 79	72, avenue Jean Jaurès - BP 181	75140 LE PETIT-QUEVILLY
PROTECTION RATIONNELLE (La)	01 48 10 38 70	39, rue Hoche	93697 PANTIN CEDEX
PULSAFE SECURITE SA	03 89 61 85 73	106, rue des Bains	68390 SAUSHEIM
RACAL	01 39 23 22 22	18, avenue Dutartre	78150 LE CHESNAY
RENARD Lab. D'Audiologie	03 20 01 70 27	17-21, avenue Gustave Dron - BP 436	59338 TOURCOING CEDEX
SACLA	04 72 26 57 57	ZI de Rosarge	01700 LES ECHETS
SAGEM / Signalis. SLEC	01 34 24 62 62	4, rue du Petit Albi - BP 8448	95807 CERGY-PONTOISE CEDEX
SARFA	01 41 27 24 24	Bât. Agena - 22, rue Mozart	92587 CLICHY CEDEX
STARKEY France	01 49 80 74 74	23, rue Nicolas Ledoux (Europarc)	94045 CRETEIL CEDEX
SURDIFUSE SA	01 47 70 97 11	17, rue des Messageries	75010 PARIS
TECHNOFIRST	04 42 03 46 60	Parc Napoléon - 399, avenue des Templiers	13676 AUBAGNE CEDEX

## ANNEXE 4 : Les différents types de méthodologies intégrant l'UCL.

Logiciel	Formule d'appareillage	Source de l'UCL	Les compressions sont-elles calculées en fonction de l'UCL saisi ?
Aventa 2.9	Audiogram+	Statistique	Non
	DSL [i/o]	Audiogramme	Oui
	NAL NL-1	Statistique	Non
	DSL v5	Audiogramme	Oui
Connexx 6.2	ConnexxFit	Audiogramme	Non
	Open	Audiogramme	Non
	NAL NL1	Audiogramme	Non
	DSL [i/o]	Audiogramme	Oui
ExpressFit 6.0	DSL m[i/o]	Statistique	Non
Oasis 10.1	BernaFit	Audiogramme	Oui
	NAL NL1	Audiogramme	Non
	DSL [i/o]	Audiogramme	Oui
U:fit 2.0.1	NAL NL1	Statistique	Non
	DSL v5	Audiogramme	Oui
Inspire 2009	e-Stat	Audiogramme	Non
	NAL NL1	Audiogramme	Non
	DSL v5	Audiogramme	Oui
	NAL NL-R	Audiogramme	Non
iPFG 2.4	Phonak Digital for CrystalSound	Audiogramme	Oui
	DSL v5	Audiogramme	Oui
	DSL [i/o]	Audiogramme	Oui
	NAL NL1	Statistique	Non
Génie 2009.2	NAL NL1	Audiogramme	Non
	DSL v5	Audiogramme	Oui
Compass 4.7	Propriétaire	Statistique	Non
Solus 2.6	BAFA	Audiogramme	Oui
	DSL [i/o]	Audiogramme	Oui

## ANNEXE 5 : Contrôle de l'UCL après des années d'appareillage.

### CONTROLE DE L'UCL APRES DES ANNEES D'APPAREILLAGE

**CONSIGNE** : Vous allez entendre des sons forts, de plus en plus forts et vous allez me faire un signe quand le son devient gênant, juste avant que ça ne devienne douloureux. (Seuil ascendant en commençant vers 80dB puis en augmentant progressivement). Cochez les cases en mettant une croix merci. (Les parties : perte auditive et année ne sont pas à remplir)

Nom	Compréhension immédiate de la consigne		Modification de l'UCL								Perte auditive	Année d'appareillage		
	Oui	Non	Oui				non							
			100 vers 120dB				100 vers 80dB							
			5	1	2	4	5	1	2	4				
22														
	X		=	↑	=	=	=	=					2012	
	X		=	=	=	=	=	=	NON	20	30	40	55	2012
		X	↑	↑	↑			↑	↑					
	X		=	=	=	=	=	↑	↑	30	35	45	45	2008
	X							↑	↑	↑	↑	↑	↑	2011
	X		=	=	=	=	=	↑	↑	60	70	65	70	2012
			↑	↑	↑	↑	↑	↑	↑	60	55	75	75	2009
	X		=	↑	=	=	=			45	50	55	60	2011
	X		↑	↑	↑	↑	↑	↑	↑	35	40	60	45	2011
	X		↑	↑	↑	↑	↑	↑	↑	35	45	50	45	2012
	X		↑	↑	↑	↑	↑	↑	↑	50	55	55	70	2011
	X		=	↑	↑	↑	=	↑	↑	35	45	50	45	2013
	X		↑	↑	↑	↑	↑	↑	↑					2012
	X		↑	↑	↑	↑	↑	↑	↑					
	X		↑	↑	↑	↑	↑	↑	↑	40	40	65	70	2010
	X		↑	↑	↑	↑	↑	↑	↑					
	X		↑	↑	=	=	↑	↑	=					
	X		↑	↑	↑	↑	↑	↑	↑	50	60	60	60	
	X		↑	↑	↑	↑	↑	↑	↑	20	20	40	20	2009
	X		↑	↑	↑	↑	↑	↑	↑	40	35	50	25	2012
	X		↑	↑	↑	↑	↑	↑	↑	40	60	60	65	2013
	X		↑	↑	↑	↑	↑	↑	↑					2013

# TABLE DES ILLUSTRATIONS

Illustration 1: Propagation d'une onde périodique en fonction du temps [2] .....	3
Illustration 2: Représentation de la pression acoustique de différents bruits en fonction du temps [2] .....	4
Illustration 3: Enregistrements et spectres fréquentiels d'un son complexe (1) et d'un son pur (2) [4] .....	5
Illustration 4: Représentation spectrale du bruit blanc [3] .....	7
Illustration 5: Représentation spectrale du bruit rose [3] .....	7
Illustration 6: Courbes Isosoniques d'audibilité de Fletcher et Munson [7] .....	8
Illustration 7: Echelle de correspondance Sones/Phones [10] .....	9
Illustration 8: Transformation des dB SPL en dB HL [9] .....	11
Illustration 9: les différentes pondérations en fonction des fréquences [7] .....	14
Illustration 10: sonomètres intégrateurs [14] .....	16
Illustration 11: Exemple d'échelle de bruits présents dans le quotidien [15] .....	17
Illustration 12: Schéma du système auditif périphérique : Oreille Externe, Moyenne et Interne [16] .....	18
Illustration 13: Schéma de l'Oreille Externe : Pavillon et Conduit Auditif Externe [17] ..	19
Illustration 14: Représentation du gain acoustique en dB du CAE(c), du pavillon (p) et du gain total de l'oreille externe (t) en fonction de la fréquence en Hz [19] .....	20
Illustration 15: fonction de transfert de l'oreille moyenne [20] .....	21
Illustration 16: organe de corti [21] .....	22
Illustration 17: Tonotopie cochléaire pour un son de 10kHz [22] .....	23
Illustration 18: Fonctionnement du système auditif centrale [23] .....	23
Illustration 19: Fréquence de décharge d'un même neurone pour deux sons d'intensités différentes [22] .....	24
Illustration 20: champ dynamique de l'audition en fonction des fréquences [24] .....	26
Illustration 21: solutions de traitement acoustique en milieu industriel [33] .....	37
Illustration 22: Dessin caricatural du bruit [34] .....	38
Illustration 23: Cartographie du bruit routier de Paris de 22h à 6h [39] .....	40
Illustration 24: Affiche de Prévention contre le bruit [41] .....	43
Illustration 25: Dessin représentant les effets du bruit sur l'organisme [42] .....	44
Illustration 26: PICB à coquilles [50] .....	64
Illustration 27: Bouchons réunis par une bande [50] .....	64
Illustration 28: Bouchons dit « standards » [50] .....	64
Illustration 29: Bouchons moulés sur mesure [50] .....	65
Illustration 30: Stopgun [51] .....	67
Illustration 31: Capture d'écran d'un réglage de MPO en prenant comme stimulus d'entrée le bruit vocal LTASS .....	70
Illustration 32: Capture d'écran d'un réglage de MPO en prenant comme stimulus d'entrée le son pur .....	71
Illustration 33: Capture d'écran d'un réglage de MPO en prenant comme stimulus d'entrée le son pur et montrant l'écart de 20 dB dans les HF entre les deux stimuli .....	71
Illustration 34: Capture d'écran d'un réglage de MPO lorsque celui-ci est .....	73
Illustration 35: Système auditif central [54] .....	76
Illustration 36: Représentation graphique du Réflexe Stapédien [54] .....	78



# TABLE DES TABLEAUX

Tableau 1: Classification des surdités [25].....	27
Tableau 2: Actions réalisées par l'employeur en fonction des différents niveaux d'exposition sonores [35], [36], [37].....	39
Tableau 3 : Avantages et inconvénients des PICB [50] .....	66
Tableau 4: Résultats des SSI en fonction des différentes fréquences [53] .....	78
Tableau 5 : Seuils d'enclenchement des réflexes stapédiens en fonction des fréquences pour le groupe 1 [53] .....	79
Tableau 6 : Seuils d'enclenchement des réflexes stapédiens en fonction des fréquences pour le groupe 2 [53] .....	79
Tableau 7: les résultats de L'UCL chez les patients.....	83
Tableau 8: les valeurs du gain des sons forts des appareils auditifs des patients. ....	84
Tableau 9 : les résultats de la perte auditive des patients.....	85
Tableau 10 : les valeurs du MPO dans les appareils des patients.....	86

# **LES SONS FORTS : CARACTERIQUES, EVALUATION ET PRISE EN CHARGE**

Soutenu le 6 Novembre 2014

par David BISMUTH

## **RESUME**

Les sons forts, présents au quotidien dans notre environnement, constituent un réel problème de société.

Aujourd'hui encore, trop de patients ne supportent plus leurs aides auditives par crainte des sons de forte intensité. Que faire pour améliorer le confort tout en conservant la protection du patient ?

Le but de ce mémoire est de montrer que toutes les étapes de la prise en charge des sons forts, du premier rendez-vous jusqu'aux rendez-vous de contrôles, sont indispensables.

Cette prise en charge passe par une anamnèse détaillée, des tests d'inconforts ainsi que des réglages adéquats.

## **MOTS CLES**

SONS FORTS      PRISE EN CHARGE      INCONFORT  
EVOLUTION UCL      PROTECTION      REGLAGES  
SUBJECTIVITE