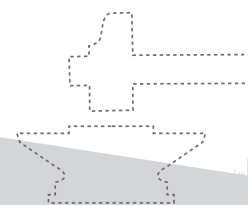




# SAVOIR ECOUTER : UN PROBLEME DE SANTÉ PUBLIQUE

JEAN-JOSE WANEGUE



*En première lecture ce titre peut paraître excessif. Mais si l'espace de cet article le lecteur nous prête une oreille attentive, il comprendra très vite que ce qui vu de l'extérieur n'est qu'un pavillon, est en fait un organe délicat et complexe, par lequel non seulement des informations vitales pour notre survie transitent, mais avec qui la parole trouve sa raison d'être. C'est aussi grâce à cet organe qu'il nous est possible de ressentir d'intenses émotions à l'écoute du chant et de la musique. Tout comme la vue, notre ouïe est un bien précieux qu'il nous faut savoir préserver. Existerait-il donc un savoir écouter ? C'est ce que nous allons essayer de déterminer avec cette promenade dans le monde des sons et de l'oreille.*

## DOUCEMENT LES BASSES !

**Le** son est partout et le son s'invite partout, qu'il soit parole, musique ou bruit. Notre vie est accompagnée d'une multitude de sons dont parfois nous ne sommes même plus conscients. Dans cette cacophonie il existe des moments privilégiés que nous dédions à l'écoute musicale. Les progrès techniques et industriels ayant fait leur œuvre chacun d'entre nous dispose de nombreuses solutions pour écouter sa musique favorite selon les instants et les lieux. Cela va de la simple écoute au casque à la reproduction sur les enceintes d'une chaîne HI-FI, en passant par le concert de rock ou une soirée en discothèque. Dans cette profusion de solutions bien souvent une compétition s'est engagée et c'est la course à la puissance pour éprouver toujours plus de sensations. Il est évident que cette évolution peut soumettre à rude épreuve nos oreilles. Une écoute au casque ou sur enceinte à des volumes trop élevés peut produire des lésions irréversibles dont trop souvent nous n'avons pas conscience. Bien sûr les premiers concernés et souvent les plus touchés sont les jeunes qui dans leur recherche de sensations fortes et par manque d'information s'exposent à ces risques pouvant conduire à des formes de surdité temporaire ou définitive. Face à cela les pouvoirs publics ont pris des dispositions pour limiter la puissance sonore maximale des appareils pour une

écoute au casque (baladeurs). Cette puissance de sortie a été limitée à 100 dB SPL<sup>1</sup> (arrêté du 24 juillet 1998). En mars 1997 un décret a limité la pression acoustique dans les discothèques à un niveau moyen de 105 dB(A)<sup>2</sup>. Puis ce fut le tour des concerts publics pour lesquels un décret de décembre 1999 limite le niveau sonore moyen à 105 dB et 120 dB en crête. Le problème est que ces réglementations ne font que définir des niveaux sonores qui sont plus ou moins respectés. C'est ainsi que lors de concerts on a pu mesurer des pics de 139,5 dB soit un niveau sonore équivalent à un réacteur d'avion. Ces réglementations ne protègent pas contre les risques et c'est donc à chacun d'entre nous de savoir où se situe la limite tolérable au-delà de laquelle nous pouvons sérieusement compromettre ce capital auditif qui nous est si cher. Le problème est que nous ne sommes pas égaux devant ces risques et qu'il est parfois difficile de s'y retrouver dans ces mesures de niveaux sonores. De plus les risques ne sont pas les mêmes selon que l'on est exposé à un son intense pendant une période plus ou moins longue ou selon la plage dynamique de la musique. On comprend aisément que si dans la symphonie Fantastique de Berlioz il y a un passage à 110 dB, cela n'a certainement pas les mêmes effets qu'un concert du groupe Manowar enregistré dans le livre Guinness des records en matière de décibels.

Pour comprendre ce à quoi nous nous exposons lorsque de la simple gourmandise musicale nous nous laissons entraîner dans une boulimie de décibels, il suffit d'écouter le Dr. Drystan Loth (docteur en médecine et biologie humaine, spécialiste en neurophysiologie), ainsi que Yann Coppier (musicien et professeur à l'école ATLA) et Thierry Garacino (musicien et ingénieur du son)<sup>3</sup>.

### RETOUR SUR QUELQUES DÉFINITIONS

**Les** variations rapides de la pression de l'air au niveau de nos oreilles provoquent une sensation auditive. Ces variations de pression sont dues à des perturbations créées dans un milieu matériel élastique. Le son se propage par une mise en oscillation de proche en proche des particules d'air par rapport à leur position d'équilibre. Ainsi le mot son désigne à la fois la vibration physique qui engendre la sensation et la sensation elle-même. Ces ondes sonores que nous percevons transmettent une certaine quantité d'énergie. Elles sont caractérisées par trois éléments qui sont l'intensité, la hauteur et le timbre. Nous ne nous intéressons ici principalement qu'à l'intensité, que l'on appelle parfois volume ou amplitude sonore. Puisque le son résulte d'une variation de pression il est logique de commencer par l'unité de pression qui est le Pascal ( $1 \text{ Pa} = 1 \text{ N/m}^2$ ). La pression atmosphérique moyenne est d'environ  $100\,000 \text{ Pa}$ . Notre seuil d'audition correspond à une variation de pression de  $20 \mu\text{Pa}$  ( $20 \times 10^{-6} \text{ Pa}$ ). C'est cette valeur qui a été choisie comme référence pour l'établissement d'une échelle des pressions sonores et ce pour une fréquence (hauteur) de  $1000 \text{ Hz}$ . L'intensité sonore que transporte une telle onde est de  $10^{-12} \text{ Watts/m}^2$ . Notre seuil de douleur se situe autour de  $20 \text{ Pa}$ . L'oreille étant plutôt sensible à des écarts d'intensité qu'à des valeurs absolues, on a adopté des échelles de rapport.

De plus depuis les travaux de Fechner et Weber nous savons que l'augmentation relative d'une sensation (auditive, tactile, etc.) est proportionnelle au logarithme de la grandeur excitatrice. Aussi pour tenir compte de cette loi et pour pouvoir avoir une représentation aisée de grandeurs pouvant varier dans des proportions importantes (de 1 à  $10^{12}$ , voire plus) il est utile d'utiliser des échelles logarithmiques et comme



unité le décibel. Ainsi lorsque l'on multiplie par 2 la puissance émise en passant par exemple de 1 HP à 2 HP, on augmente la sensation auditive que de 3 dB, quelle que soit la puissance initiale.

Si maintenant nous passons de 2 à 4 HP nous ajoutons encore 3dB, soit au total une augmentation du niveau sonore de 6 dB. Pour obtenir au niveau perceptif une sensation 2 fois plus forte il faut multiplier par 10 l'énergie émise, soit une augmentation de 10 dB. Mais la sensation de force sonore pour une même intensité sonore varie de façon significative en fonction de la fréquence. C'est ce que montrent les travaux de Fletcher et Munson qui de façon statistique ont construit pour une population d'individus normaux des courbes isosoniques ou courbes d'égale sensation sonore (figure 2).

Si le niveau sonore est important, la dynamique sonore doit aussi être prise en considération. Chaque instrument a sa propre dynamique et par extension chaque morceau musical aura sa dynamique propre en fonction de sa partition et de la composition de l'orchestre pour lequel il a été conçu. Des musiques présentant des niveaux sonores élevés mais avec de fortes dynamiques ne sont pas nécessairement « nocives » en raison de l'alternance entre les sons fortissimo et les sons pianissimo. A l'opposé des musiques offrant très peu

$$[3 \text{ dB} = 10 \log (P_2/P_1) \text{ avec } P_2 = 2 \times P_1].$$

de dynamique vont dégager un niveau sonore relativement constant, ce qui supprime les périodes de repos pour l'oreille. Comme l'expliquent Yann Coppier et Thierry Garacino dans leur étude sur la compression de dynamique, ce phénomène qui tend à se généraliser a pris naissance avec la diffusion radio.

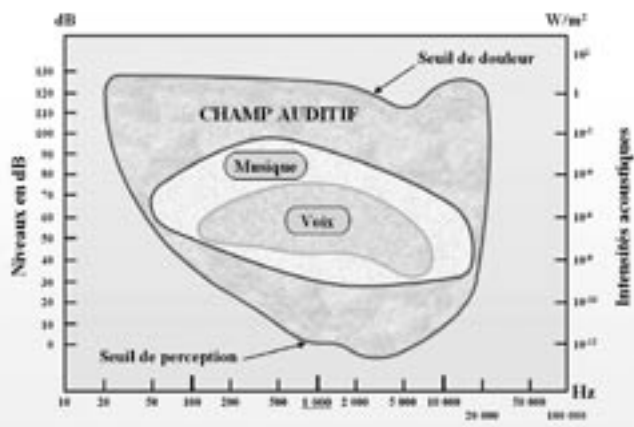


Figure 1 : Le champ auditif est la zone comprise entre le seuil de perception (0 dB) et le seuil de douleur (120 dB).

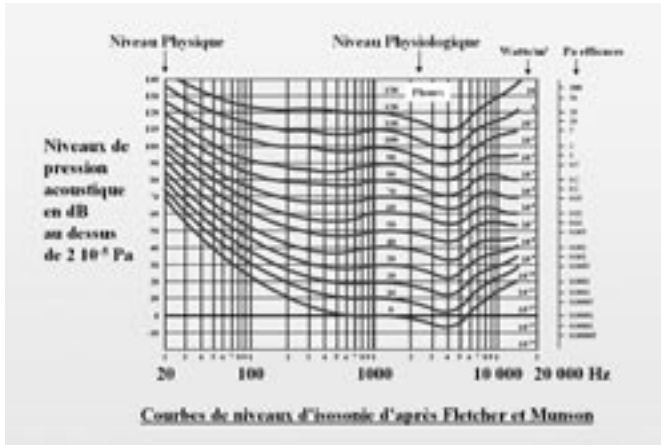


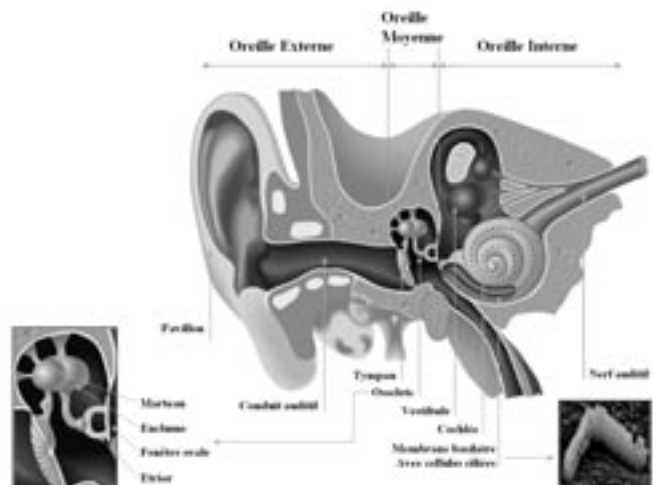
Figure 2 : Courbes de niveaux d'isophonie obtenues par Fletcher et Munson. La sensation de force sonore varie avec la fréquence.

### LE FONCTIONNEMENT DU SYSTÈME AUDITIF

L'oreille externe (pavillon, conduit auditif et tympan) a pour fonction de capter les ondes sonores tout en les amplifiant acoustiquement. En vibrant le tympan transmet les vibrations aériennes à la chaîne des osselets se trouvant dans l'oreille moyenne. L'ensemble marteau-enclume-étrier fonctionne comme un adaptateur d'impédance afin de permettre une transmission de la quasi-totalité de l'énergie reçue à l'oreille interne via ce qu'on appelle la fenêtre ovale<sup>4</sup>. Un mécanisme de protection de l'oreille interne existe grâce à des muscles rattachant le marteau et l'étrier aux parois de la caisse du tympan. Ce mécanisme peut être déclenché par réflexe ou volontairement et permet une atténuation de 30 dB. A partir de 80 dB ces muscles vont par réflexe (réflexe stapédien) réduire la transmission des pressions vers l'oreille interne. Mais ce mécanisme est inopérant pour les très fortes intensités et les sons impulsionnels ainsi que pour les fréquences supérieures à 2000 Hz. De plus son action est limitée dans le temps (effet de fatigue).

On trouve dans l'oreille interne la cochlée (appelée aussi limaçon) qui se présente sous forme d'un tube enroulé autour d'un axe dans lequel arrive le nerf auditif. En passant dans l'oreille interne, les vibrations sonores transmises sous forme de vibrations mécaniques par les osselets, deviennent des vibrations liquidiennes qui ensuite pourront être transformées en impulsions électriques. A ce niveau nous ne nous intéressons qu'à l'organe de Corti qui est l'organe sensoriel auditif<sup>5</sup> de la cochlée. Il est disposé sur la membrane basilaire et comprend environ 16000 cellules, appelées cellules ciliées à la base desquelles le nerf auditif vient chercher le message à transmettre au cerveau. Ces cellules sont réparties en une rangée de cellules ciliées internes (environ 3500) et trois rangées de cellules ciliées externes (environ 12500). Lorsqu'un son parvient à l'oreille il est donc transmis après le mécanisme d'amplification (ou de réduction) de la chaîne des osselets à l'oreille interne. La fenêtre ovale reçoit une vibration qui aura pour effet de déplacer la membrane basilaire. Ce déplacement transmis aux cils des cellules ciliées provoque leur excitation. A partir de là, une cochlée saine est le siège de deux mécanismes. Premièrement les cellules ciliées

Figure 3 : Schéma de l'oreille



externes dotées de propriétés électro-contractiles amplifient la vibration sur une fréquence précise. Elles jouent un rôle de préamplificateur/tuner ou de préampli accordé. Deuxièmement les cellules ciliées internes à leur tour stimulées activent les synapses avec les fibres du nerf auditif et le message est transmis au cerveau. On comprend donc que ce mécanisme très précis puisse se dérégler facilement lors de sons trop intenses notamment.

### LE CHANT DES ACOUPHÈNES

Le problème est que ces cellules ciliées sont fragiles en particulier les cellules ciliées externes. Lorsque le système auditif est soumis à des bruits trop intenses (persistance de niveaux sonores élevés ou déflagration) la vibration liquidienne peut détruire les cils, puis les cellules ciliées elles-mêmes.

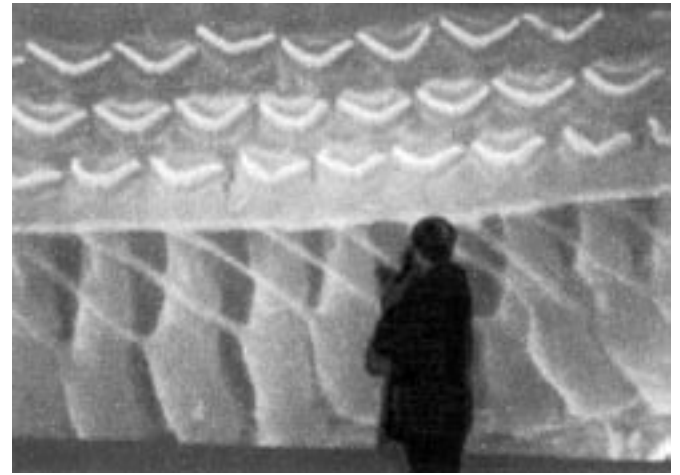
Une fois détruites ces cellules ne repoussent pas. Leur destruction et les séquelles auditives qui s'en suivent sont irrémédiables. La question est donc de savoir comment cela arrive, quels sont les symptômes et quelle est la conduite à tenir. Les dangers liés au bruit dépendent du niveau sonore et de la durée d'exposition. Le cas typique est la personne



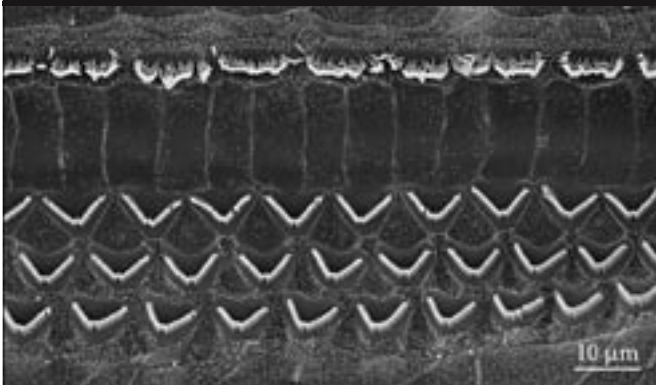
Le Dr. Drystan Loth expliquant le fonctionnement de l'oreille et les dommages que peuvent subir les cellules ciliées que l'on voit sur l'écran.

Au cœur de l'oreille avec le Dr. Loth : vue au microscope électronique à balayage des cellules ciliées : là où les dB peuvent faire très mal.

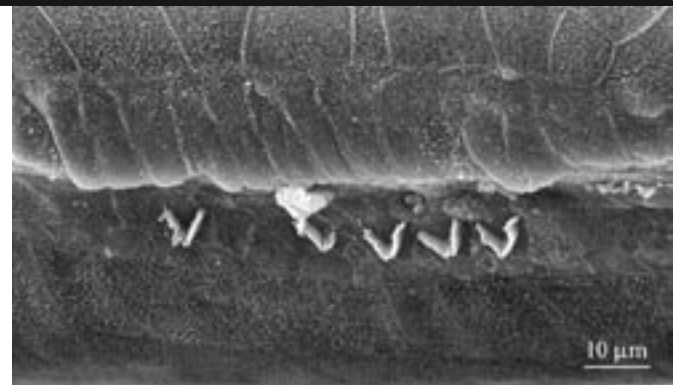
qui va en discothèque et qui se trouve exposée à des niveaux sonores élevés dépassant trop souvent les 100 dB. Trois types de phénomènes significatifs peuvent apparaître. On peut ressentir un phénomène d'oreille bouchée ou d'oreille pleine. On peut aussi percevoir des bruits caractéristiques appelés acouphènes<sup>6</sup>, comme des sifflements aigus ou un bruit de cascade, ou encore un son grave.



## SURFACE D'ORGANES DE CORTI DE RATS VU AU MICROSCOPE ELECTRONIQUE A BALAYAGE



**Organe de Corti normal** : les quatre rangée de cellules sensorielles auditives, les cellules ciliées internes et externes et externes, sont présentes. Les cellules ciliées internes (CCI) sont organisées en une rangée (en haut) tandis que les cellules ciliées externes (CE) sont organisées en trois rangées (en bas). Les faisceaux de cils des CCI sont rectilignes. Ceux des CCE forment un V. Image réalisée sous MEB par Marc Lenoir – INSERM U583.



**Organe de Corti traumatisé** : chez un rat ayant subi une exposition sonore de 8000 Hertz, à 130 décibels pendant 15 mn, une destruction massive des cellules ciliées est constatée. Seules cinq CCE survivantes sont encore visibles. Image réalisée sous MEB par Jing Wang – INSERM U583.

Dans tous les cas il s'agit de signes annonciateurs que l'oreille est en train de souffrir.

Face à ce symptôme le Dr. Loth est catégorique. Il faut sortir immédiatement et mettre l'oreille au repos. Bien souvent le phénomène disparaîtra rapidement après quelques heures. Si hélas on note une persistance du phénomène au-delà de la journée, il est fortement conseillé de consulter un ORL. Malheureusement le public étant mal informé sur ce sujet, et la victime ne voulant pas faire état de son malaise (que l'on peut croire passager) ou passer pour quelqu'un de fragile, le Dr. Loth a eu souvent devant lui des patients pour lesquels l'irréparable avait été commis. C'est ainsi qu'il a eu le cas d'un jeune homme qui lors d'une soirée en boîte ressentait au bout d'une heure ou deux des bruits dans les oreilles. Ses amis déclarant ne rien ressentir il est donc resté, mais devant la persistance du phénomène il s'est confectionné des bouchons auditifs à l'aide de ce qu'il passait par la main afin de se protéger. Au bout de 3 semaines il avait toujours la présence de ses acouphènes. Un bilan auditif a révélé de suite qu'au dessus de 2000 Hz il avait une perte auditive importante qui

allait jusqu'à - 80 dB aux alentours de 6000 Hz. Après application d'un traitement il a pu récupérer un peu de ses capacités auditives (environ 30 dB) mais les acouphènes sont toujours là. On ose à peine imaginer ce qu'aurait été l'étendue des dommages sans le recours à ce bouchon protecteur de fortune. A ces phénomènes de perte de sensibilité auditive peuvent s'ajouter des phénomènes fort gênants de distorsion d'intensité pour lesquels plusieurs explications physiologiques sont proposées. Autrement dit plus l'intensité du son augmente et plus la distorsion se manifeste, et plus importante est l'atteinte auditive. Ce phénomène rend parfois les prothèses auditives traditionnelles difficilement supportables. Avec l'arrivée des prothèses numériques on arrive à réduire cet effet. Il faut retenir de ce témoignage que dès l'apparition de ces premiers symptômes il est impératif de se mettre au calme. Si ces derniers persistent, il faut absolument consulter un ORL dans les plus brefs délais. Traité dans les 24 heures, un patient a de plus grandes chances de récupérer totalement ses capacités auditives après un traumatisme.

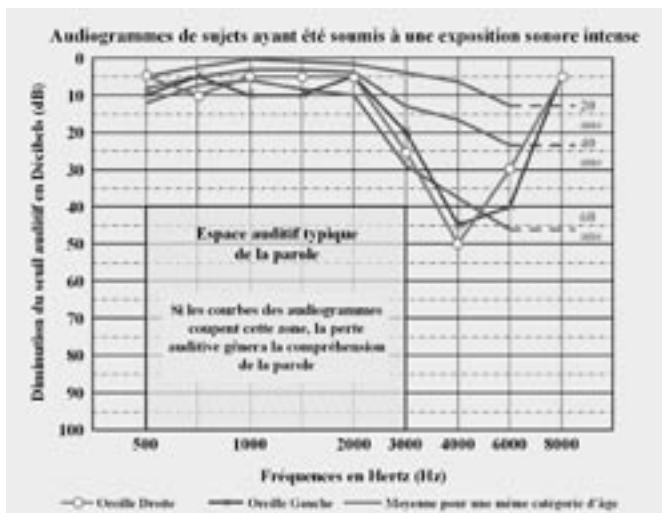


Figure 4 : L'exposition prolongée à des bruits intenses réduit le seuil de perception auditive en particulier dans la région des 4000 Hz.

### LE PROBLÈME DU BALADEUR ET DE L'ÉCOUTE AU CASQUE

Tous les baladeurs commercialisés à présent, à savoir l'appareil et ses écouteurs (ou casque), ne doivent pas pouvoir délivrer une intensité sonore supérieure à 100 dB. Est-ce une bonne mesure ? Pour le Dr. Loth qui participa aux travaux ayant conduit à cette réglementation, il aurait été peut-être préférable d'informer les utilisateurs sur la nécessité qu'il y a à ne pas utiliser ces appareils à des niveaux fort de façon prolongée plutôt que de les brider à 100 dB. Or un niveau de 100 dB est quelque chose de très élevé. Dans le cas de musique classique les risques auditifs sont faibles en raison de la grande dynamique qui existe et qui accorde de nombreux instants où l'oreille peut se reposer et récupérer très vite. Par contre dans le cas de musique dite amplifiée où l'on peut de suite attaquer avec des niveaux importants pour rester ensuite dans une dynamique de quelques décibels, on s'expose là à une fatigue auditive qui nécessite un certain délai pour retrouver un audiogramme normal. De plus le bridage du baladeur est donné pour l'appareil avec ses écouteurs d'origine. Si entre temps vous changez d'écouteurs ou de casque, rien ne vous permet de savoir si vous êtes toujours en dessous des 100 dB<sup>7</sup>. Quand on sait que les enfants et les jeunes adolescents passent plusieurs heures par jour à écouter de la musique au casque avec une puissance voisine des 100 dB et que des tests ont montré qu'après une exposition de seulement 15 minutes à un bruit blanc à 110 dB il faut au moins une journée de repos pour retrouver un audiogramme à peu près normal, on comprend très vite qu'il

s'agit bien là d'un problème de santé publique. Plus de 10% des adolescents de 15 à 18 ans sont déjà porteurs d'un léger déficit auditif significatif dans l'aigu. Mais pourquoi vouloir écouter son walkman à de tels niveaux ? La première raison pourrait être le bruit ambiant régnant, par exemple dans les transports (environ 80 dB à 85 dB dans une rame de métro). L'autre raison vient du fait que l'utilisation de HP de très faibles dimensions dans ces écouteurs ne permet pas de reproduire les basses. Or comme le souligne Yann Coppier, les basses sont devenues une composante importante de la musique actuelle et pour compenser ce déficit dû aux écou-

teurs, le réflexe est de pousser à fond le volume. Les jeunes veulent retrouver des sensations de vibration que l'on a lors de concerts. En effet du côté des concerts techno la tendance est à une forme de musique dite tribale comme l'explique Yann Coppier. On recherche une puissance maximum afin de pouvoir éprouver des vibrations transmises par certaines parties du corps comme le thorax ou l'abdomen sous l'effet des basses fréquences. Mais on comprend aisément que non contents de ne pouvoir restituer correctement les basses fréquences, ces minuscules HP plaqués contre les oreilles ne peuvent en aucune façon retransmettre ces sensations thoraciques ou abdominales. On parle à propos de ces vibrations corporelles très particulières de sensations corporelles de type tactile et nombreux sont les témoignages montrant que celles-ci sont très recherchées. Il n'est pas question ici de prendre partie pour ou contre ce type de musique aussi longtemps qu'elle ne nuit pas au voisinage et à la santé d'un public averti ou non. Par contre il est possible de se prémunir des conséquences qu'elle peut avoir sur notre système auditif en se munissant de bouchons auditifs. Le problème est que certains de ces bouchons dénaturent la musique du fait qu'ils atténuent préférentiellement les fréquences élevées. Ceci étant on peut se faire faire des bouchons spécialement adaptés en fonction de sa courbe de sensibilité. Les musiciens professionnels recourent de plus en plus à ce type d'ustensiles et lors du MIDEM<sup>8</sup> 2004 à Cannes on pouvait voir pour la première fois une société fabriquant ce type de protection. Certains de ces appareils intègrent aussi un système d'amplification qui permet à l'artiste d'avoir un monitoring intégré (in-ear monitor)<sup>9</sup>.



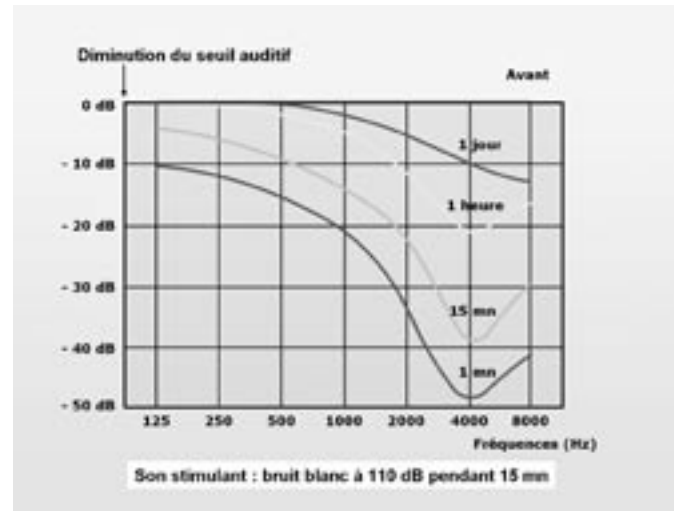
Pour la première fois au MIDEM une société proposait des bouchons de protection auditive pour les chanteurs et les musiciens.

Figure 5 : Effet de fatigue auditive après une exposition sonore intense.  
On constate un abaissement du seuil auditif.

### UN DOSIMÈTRE SONORE : UNE IDÉE À CREUSER

**D**eux facteurs extérieurs conditionnent le risque de détérioration précoce des performances auditives : le niveau sonore et la durée d'exposition. A cela peuvent s'ajouter des facteurs génétiques particuliers que nous n'évoquerons pas ici ou des « fragilités » dues à des otites à répétition. Les conséquences exactes du couple niveau sonore/durée d'exposition sont difficiles à cerner dans le cas de la musique amplifiée du fait que d'un type de musique à l'autre, d'un lieu de concert ou de loisir à l'autre énormément de paramètres vont changer. Pour rendre la chose un peu compliquée il faut noter que si dès le niveau de 85 dB on s'expose à un risque, nous ne ressentirons véritablement une douleur qu'à partir de 120 dB. Ce qui veut dire qu'avant de véritablement ressentir physiquement une alerte de la part de notre organisme il y a une vaste zone d'exposition au risque. Un peu comme notre peau pour laquelle on doit respecter un certain quota de soleil à ne pas dépasser, notre oreille connaît des limites au-delà desquelles un phénomène de fatigue auditive<sup>10</sup> s'installe avec des conséquences plus ou moins importantes pour notre santé physique, psychique, et bien sûr pour la préservation de la qualité de notre audition. C'est pourquoi en matière de législation du travail il a été mis en place des normes qui doivent être scrupuleusement respectées. On considère qu'en dessous de 70 dB (A) il n'y a pas de fatigue auditive. Entre 80 dB et 95 dB la fatigue auditive fait son apparition. Elle va se traduire par une diminution du seuil d'audition par rapport à la normale. Une exposition prolongée à un niveau sonore de 95 dB(A) provoque une baisse significative de la sensibilité auditive qui nécessitera un temps de récupération de plusieurs heures. Mais cette baisse de sensibilité pourra être temporaire ou définitive selon les cas et les individus.

Partant de l'idée d'une journée de travail de 8 heures, il est admis que l'on peut supporter sans danger un niveau d'exposition sonore de 85 dB(A). Par rapport à cette valeur de référence, chaque fois que l'on augmente de 3 dB le niveau sonore, il faut diminuer de 50% la durée d'exposition sonore quotidienne. Lorsque cette exposition sonore quotidienne (8 heures) subie par un travailleur dépasse le niveau de 85 dB(A) ou lorsque la pression acoustique de crête dépasse 135 dB (impulsion), des protections individuelles doivent être mises à la disposition du personnel. A partir d'un niveau d'exposition de 90 dB(A) ou de crêtes dépassant les 140 dB le port de protections auditives est obligatoire. Ayons à cet instant une pensée pour tous les opérateurs et techniciens qui depuis des années s'appliquent à presser pour nous tous ces disques vinyles et ces CD. Mais pour véritablement apprécier si l'on s'expose dangereusement au bruit il faudrait faire le cumul de tous les « bruits » subits sur une journée, qu'il s'agisse du travail, d'une écoute du baladeur durant les transports, ou d'une soirée bien animée



en discothèque. D'où la prise en considération par une compagnie d'assurance suisse (SUVA) d'une unité de bruit (0,04 Pa<sup>2</sup>.H) pour convertir toutes les expositions dans cette unité et en faire le cumul sur une semaine. Pour un cumul inférieur à 100, tout va bien. Entre 100 et 200, attention votre ouïe est en danger. Au-dessus de 200 il faut impérativement réduire une telle exposition. Parmi les personnes professionnellement exposées on trouve aussi les ingénieurs du son. A la Maison de la Radio ce phénomène est l'objet des plus grandes attentions afin de préserver ce précieux outil qu'est l'oreille. Pourquoi ne pas suggérer le recours à des dosimètres sonores à la manière des radiologues qui pourraient peut-être prendre la forme d'une carte à puce. En fait de tels systèmes existent déjà depuis fort longtemps (dosimètre sonore 4443 de Brüel & Kjær ou dosimètre Larson Davis) mais il s'agit d'appareils encore complexes et coûteux que l'on ne peut pas distribuer à un grand nombre de personnes comme par exemple les spectateurs d'un concert.

Dosimètre sonore de Larson Davis permettant de mesurer l'exposition sonore à laquelle une personne a été soumise sur une période de temps donnée



Il faut signaler toutefois la mise récente sur le marché d'un contrôleur de poche (PocketEar) par Brüel & Kjær (voir encadré). Aussi pour le moment est-il préférable de recourir à des bouchons protecteurs (bouchons pré moulés, ou façonnés par l'utilisateur, ou encore bouchons moulés sur mesure). Le tableau ci-après donne les durées maximales d'exposition sonore quotidienne à ne pas dépasser en fonction du niveau sonore moyen pour des sons continus ainsi que le nombre de sons impulsionnels permis.

TABLEAU 1 : VALEURS LIMITES D'EXPOSITION SONORE SELON LA RÉGLEMENTATION DU TRAVAIL

Sons continus													
L <sub>AEQ</sub> dB(A)	84	85	86	87	88	89	91	94	97	100	104	111	
Td <sub>max</sub>	9 H	8 H	6 H	5 H	4 H	3 H	2 H	1 H	30 mn	15 mn	5 mn	1 mn	
Sons impulsionnels <sup>11</sup>													
NIVEAU pression acoustique de crête					135 DB			115 DB			95 DB		90 DB
NOMBRE LIMITE D'IMPULSIONS SONORES sur 8 H					1			100			10 000		30 000

### LES EFFETS PERVERS DE LA COMPRESSION

Comme nous l'avons déjà mentionné plus haut le niveau sonore en soi est une chose importante mais la dynamique sonore peut l'être tout aussi. Pour Yann Coppier et Thierry Garacino les maisons de disque ont de plus en plus recours à la compression dynamique. Grâce à cette compression il y a une forme de gain en énergie et de dopage auxquels le public est sensible. Alors pourquoi s'en priver ? Normalement la compression dynamique permet d'adapter la dynamique d'un signal à transmettre (jusqu'à 70 dB pour un orchestre symphonique) avec les capacités du support qu'il soit physique comme le disque (45 dB pour un disque vinyle et 96 dB pour un CD) ou « immatériel » comme une station de radio FM (dynamique de 35 dB). La réduction de dynamique peut être utilisée dans un but artistique, esthétique ou peut être nécessitée pour l'obtention d'une meilleure intelligibilité. Le principe consiste à réduire les écarts entre les niveaux les plus faibles et les niveaux les plus forts. Il est ainsi possible de monter le volume général d'un morceau de musique sans risque de saturation du support ou du canal de transmission en ayant partout une bonne définition du son. Avec la multiplication des stations FM cette pratique s'est répandue afin de pouvoir diffuser un niveau moyen important qui fasse que l'on soit mieux entendu que la station concurrente. On parle souvent

de densification du signal. Cette pratique a gagné les studios d'enregistrement. Ce qui fait que nombre de productions se retrouvent maintenant avec une dynamique totalement écrasée parfois ramenée à quelques décibels. Pour se convaincre de cette dérive Yann Coppier et Thierry Garacino se sont livrés à une petite étude couvrant au fil des ans plusieurs types de musique. Leur démonstration est plus qu'éloquente. En 1971 le groupe Led Zeppelin fait fureur et sa musique est perçue comme agressive, violente avec un niveau de - 16,8 dB<sup>12</sup> pour son morceau « Rock'n Roll ». En 1979 on trouve les Sex Pistols qui avec « God save the Queen » nous distillent - 15,5 dB. Mais tout ça peut paraître un peu atone comparé au morceau « People = Shit » de Slipknot avec ses - 9,5dB. Comme le montrent les saisies d'écran on est passé en 30 ans d'une musique qui tout en étant violente laisse encore de la place pour respirer, à une musique que l'on pourrait qualifier de « suffocante ». Mais il n'y a pas que dans le rock que l'on recourt au compresseur. Là aussi Yann et Thierry ont trouvé des pratiques déconcertantes. Prenons par exemple Jacques Brel en 1964 avec « Au suivant ». On a là un chanteur qui dans son expression va nuancer son chant en jouant sur la dynamique au sein d'une orchestration qui donne à l'ensemble une grande clarté. Le résultat est un niveau moyen de - 20,5dB.

### LA COMPRESSION A TRAVERS LES AGES SELON YANN COPPIER ET THIERRY GARRACINO



1971 : Led Zeppelin « Rock'n Roll »  
Niveau moyen = - 16,8 dB



1977 : Sex Pistols « God save the Queen »  
Niveau moyen = - 15,5 dB



2001 : Slipknot « People = Shit »  
Niveau moyen = - 9,5 dB



1964 : Jacques Brel « Au Suivant »  
Niveau moyen = - 20,5 dB



1981 : Michel Jonasz « Les fourmis rouges »  
Niveau moyen = -17,5 dB



2003 : Carla Bruni « Quelqu'un m'a dit »  
Niveau moyen = - 11,3 dB

2003, Carla Bruni vient nous susurrer à l'oreille « Quelqu'un m'a dit ». On ne demande qu'à la croire. Mais croirez-vous qu'avec elle c'est - 11,3 dB que vous prenez dans les oreilles ? Comme le dit si justement Yann Coppier : « Carla Bruni explose littéralement les Sex Pistols ou Led Zeppelin ». Ce qui veut dire qu'en se servant de cette compression Carla Bruni vous diffuse en fait en terme d'énergie 5,5 dB de plus que Led Zeppelin. Cette différence est énorme. Que dire alors des 7,3 dB d'inflation sonore que l'on a en passant de Led Zeppelin à Slipknot ? Pour illustrer les propos de Yann Coppier et Thierry Garacino, nous reproduisons ici quelques saisies d'écran qu'ils nous ont confiées. Ainsi en compressant fortement un signal audio tout en conservant les mêmes limites au niveau des crêtes pour ne pas saturer, on augmente fortement l'énergie moyenne transmise et la sensation d'intensité sonore. C'est le phénomène bien connu à la télévision lors du passage des écrans publicitaires. On constate donc que l'horizon du 0 dB s'est obscurci de plus en plus au fil des ans. Ce qu'il faut retenir de cette démonstration et qui doit inciter les utilisateurs de baladeur et autres systèmes d'écoute au casque, c'est qu'avec une musique compressée on délivre en permanence un niveau moyen beaucoup plus élevé, ne donnant à l'oreille aucun répit pour se reposer, ce qui lors d'écoutes prolongées ne peut que conduire à une diminution de la sensibilité auditive. Ce phénomène est malheureusement bien réel et les statistiques et témoignages ne font que confirmer ce fait.

## LE CRI DU CHŒUR

Il ressort de tout ceci que la tendance générale est une écoute de la musique à des niveaux sonores de plus en plus élevés. Sans que l'on s'en rende compte ce phénomène devient partie intégrante de notre culture qui se trouve plongée dans un environnement de plus en plus bruyant nous conduisant à pousser un peu plus le volume. Pour Christian Hugonnet, ingénieur conseil en acoustique et président de la Semaine du Son, cette dérive aurait pour conséquence d'amener chacun d'entre nous à parler plus fort et ce phénomène serait observable chez les jeunes enfants dès l'école maternelle. On peut s'interroger si dans ces conditions les mécanismes phonatoires et d'apprentissage du langage chez les jeunes enfants ne se trouvent pas altérés en raison des perturbations que l'on pourrait avoir au niveau du couple audio-phonatoire. On observe déjà des formes de dérive chez les jeunes instrumentistes pour qui il devient difficile de jouer pianissimo. Cette constatation a été faite en l'occurrence par le chef d'orchestre Mélanie Thiebaut. Il apparaît donc urgent de pousser un cri d'alarme faute de quoi nous pourrions voir disparaître à très court terme nos chers petits Choristes. Il est nécessaire d'avoir conscience de cette situation et d'être soucieux de préserver chez chacun de nous ce capital auditif grâce à qui la musique trouve son chemin pour venir nous émouvoir.

C'est un devoir de pousser ce cri, qui, s'il ne vise pas à faire du bruit, se veut l'écho de toutes ces initiatives visant à informer et éduquer le public sur la nécessité de savoir écouter et se prémunir contre les risques auditifs.

## Jean-José WANÈGUE

### BIOGRAPHIE

*Ingénieur en électronique et diplômé du troisième cycle en économie et marketing, Jean-José Wanègue nourrit depuis toujours une passion immodérée pour le son et les technologies de la communication. Spécialiste du disque optique depuis l'avènement du LaserDisc, ancêtre du CD, il partage son engagement professionnel entre ses activités pour l'industrie du pressage du disque, l'industrie audio et vidéo, et ses nombreuses contributions à des revues grand public prestigieuses comme la « Revue du Son et du Home Cinéma » ou des revues professionnelles internationales comme « Optical Disc Systems » et « Pro Sound Systems ».*

### Remerciements :

L'auteur remercie le Pr. Rémy Pujol de l'Université de Montpellier 1 et Marc Lenoir de l'INSERM pour leurs précieux conseils et aide dans la relecture et l'illustration de la partie physiologie et physiopathologie de la cochlée. Il tient aussi à saluer Yann Coppier et Thierry Garacino pour la passionnante discussion qu'il a eu avec eux sur leurs travaux d'étude sur les évolutions de la musique enregistrée et pour leurs mesures dont ils lui ont si aimablement confié les résultats.

### POUR EN SAVOIR PLUS SUR LE SUJET :

- Nous vous conseillons la visite du site web « Promenade autour de la cochlée » réalisé par le Pr. Rémy Pujol et ses collaborateurs de l'université de Montpellier 1 et de l'INSERM.  
<http://www.cochlee.info>

- Vous pouvez aussi consulter le CD-ROM multimedia « L'Oreille cassée » réalisé par la même équipe : un programme pédagogique et ludique destiné à informer et prévenir les adolescents contre les dangers de la musique amplifiée (éditions CRIC/IURC). Pour tout contact : [okc@iurc.montp.inserm.fr](mailto:okc@iurc.montp.inserm.fr)

- Voir aussi le site *Futura Sciences* à la rubrique "Physique" vous trouverez un dossier complet sur le « Le bruit et ses effets » :  
<http://www.futura-sciences.com/comprendre/d/dossier259-2.php>





### L'Association de la Semaine du Son

Présidée par Christian Hugonnet, l'Association de la Semaine du Son regroupe des professionnels du son (musiciens, ingénieurs du son, acousticiens, médecins spécialistes) qui souhaitent sensibiliser le public au son, à la qualité de l'environnement sonore et à son importance dans l'épanouissement de la chacun et de tous.



### PocketEar® à la rescousse

PocketEar est un petit appareil très judicieux qui permet de détecter les niveaux sonores et qui contient à l'intérieur de sa coquille une paire de bouchons protecteurs de bonne qualité. C'est donc un système original, léger et facile d'emploi que l'on peut avoir sur soi n'importe où. Dès que le niveau sonore atteint un seuil prédéfini que l'on peut choisir (65, 85 ou 105 dB) un voyant rouge s'allume et il suffit à ce moment là d'extraire les bouchons protecteurs pour se prémunir contre le risque de surcharge sonore. De taille réduite ce système peut être attaché à un porte-clé. Il a été développé par Brüel & Kjær. Pour plus d'informations : <http://www.bksv.com/default.asp?ID=2658>

### NOTES

- 1 ➔ dB SPL : Sound Pressure Level = mesure de la pression acoustique
- 2 ➔ dB(A) : décibel pondéré selon une courbe (A) pour tenir compte de la courbe de sensibilité de l'oreille en fonction de la fréquence.
- 3 ➔ L'essentiel de cet article a été rédigé sur la base de leur conférence lors de 1<sup>ère</sup> édition la Semaine du Son organisée par Christian Hugonnet en Janvier 2004.
- 4 ➔ Il n'est pas sur que l'intégralité de ce que nous entendons soit transmis à l'oreille interne par la chaîne des osselets. Leipp (1977) parle de transmission aérienne directe entre le tympan et la fenêtrée ronde en particulier pour les fréquences supérieures à 10 KHz.
- 5 ➔ L'oreille interne comprend deux organes sensoriels : le vestibule avec ses canaux semi-circulaires qui est l'organe de l'équilibration et la cochlée qui est l'organe de l'audition.
- 6 ➔ Lors de la destruction des cellules auditives les fibres nerveuses correspondant à ces cellules ne sont plus sous contrôle et se mettent à décharger en permanence des impulsions qui induisent des bruits fantômes : les acouphènes.
- 7 ➔ Selon le rendement des écouteurs ou du casque, la puissance restituée sera plus ou moins importante pour un même niveau de puissance du baladeur.
- 8 ➔ MIDEM : Marché International du disque et de l'Édition Musicale
- 9 ➔ Attention à ce genre d'appareil car il n'existe pas de moyen pour contrôler le niveau sonore dans l'oreille.
- 10 ➔ Fatigue auditive : déficit temporaire sur 4000 Hz de la perception auditive.
- 11 ➔ Bruit impulsionnel : impulsions d'énergie acoustique de durée inférieure à 1 sec. séparées par intervalles supérieurs à 0,2 sec.
- 12 ➔ Pour tous ces exemples les niveaux sont négatifs, car mesurés en dB par rapport au niveau maximum de sortie de l'appareil de lecture qui par convention a été fixé à 0 dB. Cette mesure n'a rien à voir avec le niveau d'écoute qui dépend du système d'amplification et de son réglage en puissance.

