



Sensibilisation aux risques auditifs liés à la pratique et à l'écoute de la musique amplifiée.

Dossier enseignant

Ce guide a été conçu et réalisé par le CRDP de Poitou-Charentes, en collaboration avec Anne Richard, professeur de SVT au collège Pierre Mendès France de La Rochelle (17).

L'objectif général est de vous fournir des pistes de travail, des propositions d'activités dont vous pourrez vous inspirer pour conduire un projet pédagogique interdisciplinaire, une collaboration avec des personnels de santé ou des associations musicales, pour en faire une étape dans un processus plus général d'apprentissage et d'éducation à la santé et la citoyenneté.



SOMMAIRE

Présentation du guide
Présentation du DVD

Fiches d'activités.

(à télécharger sur le site Internet www.crdp-poitier.org/hein)
Points d'entrée dans les programmes
Fiches d'activités
Éléments de corrigés

Ressources documentaires.

La physique du son
Définition du son
Notions d'acoustique
Techniques sonores actuelles
Organe de l'ouïe
Anatomie de l'oreille
Physiologie de l'oreille
Troubles de l'audition et exposition sonore
Induction des lésions auditives par le bruit
Conséquence des troubles auditifs
Diagnostic des lésions
Prévention des lésions
Quelques repères réglementaires
Lexique
Pour en savoir plus : quelques ressources multimédia

PRESENTATION DU GUIDE

Le thème du son est devenu, en quelques décennies, un enjeu sanitaire majeur depuis que des enquêtes épidémiologiques ont mis en évidence l'**apparition de troubles auditifs de plus en plus précoces** auprès d'une population de plus en plus nombreuse (7 millions de personnes et 1 jeune sur 5 sont concernés en France actuellement).

L'exploitation pédagogique d'un tel sujet dépasse largement les programmes disciplinaires (pratiques artistiques et histoire des arts, sciences expérimentales et technologiques à l'école primaire ; éducation musicale, sciences et technologie au secondaire) car elle représente une opportunité d'**ouvrir nos classes aux personnels de santé et aux associations** évoluant dans le domaine musical, voire plus largement au monde du spectacle.

On peut imaginer bien des **projets pluridisciplinaires**, associant, en plus de l'éducation musicale, des S.V.T. et de la physique-chimie, la technologie, le français, les mathématiques, voire même l'anglais ou toute autre langue étrangère. Dans le secondaire, cela peut facilement se concrétiser par un projet de classe motivant pour les élèves qui permet, en plus du **travail de prévention sanitaire** et de l'acquisition des savoirs, de faire appréhender la cohérence et la globalité de leurs apprentissages disciplinaires.

Les points d'entrée de cette thématique sont donc multiples et complexes.

Citons à titre d'exemples (cette liste n'est en aucun cas exhaustive) :

- Qu'est ce que le son et quelles en sont ses caractéristiques?
- Qu'est ce que l'organe de l'ouïe ? Comment est-il fait ? Comment fonctionne-t-il ?
- Comment le son peut-il être transformé en message nerveux ?
- Comment les sons sont-ils transformés et amplifiés ?

Ce guide propose :

- Une présentation de la thématique, des séquences du DVD ainsi que des contributeurs qui en sont à l'origine.
- Des suggestions d'activités répondant à quelques-unes des problématiques énoncées ci-dessus (*site internet www.crdp-poitiers.org/hein*);
- Des ressources documentaires volontairement simples permettant à l'enseignant non spécialiste de se familiariser avec le thème.

PRESENTATION DU DVD

Présentation du thème

La société moderne crée une multitude de bruits qu'elle impose en permanence aux oreilles sans même que l'on ne s'en rende compte. De plus, depuis quelques décennies, les progrès techniques ont permis d'amplifier et de diffuser les sons, de les compresser et de miniaturiser leur forme de stockage ce qui, avec les casques, a permis l'apparition de « l'écoute nomade » intensive de la musique amplifiée. L'association de

Guide pédagogique Hein ?

l'ensemble de ces facteurs a favorisé le cumul de « doses de sons » très importantes dont on sait maintenant qu'elles entraînent des traumatismes auditifs graves dont les atteintes peuvent être définitives. Si la qualité de l'audition est naturellement dégressive au cours de la vie, les traumatismes sonores que l'on fait subir aux oreilles au quotidien ont la particularité d'accélérer ce processus. Les atteintes peuvent apparaître de manière immédiate, sous la forme d'un traumatisme aigu, ou s'installer de

façon progressive, sournoise et insidieuse, et ne se révéler qu'après plusieurs années lorsqu'il est trop tard pour réagir. Ces troubles auditifs concernent tous les âges de la vie et toutes les catégories de population, mais ils sont particulièrement invalidants chez les adolescents en raison des dysfonctionnements cognitifs et comportementaux qu'ils entraînent.

Ce DVD a donc un double objectif :

- **faire prendre conscience** aux plus jeunes de **l'enjeu** que représente la « **gestion sonore** » raisonnée afin de préserver le plus longtemps possible son potentiel auditif;
- **inciter** les auditeurs et pratiquants de musiques amplifiées à **modifier leurs comportements** en les informant sur les risques qu'ils encourent et sur les moyens de prévention dont ils disposent.

Présentation d'AGI-SON

AGI-SON (Agir pour une bonne gestion Sonore) est une **association loi 1901*** réunissant des organisations professionnelles du spectacle vivant musical conscientes que les enjeux relatifs à l'éducation de la gestion sonore relèvent d'une responsabilité et d'une implication partagées. Depuis 2000, elle **mobilise les professionnels des musiques actuelles et amplifiées** et, plus largement, du spectacle vivant dans le cadre de réflexions et de **mise en œuvre de moyens de prévention, de dispositifs de formation et d'éducation en matière de gestion sonore**, tant au niveau local que national. Son objectif est une responsabilisation en matière de gestion sonore pour permettre de concilier tant la préservation de la santé publique et de l'environnement que le maintien de conditions satisfaisantes d'exercice artistiques, culturelles et techniques de la pratique musicale. Les activités d'AGI-SON s'articulent autour de quatre axes principaux :

- la sensibilisation des publics de concerts aux risques auditifs liés à l'écoute des musiques amplifiées ;
- l'information et la formation en direction des professionnels du spectacle vivant ;
- la veille et la compilation de données, d'études, de documents, d'informations et de sites ressources ;

- la mise en œuvre d'une véritable éducation au sonore centrée, au-delà des risques auditifs, sur la découverte des musiques actuelles et amplifiées.

*La démarche mise en place par AGI-SON s'inscrit dans un **cadre volontariste** où chacun apporte son expertise et participe à l'élaboration des projets, en se rapprochant au plus près des dynamiques régionales. L'association AGI-SON est composée de **2 collèges et d'un Comité** : le Collège des membres adhérents (fédérations, réseaux, syndicats... représentant les différents métiers impliqués dans la gestion sonore : organisateurs de concerts, artistes, techniciens, prestataires de service...), le Collège des membres associés (structures parapubliques, sociétés civiles, associations œuvrant dans la prévention, etc), le Comité scientifique, technique et artistique (médecins ORL, acousticiens, sonorisateurs, musiciens, etc).

Présentation d'EAV

EAV productions propose depuis quelques années des services en conceptions et réalisations audiovisuelles. Composée d'une équipe mêlant créativité et gestion de production, E.A.V. évolue dans des univers variés tels que les médias, la culture, les collectivités et les entreprises. Son rapport au matériau sonore complément indispensable de l'image, l'a motivé à s'investir pleinement dans ce projet aux côtés d'AGI-SON.

Présentation du CRDP de Poitou-Charentes

Le CRDP de Poitou-Charentes est un établissement public autonome sous tutelle du Ministère de l'Education Nationale, qui fait partie du réseau SCEREN (Services, Culture, Edition, Ressources pour l'Education Nationale) qui se compose de 31 CRDP et du CNDP. Une de ses missions est celle d'un éditeur public proposant des ressources pédagogiques à la communauté éducative.

Comité de pilotage

Dr Sylvain Néron de l'hôpital de Gonesse, Professeur André Chays du CHU de Reims, Cali, Yuksek, Poun (Black Bom A), Nicolas Schauer (Les Wampas), David Rocher, Marc Touché, L'équipe technique de la Cartonnerie, Les groupes : No More Silence, The Shoes, Shafty Brothers.

Structure du DVD et résumé de ses différentes séquences



Ce DVD est composé de plusieurs courtes séquences de moins de trois minutes, pouvant chacune être visionnée de manière autonome. Cette structure offre ainsi la liberté d'un usage « à la carte » tant pour déclencher, pour illustrer que pour construire des séquences pédagogiques. Ce DVD peut être diffusé dans différents contextes : en classe bien sûr, mais aussi dans les écoles de musique ou les lieux de répétition, dans les concerts, ou dans le cadre de formations à destination des professionnels de la musique. S'il est essentiellement un support pédagogique à la disposition des enseignants, du personnel médical scolaire, des formateurs, des animateurs et des intervenants, il n'en n'est pas moins une source documentaire directement exploitable par les élèves lors d'un travail de recherche autonome ou encadré.

Dans la plupart des séquences, les thèmes sont abordés sous forme de témoignages d'artistes ou de techniciens du son, d'interviews de médecins ou de reportage en milieu hospitalier ce qui permet de capter et de retenir facilement l'attention du jeune public. Les rares séquences traitées sous forme documentaire sont claires et attrayantes. Le vocabulaire utilisé est volontairement simple et les quelques termes spécialisés sont illustrés.

L'ensemble des séquences est regroupé en six thèmes qui permettent, sous des angles différents, d'aborder la question des risques auditifs liés aux pratiques et à l'écoute des musiques amplifiées.

Thème 1 : A PROPOS DU DVD. (2min 19s)

Le vice-président d'AGI-SON, Monsieur Simon Codet-Boisse, explique les raisons et les objectifs de l'engagement cette association.

Thème 2 : L'OREILLE. (4 séquences)

« **Physiologie de l'oreille** » (1min 36s) documentaire décrivant l'oreille et les fondamentaux du fonctionnement de l'organe de l'ouïe.

« **Pathologies** » (2min 22s) permet d'appréhender les risques encourus pour l'audition. Les explications sont données par le Docteur NERON, chef de service ORL du centre hospitalier de Gonesse, et les trois

principales pathologies rencontrées (acouphènes, hyperacousie, surdité) sont illustrées sur une chanson ce qui rend ces symptômes très « concrets ».

« **Détecter** » (2min 13s) montre le principe et le déroulement d'un audiogramme dans le cabinet du Docteur NERON. La comparaison d'un audiogramme normal et anormal.

« **Consulter** » (2min 51s) indique à quel moment et où se faire prendre en charge en cas de symptômes. Illustration des propos du Professeur CHAYS, chef de service ORL du CHU de Reims, par le parcours d'un jeune homme présentant des symptômes.

Thème 3 : ILS TEMOIGNENT. (5 séquences)

Cali (2min 51s) fait passer la notion d'irréversibilité des dégâts (perte auditive) causés par les abus sonores.

David Rocher (1min 47s) fait passer la notion de dosimétrie sonore et de responsabilité individuelle.

Pound (Black Bomb A) (2min 05s) fait passer la notion d'accumulation des doses sonores responsables progressivement du symptôme d'acouphènes.

Nicolas (Wampas) (2min 59s) fait passer la notion de responsabilité individuelle dans la gestion de la dosimétrie et aborde la problématique du port du casque audio.

Yukse (1min 59s) fait passer la notion de dosimétrie.

Thème 4 : PREVENIR. (2 séquences)

« **C'est simple de préserver son audition** » (1min 28s) indique les bonnes attitudes à adopter.

« **C'est simple de se protéger** » (1min 28s) présente les différents moyens de protection sonore.

Thème 5 : LA PHYSIQUE DU SON. (5 séquences)

« **L'équilibre des volumes** » (1min 33s) décrit tout le travail de gestion sonore au sein d'un groupe de musique amplifiée.

« **La surenchère sonore** » (2min 54s) explique, à travers les interviews du sociologue Marc TOUCHE, du programmateur de la Cartonnerie de Reims, Rodolphe ROUCHAUSSE et de Yuksek, l'histoire de l'évolution technologique et sociologique de la musique amplifiée.

« **Les sensations physiques** » (1min 51s) explique, à travers les interviews du sociologue Marc TOUCHE et celle du chanteur Pound, les sensations physiques qui sont associées à l'écoute des basses fréquences et des fortes intensités sonores.

« **L'évolution des techniques** » (1min 21s) donne les grandes étapes des évolutions des techniques de diffusion et de stockage de la musique.

« **Quelques notions d'acoustique** » (2min 11s) explique les fondamentaux de la physique du son.

Thème 6 : LA REGLEMENTATION. (2min 51s)

Séquence expliquant les raisons et les conséquences des principales réglementations en vigueur en France.

Les fiches d'activité sont destinées à être remplies par les élèves, elles sont donc photocopiables. Les différentes activités sont réalisables individuellement ou en petits groupes. Elles s'adressent à des niveaux de classe variés de l'école élémentaire et du collège: il appartient à chaque enseignant ou intervenant de les adapter à son public et sa démarche. Pour un public de lycée, ces fiches peuvent

servir de base à la construction d'activités plus complexes. Le cheminement proposé ici peut servir de piste dans le cadre d'une découverte globale du son, de sa perception et de la prévention des risques auditifs liées à la pratique et à l'écoute des musiques amplifiées mais, de même que chaque séquence du DVD peut être utilisée « à la carte » chaque fiche peut être utilisée seule.

LES POINTS D'ENTREE DANS LES PROGRAMMES D'ENSEIGNEMENT GENERAL

Ecole élémentaire – cycles 2

Français

Mathématiques

Culture scientifique et technologique :

Se repérer dans l'espace et dans le temps ;

Découvrir le monde du vivant, de la matière et des objets.

Pratique artistique et histoire des arts :

Education musicale.

Instruction civique et morale

Ecole élémentaire – cycles 3

Français

Mathématiques

Sciences expérimentales et technologie :

La matière ;

Le fonctionnement du corps humain et la santé ;

Les objets techniques.

Culture humaniste

Pratiques artistiques et histoire des arts

Education musicale ;

Le XXème siècle et notre époque.

Histoire et géographie :

Le XXème siècle et notre époque.

Instruction civique et morale

Collège

Thèmes de convergence

n°5, la santé ;

n°6, la sécurité.

Histoire des arts :

Arts du son ;

Arts du spectacle vivant.

Education musicale :

Mathématiques :

Organisation et gestion de données, fonctions ;

Nombres et calculs ;

Géométrie ;

Grandeurs et mesures.

Sciences physiques : 4^{ème}

De l'air qui nous entoure à la molécule.

Sciences de la Vie et de la Terre : 5^{ème}, 4^{ème}

Fonctionnement en énergie et besoins en énergie ;

Relations au sein de l'organisme.

Technologie :

Analyse du fonctionnement / de la conception d'un objet technique ;

Les énergies mises en œuvre ;

L'évolution de l'objet technique ;

La communication et la gestion de l'information ;

Le processus de fabrication / de réalisation d'un objet technique.

Lycée

Education civique, juridique et sociale

Enseignements artistiques

Mathématiques

Physique chimie :

L'air qui nous entoure 2^{nde}

Travail mécanique et énergie 1^{ère}S

Grandeurs physiques liées aux quantités de matière 1^{ère}S

Propagation d'une onde, ondes progressives T^{ale}S

Evolution des systèmes électriques T^{ale}S

Produire des sons, écouter T^{ale}S spécialité

Produire des signaux, communiquer T^{ale}S spécialité

Sciences de la Vie et de la Terre :

La part du génotype et la part de l'expérience individuelle dans le fonctionnement du système nerveux. 1^{ère}S

Diversité et complémentarité des métabolismes T^{ale}S spécialité

Sciences de l'ingénieur 1^{ère}S

Enseignement scientifique :

Communication nerveuse 1^{ère}ES

Cette fiche d'activité propose trois manipulations très simples, pour tout public, conçues pour permettre d'appréhender la nature de l'onde sonore et de sa propagation. En fonction de l'âge du public et du matériel dont on dispose, il est possible de faire réaliser tout ou partie des expériences par les élèves. Pour les plus âgés, les protocoles de ces expériences peuvent faire l'objet d'une recherche alors que les plus jeunes peuvent se satisfaire de réaliser ou d'observer les manipulations. Etant donné que le matériel nécessaire à la réalisation de la première expérience n'est pas toujours aisément accessible aux intervenants de primaire ou de collège, une vidéo de cette expérience est mise à disposition.

Expérience 1 « Sonnerie d'un réveil dans le vide » : l'objectif est de montrer que **l'onde sonore a besoin de matière pour se propager**. En effet, la sonnerie du réveil n'est plus audible lorsque le vide a été fait dans la « cloche à vide » (voir vidéo).

Expérience 2 « Comportement d'une flamme devant une source sonore » : l'objectif est de montrer que **la matière mise en mouvement par l'onde sonore ne se déplace pas sur toute la distance parcourue par le son**.

En effet, une flamme ne s'agite pas plus lorsqu'un réveil est en fonctionnement que lorsqu'il est à l'arrêt. Au contraire, une flamme placée dans un courant d'air va s'agiter, voire s'éteindre. Ceci permet donc de mettre en évidence que l'air n'est pas brassé par les ondes sonores.

Expérience 3 « Conception d'un téléphone filaire » : l'objectif est de montrer que **ce sont les vibrations de la matière qui sont responsables de la transmission des ondes sonores**. Ici ce sont les vibrations du fil, lorsqu'il est tendu, qui permettent la transmission des ondes sonores. Pour obtenir des résultats plus probants sur plusieurs mètres il est recommandé d'utiliser du fil de coton plutôt que du fil de nylon.

Cette fiche d'activité individuelle est conçue pour aider les jeunes élèves à assimiler des connaissances simples relatives aux différentes structures impliquées dans l'ouïe. Elle leur permet de construire une trace écrite synthétisant les informations que le DVD leur a fait découvrir. Selon

l'âge du public et l'objectif recherché, il convient ou non de rendre ces illustrations fonctionnelles.

Pour la correction des schémas, voir ressources documentaires : « organe de l'ouïe ».

| | A-Oreille EXTERNE | B-Oreille MOYENNE | C-Oreille INTERNE |
|---|--|--|---|
| Rôle(s) | Capter, amplifier et transmettre l'onde sonore au tympan puis à l'oreille moyenne. | Amplifier, transmettre à l'oreille interne | Décoder le stimulus sonore et envoyer le message nerveux sonore au cerveau. |
| Milieu de propagation des ondes sonores | - Air contenu dans le conduit auditif ; - Solide : la membrane tympanique. | Solide : le long de la chaîne des osselets | Liquide de la cochlée. |

Fiche 3

COMMENT ESTIMER UNE INTENSITE SONORE ?

Cette fiche d'activité individuelle est conçue pour permettre au jeune d'estimer l'intensité sonore perçue par ses oreilles en fonction de sa distance par rapport à la source sonore. En fonction de l'âge des élèves et de leurs connaissances, il est possible de faire réaliser tout ou

partie du raisonnement mathématique (pour le détail du raisonnement voir « ressources documentaires : notions d'acoustique »). L'estimation est cependant réalisable par de très jeunes élèves s'ils maîtrisent la comparaison des nombres, la soustraction et la multiplication par deux.

Fiche 4

MES OREILLES SONT-ELLES EN DANGER ?

Cette fiche d'activité individuelle est conçue pour permettre au jeune d'analyser ses comportements afin qu'il prenne conscience qu'il se met peut-être en danger par ses actions quotidiennes. Sa correction à l'oral peut servir de point de départ à une discussion autour des modifications à adopter dans les comportements quotidiens des élèves.

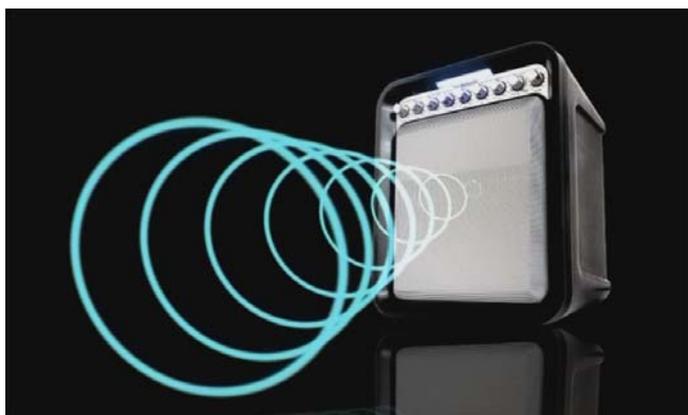
Dans le premier tableau qu'il remplit, si l'élève a coché une ou plusieurs réponses dans les deux dernières colonnes, il met peut-être ses oreilles en danger. Dans le second tableau qu'il remplit, si sa dose de son hebdomadaire cumulée dépasse un, alors il met ses oreilles en danger.

LA PHYSIQUE DU SON

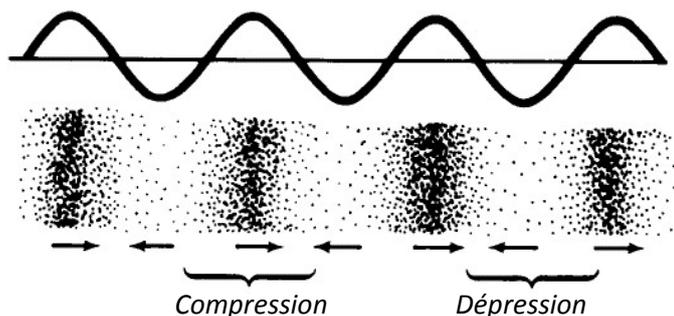
Définition du son

Le **son** est une onde produite par la **vibration mécanique d'un support** et **propagée grâce à l'élasticité du milieu** matériel environnant **sous forme d'ondes** longitudinales*.

Une **onde acoustique** apparaît chaque fois que le mouvement d'un corps, le plus souvent solide, provoque une perturbation d'un milieu compressible. Les battements d'ailes d'un oiseau, une cascade, les vibrations du larynx lorsque l'on parle, les oscillations de la membrane d'un tambour ou d'un haut-parleur...ces corps vibrent et créent une perturbation du milieu en propageant une onde.



En milieu gazeux ou liquide, cette onde correspond à des variations de pression se propageant dans toutes les directions, de molécule en molécule (ou d'atomes en atome en milieu solide). Chaque molécule se met à osciller dans une suite de compressions et de dépressions, en reprenant sa position initiale. On voit ci-dessous les variations de pression exercée par les molécules sur une distance de propagation du son.



On peut se représenter cela comme une alternance de « paquets » de matière compressée (compression) et de matière dilatée (dépression). Attention, seule la compression se déplace sur de longues distances, les molécules ne parcourent que quelques micromètres et ne font que transmettre la compression à leurs voisines.

Pour cette raison, le son ne peut donc pas se propager pas dans le vide, car il n'y a pas de matière !

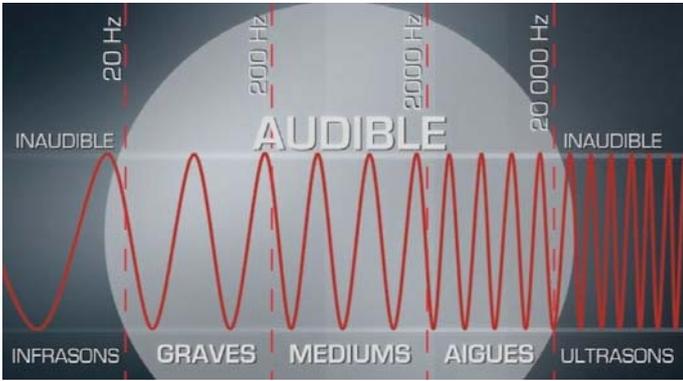
Les vibrations acoustiques (le son) se propagent à environ 344 m/s dans de l'air (à 20 °C). Dans des milieux non gazeux, le son peut se propager encore plus rapidement. Ainsi, dans l'eau, sa vitesse est de 1482 m/s et, dans l'acier, elle est de 5050 m/s (c'est pourquoi les bandits se penchaient sur les rails pour savoir si un train arrivait alors qu'il était encore très loin car il ne roule pas à une telle vitesse...).

*On parle d'onde longitudinale, car les molécules se déplacent dans le même sens que le déplacement de l'onde, à la différence d'une onde transversale, comme une vague sur l'eau, où les molécules ne font que se déplacer verticalement sans suivre l'onde (quelque chose qui flotte sur l'eau reste à la même position sans se déplacer autrement qu'en hauteur).

Notions d'acoustique

Chaque « son » possède ses caractéristiques propres, sorte de signature représentative de la source sonore qui l'a fait naître.

En premier lieu, sa **fréquence**, c'est-à-dire le **nombre de vibrations par seconde**, qui est **exprimée en hertz (Hz)** et qui est directement liée à la **hauteur du son** perçu. À une fréquence faible correspond un son grave, à une fréquence élevée un son aigu. Contrairement à d'autres espèces, l'Homme ne perçoit ni les infrasons (fréquences inférieures à 20 Hz), ni les ultrasons (celles supérieures à 20.000 Hz).



Un son peut ne comporter qu'une seule fréquence : c'est alors un son pur correspondant à une harmonique (ex : le « La » donné par un diapason à 440 Hz). Les sons utilisés pour tester l'audition sont de ce type mais un son de l'environnement est composé d'un ensemble de fréquences (harmoniques) qui se superposent en formant alors le timbre (spectre) que nous avons la faculté de distinguer. Ainsi, un son sera caractérisé par son spectre qui donne à chaque source sonore son originalité (une trompette a un timbre différent d'une guitare).

En second lieu, son **intensité** ou son **amplitude** qui exprime la « **force** » ou la « **douceur** » d'un son. Elle correspond aux **variations de pressions** de l'onde c'est-à-dire à une mesure de puissance acoustique (taux moyen de flux de pression) par unité de surface traversant un plan perpendiculaire à la propagation des sons.

INTENSITE (W/m^2) = PUISSANCE (W) / SURFACE (m^2)
 L'intensité devrait normalement être exprimée en watt par mètre carré, mais c'est est une valeur trop considérable pour mesurer la large gamme des intensités sonores audibles par l'oreille humaine. Pour cette raison, on a défini une unité qui mesure le niveau de l'intensité sonore, le **décibel**, en utilisant un logarithme, qui permet d'avoir des nombres faciles à manipuler, ne devenant pas extrêmement grands ou petits, et correspondant mieux à ce que perçoit l'oreille humaine en termes de sensation sonore.

L'intensité exprimée en décibels se calcule ainsi :

$$dB = 10 \log \frac{I}{I_0}$$

où I est l'intensité exprimée en W/m^2 et $I_0 = 10^{-12} W/m^2$ (le seuil présumé d'audibilité pour l'oreille humaine).

Pour trouver la variation en décibels entre deux intensités I_1 et I_2 , on applique la formule suivante :

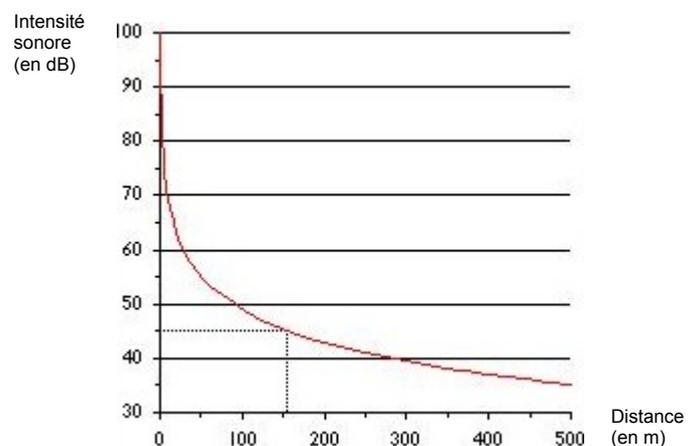
$$\Delta db = 10 \log \frac{I_1}{I_2}$$

Un accroissement de 10 dB correspond alors à une multiplication par dix de l'intensité du son, **une augmentation de ~3 dB équivaut à doubler l'intensité**. Un accroissement de 1 dB, ce qui correspond environ à une intensité 25 % plus élevée, produit une différence de niveau à peine perceptible.

Si le niveau de puissance qui caractérise une source sonore est indépendant de la distance source – récepteur, en revanche, le niveau d'intensité correspond au niveau perçu par le récepteur. Il dépend donc de la source et aussi de la distance source récepteur. **Pour mesurer avec exactitude les intensités sonores**, on a recours à des instruments spéciaux. On les installe à une distance standard (1 mètre) de la source que l'on étudie. L'intensité du son diminue avec la distance qui sépare la personne de la source. On a observé qu'elle suit une **loi de l'inverse du carré de la distance entre l'émetteur (source du son) et le récepteur (capteur)** :

$$I \text{ est proportionnel à } \frac{1}{d^2}$$

Ainsi, on peut retenir que, globalement, **l'intensité I est quatre fois moins grande, quand on double la distance qui nous sépare de la source sonore.** Cela revient à une **réduction perceptible par l'oreille humaine de 6dB.**

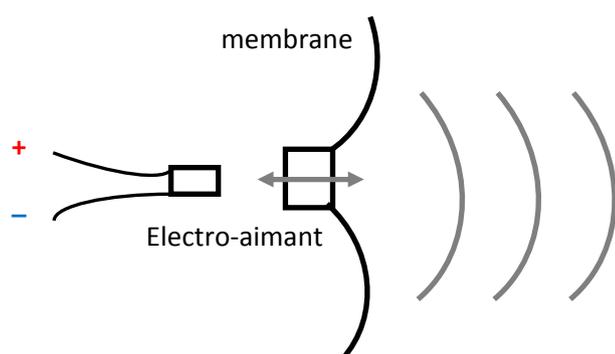


Techniques sonores actuelles

Les enceintes acoustiques

Les enceintes sont des caisses dans lesquelles sont fixés des haut-parleurs qui permettent de produire une vibration acoustique à partir d'un signal électrique produit par un amplificateur audio.

Pour reproduire les sons, les haut-parleurs convertissent le signal électrique, de fréquence et d'intensité variables, en signal mécanique. Cette conversion se fait à l'aide d'une membrane reliée à un électro-aimant.



Sous l'influence des variations du courant électrique, l'électro-aimant va aller d'avant en arrière, entraînant avec lui la membrane à laquelle il est attaché et provoquant une vibration de l'air situé devant elle. De cette façon on produit des ondes sonores correspondant aux variations de l'électricité dans l'électroaimant. Le rôle de l'enceinte ne se limite cependant pas à un simple support pour le haut-parleur, il lui permet aussi de transmettre correctement le son. En effet, si la membrane du haut-parleur fait vibrer l'air devant elle, elle fait aussi vibrer de manière inverse l'air situé derrière elle (quand la membrane avance, l'air devant elle est comprimé et l'air derrière elle est décomprimé). Lorsque les ondes arrière et avant se rencontrent elles s'annulent. Il est donc nécessaire de supprimer les ondes arrière en les absorbant.

L'amplificateur audio

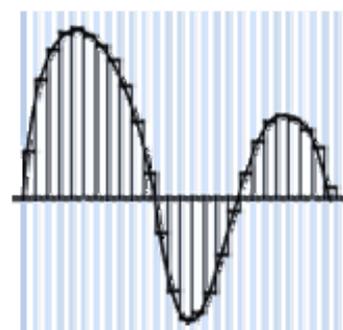
Un amplificateur audio est un appareil électronique destiné à amplifier les signaux audio de faible puissance dans le but d'alimenter une enceinte. Les signaux audio peuvent provenir d'un dispositif de capture (comme un microphone ou un instrument de musique) ou de

stockage (un lecteur CD, MP3 ...). Ce dispositif augmente la tension et/ou l'intensité du signal électrique d'entrée (en utilisant un ou plusieurs transistors ou tubes électroniques) puis envoie le signal amplifié.

Le son à l'ère du numérique

La découverte de la synthèse numérique des sons a permis à l'informatique musicale de se développer considérablement en suivant les progrès des capacités de calcul des ordinateurs.

Dans un ordinateur, le son n'est pas représenté ou stocké tel quel, il est converti en une suite de nombres que les moyens informatiques peuvent traiter, c'est ce que l'on appelle l'acquisition (avec les cartes son). Il s'agit de relever de petits échantillons de son (ce qui revient à relever des différences de pression) à des intervalles de temps suffisamment rapprochés pour qu'une fois restitués, cela semble continu à nos oreilles (même principe que pour la vidéo : succession d'images suffisamment rapprochées dans le temps pour que notre œil et notre cerveau n'en détectent pas le fractionnement). En ce qui concerne l'ouïe, il faut que les échantillons soient faits tous les quelques 100000^{èmes} de seconde. Chaque échantillon correspond à un intervalle de temps très bref auquel est associée la valeur de la pression de l'air au début de cet intervalle. En informatique, le son n'est donc plus une courbe continue mais un histogramme des valeurs de la pression pour chaque intervalle de temps (voir ci-dessous).



La mémoire d'un ordinateur travaille avec des bits. Le nombre de bits détermine le nombre de valeurs que l'échantillon peut prendre : plus le codage se fait avec un nombre élevé de bits, plus le nombre de valeurs peut être important. Au final la qualité du son est donc meilleure

avec un nombre de bits plus élevé mais cela nécessite plus de mémoire.

Le format MP3

Le « MPEG Audio layer 3 » est un format de compression des données audio afin de gagner en mémoire. Il permet de faire tenir l'équivalent de douze albums de musique sur un seul CD-ROM. En fait la compression MP3 consiste à retirer des données audio non indispensables au rendu final pour « l'auditeur moyen » dans des conditions habituelles d'écoute.

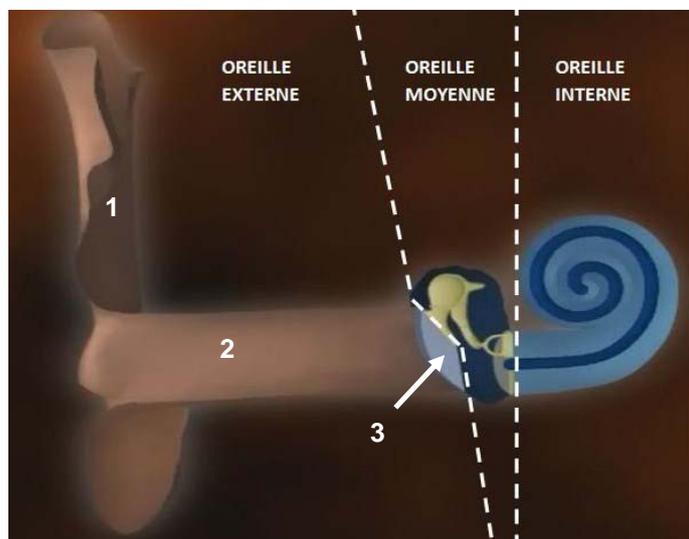
Le premier principe est que si l'oreille humaine est capable de discerner des sons entre 20 Hz et 20000 Hz, sa sensibilité est maximale pour des fréquences entre

2000 et 5000 Hz. Il n'est donc pas essentiel d'enregistrer tous les sons car certaines fréquences (2000 à 5000 Hz) ont tendances à « masquer » les autres pour nos oreilles. Le second principe est que, en dessous d'une fréquence donnée, l'oreille humaine est incapable de localiser l'origine du son. Le format mp3 exploite cette déficience en utilisant la méthode du « *joint stéréo* », c'est-à-dire que certaines fréquences sont enregistrées en mono mais elles sont accompagnées d'informations complémentaires en stéréo afin de restituer un minimum d'effet spatial.

Même si le principe du format MP3 est de donc détruire des données non indispensables, il convient d'admettre qu'il altère cependant quelque peu le rendu final.

ORGANE DE L'OUÏE

Le sens de l'ouïe est assuré par un organe, l'oreille qui est composée de trois parties distinctes tant sur le plan physique que physiologique : l'oreille externe, l'oreille moyenne et l'oreille interne.



L'oreille externe

L'oreille externe, est elle-même composée de 3 parties distinctes aux fonctions très différentes. Ainsi, de l'extérieur vers l'intérieur on rencontre :

- le pavillon(1), qui collecte les ondes sonores sur une large surface ;
- le conduit auditif (2) qui transmet les ondes et sécrète du cérumen protégeant le tympan des impuretés qui pourraient s'y déposer ;
- le tympan (3) qui est une fine membrane en forme de cône, tendue et sensible aux vibrations de l'air qui la frappe. Lorsque le son lui parvient, elle entre en vibration en l'amplifiant.

La membrane tympanique est très fine et fragile. De fortes variations de pression brutales (comme le souffle d'une explosion) peuvent la briser.

L'oreille moyenne

L'oreille moyenne se situe juste de l'autre côté du tympan. C'est une cavité remplie d'air et qui renferme un système complexe captant et amplifiant les vibrations de la

membrane du tympan. Ce système consiste en trois petits os (les plus petits du corps humain), les osselets, qui constituent une chaîne. Le premier, le marteau (4), est directement placé contre le tympan. Sur ce marteau vient se fixer l'enclume (5) sur lequel vient à son tour se fixer l'étrier (6) qui est en contact direct avec la fenêtre ovale de la cochlée.



Ces trois os sont assemblés de telle sorte qu'ils constituent une « chaîne de leviers » (de moins d'un cm de long !) le long de laquelle le son, transformé en vibrations mécaniques des os, est transmis et amplifié. Le signal qui arrive à la cochlée est ainsi 20 fois plus fort qu'il ne l'était en pénétrant dans l'oreille.

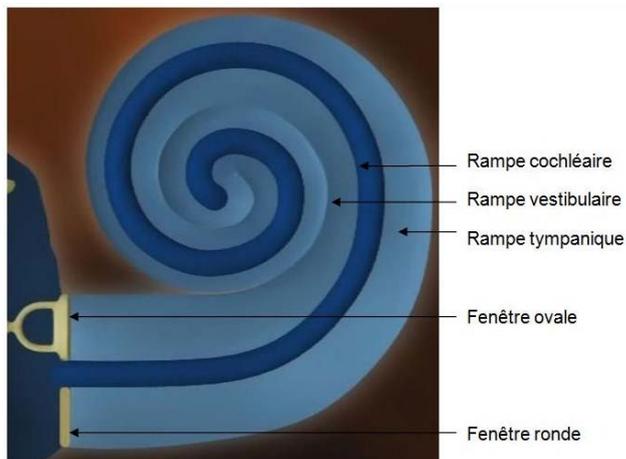
Si ces 3 petits os sont affectés par une blessure, une infection ou le vieillissement c'est tout le mécanisme qui en pâtie, parfois jusqu'à la surdité. Les osselets sont contenus dans une cavité connectée à l'extérieur par un étroit canal, la trompe d'eustache qui conduit à la gorge. Elle reçoit l'air aspiré par la bouche et le nez ce qui peut lui permettre de compenser certains changements de pression inconfortables qui peuvent se produire dans l'oreille.

L'oreille interne

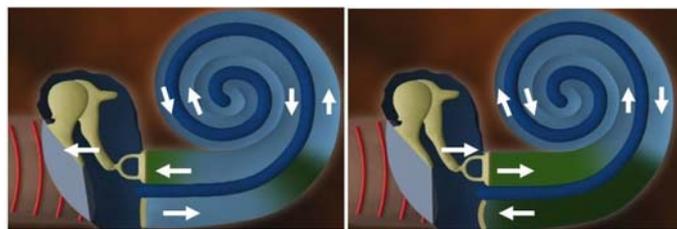
L'oreille interne est très complexe. Elle renferme deux structures distinctes, aux fonctions fondamentalement différentes. L'organe de l'équilibration (non représenté sur les figures), ou vestibule, est constitué de deux chambres, saccule et utricule, entourées d'os et remplies

d'endolymphe. **L'organe de l'audition** constitué de la **cochlée** (aussi appelée limaçon de par sa forme).

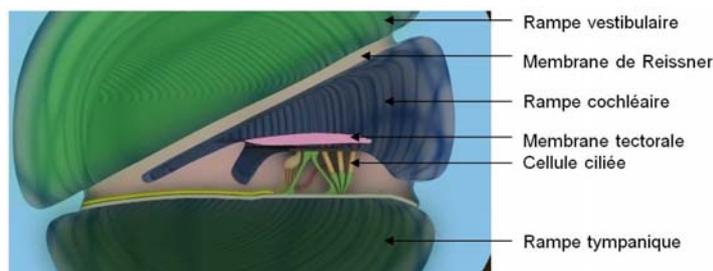
La cochlée est très complexe. C'est une structure osseuse quasi-tubulaire en forme de colimaçon. L'intérieur de ce tube est cloisonné en trois compartiments (les rampes) par deux membranes, la membrane de Reissner et la membrane basilaire.



Le mouvement de levier de l'étrier vient exercer une pression sur une fine membrane de la cochlée, la fenêtre ovale, qui répercute cette pression sur le liquide contenu dans les rampes vestibulaire et tympanique. Cette pression se propage sur toute la longueur de l'organe et vient pousser une fine membrane souple qui se trouve à l'autre extrémité, la fenêtre ronde.



Entre ces deux rampes, la rampe cochléaire renferme une structure, appelée organe de Corti, dont les 15000 cellules ciliées réagissent à la pression en stimulant des cellules nerveuses qui transmettent le message au cerveau.



Coupe transversale de cochlée

Cette stimulation se produit quand la variation de pression du liquide contenu dans la cavité vestibulaire entraîne une déformation de la membrane de Reissner. Celle-ci vient alors s'appuyer sur la membrane tectorale qui se déplace. Ce déplacement a pour conséquence de modifier l'inclinaison des cils des cellules ciliées qui sont à son contact ce qui déclenche un influx nerveux. Chaque cellule ciliée réagit à une fréquence qui lui est propre. Les cellules responsables de la perception des sons graves sont placées à la base du colimaçon ; plus on va vers son sommet, plus hautes sont les fréquences qui sont perçues.

TROUBLES DE L'AUDITION ET EXPOSITION SONORE

Induction des lésions auditives par le bruit

Pendant des milliers d'années, l'évolution a "conçu" et "façonné" notre organe auditif en fonction d'un environnement naturel exempt de trop de sources sonores. **Les oreilles**, contrairement aux yeux qui disposent de paupières, ne possèdent **aucune possibilité de "déconnexion" ni de "protection"**. Cet outil sensoriel, s'il est performant dans sa fonction initiale de veille, est en revanche **très vulnérable face aux agressions sonores** contemporaines, apparues brutalement au regard de leur évolution naturelle. Cet organe est d'autant plus fragile qu'il est **constitué de cellules non renouvelables**. Chacun possède donc un **"capital auditif"**, à l'image du "capital soleil" de la peau, qu'il est primordial de ménager à travers une gestion raisonnée de son environnement sonore et de ses pratiques musicales. La dépense prématurée de ce capital auditif, même s'il est variable d'une personne à une autre, entraîne irrémédiablement l'apparition précoce de troubles auditifs habituellement réservés aux personnes âgées.

Si les troubles précoces de l'audition sont essentiellement dus une **surexposition sonore**, certains **facteurs personnels** accélèrent aussi l'apparition de ces troubles et augmentent leur gravité (antécédents ORL, consommation de substances comme l'alcool, le tabac, les drogues ou certains médicaments).

Lors d'une surexposition sonore, l'organe auditif se dégrade car ses limites de résistance ne sont pas respectées (comme un muscle sur lequel on force ou que l'on ne laisse pas assez récupérer entre deux efforts). En effet, l'activité des cellules ciliées de l'oreille interne est alors telle que le métabolisme de celles-ci n'est plus capable de leur fournir suffisamment d'énergie. Elles se trouvent alors « sous-alimentées » et semblent « anesthésiées » ; on a l'impression que l'oreille est bouchée. Une phase de récupération, par la mise au repos de l'oreille, permet un retour progressif à la normale de leur activité que le métabolisme peut de nouveau satisfaire. Ce processus explique que l'on retrouve peu à peu ses facultés auditives, mais celui-ci

peut durer des heures, voire plusieurs jours. Si les surexpositions sonores se multiplient, sont trop importantes ou si les phases de récupération ne sont pas respectées, les cellules meurent prématurément. Comme les cellules ciliées ne se renouvellent pas, si de plus en plus d'entre elles sont détruites, il en résulte alors des lésions permanentes de l'audition.

Conséquence des troubles auditifs

Avoir des **troubles de l'audition** ne signifie pas forcément que « *l'on n'entend plus rien* » mais plutôt « *que l'on ne comprend plus ce que l'on entend* » car le message nerveux reçu par le cerveau est alors plus ou moins atténué, brouillé, confus, foisonnant, et la parole devient difficile à comprendre. Les pertes d'audition (diminution de la perception de certaines fréquences), les acouphènes (sifflements, bourdonnements temporaires ou définitifs) ou l'hyperacousie (hypersensibilité douloureuse aux sons de tous les jours), constituent très rapidement un handicap pouvant mener à l'isolement, voire au suicide tellement ils transforment le quotidien en cauchemar.

Du fait de la connexion directe entre les oreilles et le cerveau, les **surexpositions sonores génèrent aussi du « stress » pour l'organisme** qui se caractérise par de nombreuses manifestations : épuisement, irritabilité, anxiété, troubles du sommeil, vertiges, réduction du champ et de l'acuité visuelle (notamment nocturne), diminution de l'attention et des capacités de mémorisation, troubles affectifs, familiaux, psychologiques, dépressions, accidents domestiques, professionnels ou routiers...

Diagnostic des lésions

Les **acouphènes** sont des troubles auditifs qui se manifestent par la **perception de sons parasites** en l'absence de source sonore. Ces sons d'intensités variées, reproduisent des bruits courants : bourdonnement, sifflement... L'acouphène n'est pas une manifestation psychologique mais a bien son origine dans l'oreille interne. Les acouphènes sont difficiles

voire impossibles à traiter lorsqu'ils sont persistants, mais ils disparaissent souvent spontanément.

L'**hyperacousie** est une réaction anormale de l'oreille interne lors de l'exposition à des bruits d'intensité modérée. La **tolérance aux sons est réduite** et **génère une gêne** invalidante et un inconfort auditif important.

Parfois, ce n'est que le premier signe d'une atteinte de l'oreille interne qui, par la suite, peut aboutir à une perte auditive. Le bilan audiométrique est en effet souvent normal au début. Elle est rare et peu fréquente mais peut parfois devenir aussi invalidante que des acouphènes.

La déficience auditive est caractérisée par la **perte auditive**, cela correspond à un nombre permettant de mesurer **l'atténuation des sons ressentie** par le malentendant. La mesure de la perte auditive s'effectue dans le cabinet d'un **médecin spécialiste ORL**. **L'examen audiométrique** qu'il pratique est simple, rapide, et indolore ; en effet, le test consiste à présenter au sujet concerné des sons de différents niveaux et à différentes fréquences ; la personne indique au praticien les sons qu'elle perçoit, et il est ainsi possible de connaître le plus faible niveau (seuil d'audition) procurant pour chaque fréquence une sensation auditive. Les résultats de cet examen figurent sur un audiogramme qui indique les valeurs de la perte auditive aux fréquences, 125, 250, 500, 1000, 2000, 4000 et 8000 hertz, pour ne citer que les plus couramment utilisées.

Des tests d'intelligibilité permettent aussi, toujours par audiométrie, de tester l'aptitude d'un patient à comprendre la parole. D'autres tests, tout aussi anodins, sont appliqués aux bébés et aux enfants, permettant le diagnostic précoce de la surdité.

Prévention des lésions

Pour permettre à chacun de **préserver son "capital auditif"** tout en favorisant son épanouissement personnel en termes de loisirs musicaux, la limitation collective doit rester modérée mais être accompagnée de **l'apprentissage d'une gestion individuelle de l'intensité et des temps d'exposition**.

Le premier moyen de **prévention des lésions auditives** consiste à **prendre conscience** que, d'un point de vue physiologique, la surexposition sonore relève **d'un problème de cumul de « doses sonores »**. La dose sonore correspond à la combinaison de deux valeurs : l'intensité sonore (en décibels) d'une part et le temps d'exposition d'autre part. La dose sonore maximum recommandée par les experts médicaux est calculée par un rapport entre ces deux valeurs. Si l'intensité sonore est doublée, la durée d'exposition doit alors être divisée par deux pour respecter cette dose maximum de son imposée à nos oreilles. Le tableau ci-dessous reprend **la dose sonore hebdomadaire recommandée selon le niveau d'intensité sonore**.

| Niveau d'intensité sonore* | Activité sonore correspondante de la vie quotidienne | Temps d'exposition maximum |
|----------------------------|--|----------------------------|
| 5 | Seuil de l'audition | |
| 30 | Bureau calme | |
| 55 | Conversation normale | |
| gêne 65 | Centre ville de jour | |
| fatigue 80 | Gros trafic automobile | |
| 87 | Travail bruyant | 40h |
| danger 99 | Baladeur à très fort volume | 2h30 |
| 105 | Limite des lieux musicaux | 38 min |
| 111 | Marteau piqueur | 8 min |
| douleur 123 | Réacteur d'avion | 1 min |

*le décibel étant une échelle logarithmique, doubler l'intensité acoustique correspond à une augmentation d'environ 3 dB.

Le cumul de ces activités sur une semaine engendre le cumul des doses subies ce qui multiplie d'autant les risques de lésion auditive. Ainsi, cumuler 40h de travail bruyant à 87dBA avec 2h½ de baladeur à 99dBA et 1h15 dans un lieu musical à 102dBA correspond à imposer 3 fois la dose hebdomadaire recommandée à nos oreilles. Si la dose de bruit maximale admissible tend à être de mieux en mieux respectée dans le monde du travail, les **expositions sonores de loisir ne sont jamais prises en compte** alors, qu'elles sont souvent très importantes, notamment dans les loisirs musicaux. Ainsi, des simulations ont montré qu'un **individu peut couramment subir**, du fait de ces cumuls d'exposition, jusqu'à **9 ou 10 fois la dose hebdomadaire maximum recommandée**.

Le deuxième moyen est d'apprendre à **limiter son temps d'exposition** personnel et à **s'éloigner des sources sonores** quand la dose maximum est atteinte, ou **de s'en protéger** par des bouchons d'oreille si l'on souhaite ou si l'on doit rester sur le lieu de l'exposition sonore.

Le troisième moyen est d'être particulièrement **vigilent sur les quelques "signaux" d'alerte** envoyés par notre organisme (acouphènes temporaires, fatigue auditive...) car il n'y a que très peu de récepteurs de la douleur dans l'oreille pour nous avertir d'une atténuation auditive graduelle.

Le dernier moyen est de **connaître les mesures d'urgence** à adopter en cas de surexpositions

traumatisantes pour en "limiter" les conséquences (service d'urgence ORL).

Remarque

Il est avéré que le mode de compression MP3 (voir précédemment) accentue la précocité de la perte auditive de certaines fréquences (notamment ~4000 Hz). En effet, la suppression de certaines fréquences « appauvrit » le son lors de l'écoute et, pour ressentir un environnement musical aussi intense, les auditeurs ont tendance à monter le volume sonore. Ils surexposent ainsi leurs cellules ciliées permettant la réception de ces fréquences de façon beaucoup plus régulière sans même en avoir conscience.

REGLEMENTATION

Calcul du niveau sonore de référence : le décibel audible ou dB(A) :

Partout dans le monde, les autorités publiques se réfèrent à l'échelle des décibels (A) pour mesurer et légiférer sur le niveau sonore. Cette échelle de mesure n'est pas tout à fait semblable à l'échelle dB car elle est le résultat d'une pondération des valeurs mesurées pour tenir compte du fait que l'oreille humaine a une sensibilité différente à chaque fréquence sonore. En général, nous entendons mieux les fréquences moyennes que les hautes ou basses fréquences. Dans le système dB(A) on applique un coefficient important aux fréquences sonores les plus audibles, alors qu'on applique un coefficient beaucoup plus faible aux fréquences les moins audibles. En totalisant ensuite tous les résultats obtenus, on finit par avoir un index numérique des différents sons.

Réglementation relative aux bruits de voisinage (décret du 31 août 2006)

Les règles d'émergence du bruit à respecter sont définies dans l'article R. 1334-33 du code de la santé publique. Elles sont établies en fonction de deux critères : la période durant laquelle se déroule le bruit et la durée cumulée de celui-ci.

Art. R. 1334-33 du code de la santé publique :

« L'émergence globale dans un lieu donné est définie par la différence entre le niveau de bruit ambiant, comportant le bruit particulier en cause, et le niveau du bruit résiduel constitué par l'ensemble des bruits habituels, extérieurs et intérieurs, correspondant à l'occupation normale des locaux et au fonctionnement habituel des équipements, en l'absence du bruit particulier en cause.

Les valeurs limites de l'émergence sont de 5 décibels A en période diurne (7 heures à 22 heures) et de 3 dB(A) en période nocturne (22 heures à 7 heures), valeurs auxquelles s'ajoute un terme correctif en dB(A), fonction de la durée cumulée d'apparition du bruit particulier :

6 pour une durée inférieure ou égale à 1 minute ;

5 pour une durée supérieure à 1 minute et inférieure ou égale à 5 minutes ;

4 pour une durée supérieure à 5 minutes et inférieure ou égale à 20 minutes ;

3 pour une durée supérieure à 20 minutes et inférieure ou égale à 2 heures ;

2 pour une durée supérieure à 2 heures et inférieure ou égale à 4 heures ;

1 pour une durée supérieure à 4 heures et inférieure ou égale à 8 heures ;

0 pour une durée supérieure à 8 heures. »

Ainsi, à titre d'exemple, pour un événement diurne d'une durée de 3 heures, l'émergence pourra atteindre au maximum 7dB(A).

Réglementation spécifique aux établissements ou locaux recevant du public et diffusant habituellement de la musique amplifiée (décret du 15 décembre 1998) :

En aucun endroit accessible du public, le niveau ne doit dépasser 105 dB(A) en niveau moyen et 120 dB en niveau crête.

Les opérations festives ponctuelles organisées en extérieur ne relèvent pas de cette réglementation.

Réglementation sur les baladeurs

L'arrêté du 24 juillet 1998 complété par l'arrêté du 8 novembre 2005 réglemente à 100 dB le niveau max délivré par les baladeurs.

Valeurs conseillées par l'OMS (2000) :

L'OMS recommande de :

- ne pas participer plus de quatre fois dans l'année à des cérémonies, festivals, divertissements dont les niveaux dépassent 100 dB(A) en moyenne sur 4 heures ou 110 dB(A) en max ;
- ne pas écouter de musique à l'aide d'écouteurs, de manière quotidienne, à des niveaux supérieurs à 85 dB(A) en moyenne sur 1 heure ou qui dépassent 110 dB(A) en max.

LEXIQUE

Acouphènes : sifflements, bourdonnements temporaires ou définitifs.

Dose de son ou dosimétrie sonore : combinaison du niveau d'intensité sonore par le temps d'exposition.

Fréquence : nombre de vibrations par seconde (en hertz).

Harmonique : fréquence unique d'un son pur.

Hyperacousie : hypersensibilité douloureuse aux sons de tous les jours.

Timbre d'un son : aussi appelé spectre d'un son, correspond à la superposition des différentes fréquences (harmoniques) qui le composent.

Perte d'audition : diminution de la perception de certaines fréquences.

POUR EN SAVOIR PLUS : QUELQUES RESSOURCES MULTIMEDIA COMPLEMENTAIRES

www.agi-son.org : on y trouve l'ensemble des documents législatifs comme le décret de 98-1143 ou la directive européenne 2003/10/CE. On peut également trouver des explications de notions d'acoustiques, une petite histoire des musiques amplifiées ou encore des données sur la prévention des risques auditifs. Enfin cela permet de télécharger les outils (dépliants et affiches) de la Campagne de prévention et de sensibilisation aux risques auditifs ou de visionner deux petites vidéos de prévention.

www.bruit.fr : permet d'approfondir la question sur la gestion sonore il est également possible de se rendre sur le site du centre d'information et de documentation sur le bruit (CIDB)

<http://www.ecoute-ton-oreille.com/> : site éducatif et interactif édité par l'INPES, à destination des adolescents, balayant la plupart des thèmes abordés dans ce guide.

<http://www.crdp-limousin.fr/Reduction-des-risques-auditifs.html> : site balayant l'ensemble des thèmes abordés dans ce guide et comprenant une « version dématérialisée de la mallette pédagogique : réduction des risques auditifs » dans laquelle on peut télécharger des brochures, des affiches de prévention et trouver d'autres idées d'animation.

<http://olfac.univ-lyon1.fr/documentation/audition/acouphene/> : site donnant des informations sur les acouphènes et l'hyperacousie ainsi que sur leur prise en charge.

http://www.audition-infos.org/jna/audition_son.php : site balayant la plupart des thèmes abordés dans ce guide.

<http://www.audition-prevention.org/site/actualites.php> : on y trouve des supports d'informations et de prévention tels que des fascicules, des affiches, des vidéos.

<http://www.dbstop.com/apropos/Page.php?idPage=24> : site donnant les détails des calculs et des théories acoustiques dans différentes conditions.

<http://www.france-acouphenes.org> permet d'approfondir la question des acouphènes et de quelques autres problèmes auditifs invalidants.

<http://hearing.siemens.com/fr/05-audition/02-comprendre-la-perte-auditive/01-la-perte-auditive/hearing-loss.jsp> : site commercial permettant, entre autres choses, de réaliser un test auditif, d'interpréter un audiogramme, de connaître les répercussions sur le quotidien des différents niveaux de pertes auditives.

http://www.passeportsante.net/fr/Maux/Problemes/Fiche.aspx?doc=acouphenes_pm : site très complet sur les acouphènes, leur origine, leur prévention, leur prise en charge.

DVD C'est pas sorcier « Les coulisses d'un concert-Faites parler les décibels », « Le monde des sourds », « Au bout du fil... le téléphone ».