

LES RISQUES AUDITIFS

LIVRET PÉDAGOGIQUE



Sommaire

1. L'évolution des musiques et des technologies

- LES MUSIQUES ACTUELLES / AMPLIFIÉES
- L'ÉVOLUTION DES COURANTS MUSICAUX ET DES TECHNOLOGIES
- LES EFFETS DE L'AMPLIFICATION SONORE

2. Qu'est-ce que le son ?

- LE SON EN SEPT QUESTIONS ?
- L'AMPLIFICATION ET LA DIFFUSION DU SON

3. L'oreille et la gestion de l'environnement sonore

- L'OREILLE ET L'OUÏE
- LA DOSE DE BRUIT TOLÉRABLE HEBDOMADAIRE
- LES TRAUMATISMES
- LES RISQUES AUDITIFS LIÉS AUX SONORITÉS AMPLIFIÉES
- LES BONS RÉFLEXES POUR PRÉSERVER SES OREILLES

L'évolution des musiques et des technologies

LES MUSIQUES ACTUELLES / AMPLIFIÉES

Le terme générique “musiques actuelles” a connu une certaine forme d’officialisation en 1994 avec la création de l’IRMA (Centre d’Information et de Ressources pour les Musiques Actuelles) puis avec la création du dispositif SMAC (Scène de Musiques Actuelles) en 1998. Il s’agit d’un terme institutionnel devenu une catégorie administrative à part entière.

Cette expression recouvre un vaste champ artistique, et regroupe sous la même appellation des courants musicaux aussi divers que la chanson, le jazz, les musiques improvisées, le rock, le hip hop, le reggae, le hard rock, le funk, les musiques électroniques, etc.

Cette appellation générique, forcément réductrice, a tendance à gommer les éléments de différenciation entre toutes ces esthétiques musicales. Afin d’éviter cette classification incorrecte, voire méprisante (le caractère actuel de ces musiques sous-entendrait-il que l’on parle de musiques sans passé ni avenir ?), et au regard de l’enjeu que représentent les risques auditifs qui s’y rapportent, nous préférons parler de musiques amplifiées. En effet, le point commun de toutes les esthétiques musicales considérées est l’utilisation nécessaire de la chaîne d’amplification électrique pour être créées, jouées et entendues. Il est important de noter que l’amplification électrique a permis d’obtenir des niveaux sonores jamais atteints auparavant. Les seules limites sonores ne résident donc plus que dans la puissance et l’usage du matériel d’amplification.

Nous tenterons ci-dessous de passer en revue, de manière forcément incomplète, les évolutions technologiques qui ont eu un impact fort sur la genèse des esthétiques musicales. Il ne s’agit pas de brosser l’histoire des courants musicaux, mais plutôt d’envisager comment les évolutions technologiques ont permis l’émergence de nouveaux courants musicaux et d’envisager comment le volume sonore a pris une dimension prépondérante au sein de ces nouvelles esthétiques au cours des 80 dernières années.

L'évolution des musiques et des technologies

L'ÉVOLUTION DES COURANTS MUSICAUX

De tout temps, la création musicale a été intimement liée au développement de la facture instrumentale. En effet, lorsque le piano (inventé par Bartolomeo Cristofori en 1698) remplaça le clavecin, l'objectif était déjà de concevoir un instrument plus puissant permettant de jouer avec un orchestre plus important. Au-delà du résultat attendu, le piano permit l'avènement d'une nouvelle technique de jeu qui n'aurait jamais vu le jour sans la création de l'instrument. De la même manière, l'apparition de la chaîne d'électro-amplification au début du xxème siècle permit l'apparition de nouveaux instruments mais aussi l'avènement des nouveaux courants musicaux.



Les années 30

les premiers pas de l'électro-amplification

La guitare électrique, mise au point au tout début des années 30, fait partie des premiers instruments électro-amplifiés avec le Theremin (premier instrument de musique électronique inventé par le russe Lev Sergeivitch Termen). L'amplification de la guitare avait initialement pour objectif de permettre aux guitaristes de rivaliser en terme de volume sonore avec la batterie, le piano et les sections de cuivres. Mais cette invention permit aussi et surtout aux guitaristes de prendre la place de soliste au sein de l'orchestre, place initialement réservée au piano ou aux cuivres. C'est alors la composition des morceaux et les techniques de jeux qui s'en virent bouleversées et développées. Le blues (musique noire américaine), la country (musique blanche américaine inspirée par la musique folklorique européenne) et le jazz s'emparèrent très vite de ce progrès technique. Les premières guitares électrifiées sont de simples guitares acoustiques munies d'un micro placé sous les cordes. À cette époque, sur scène, l'amplification reste assez sommaire même si les constructeurs commencent à fabriquer des "ampli guitare". L'un des premiers musiciens à électrifier sa guitare s'appelait Charlie Christian, guitariste de jazz auprès de Benny Goodman et précurseur du be-bop.

Les années 50

L'avènement du rock & roll

Les courants musicaux :

Dans les années 50, les Etats-Unis voient l'avènement d'un mouvement populaire, social et musical sans précédent. Jusqu'alors, le jazz est considéré par l'Amérique puritaine comme une "musique de sauvage", réservée aux Noirs. Cependant, le rhythm & blues, popularisé par les big bands de jazz et de boogie, commence à séduire de plus en plus de jeunes Blancs américains conquis par les nouvelles danses effrénées auxquelles ils s'adonnent dans les clubs. C'est dans ce contexte de libéralisation des moeurs que le rock & roll voit le jour. Très vite, la jeunesse américaine avide de liberté s'empare de cette musique. Il s'agit de la première musique populaire créée par et pour les jeunes et qui dépasse les clivages de couleurs. On fixe traditionnellement l'avènement du rock en 1954 avec le titre "That's All Right Mama" d'Elvis Presley.

Les évolutions technologiques :

Simultanément à cet essor, les nouveaux médias comme la radio puis la télévision permettent une diffusion large et massive de la musique aux Etats-Unis. La démocratisation du disque vinyle, premier support d'écoute grand public, permet à tous les foyers américains d'accéder aux nouveautés musicales.

Dans les années 50, à l'instar de la guitare électrique, la basse électrique vient concurrencer la contrebasse toujours dans un souci de recherche de volume sonore. Léo Fender, luthier de guitare, en est à l'origine avec la precision bass, premier modèle de basse électrique produite en série. Contrairement à la contrebasse, la basse électrique dispose de frettes sur le manche, offrant ainsi un confort et de la précision pour la justesse.

Les années 60

Le développement technologique

Les courants musicaux :

A cette époque, la soul music se popularise y compris en Europe. C'est une musique noire américaine qui puise ses racines dans le gospel, musique religieuse apparue au milieu du XIX^{ème} - siècle, empreinte d'émotion et de spiritualité. La soul music représente la communauté par opposition au blues qui symbolise plutôt l'individu. Elle est incarnée par des artistes comme Otis Redding, Aretha Franklin ou Ray Charles.

Dans les années 60, le rock arrive en Angleterre et s'imprègne de l'héritage chansonnier européen. Il donne naissance au pop rock, illustré par des artistes comme les Beatles, les Kinks, les Animals ou bien encore les Rolling Stones.

A la même époque en Jamaïque, les musiciens reprennent les standards de soul et de rhythm & blues américains en les mélangeant aux musiques traditionnelles des Caraïbes (mento et calypso). De ce mélange, naîtra le ska puis le rocksteady illustrés par des artistes comme Desmond Decker, les Skatalites, ou bien encore Bob Marley à ses débuts. Plus tard, au début des années 70, le rocksteady permettra l'apparition du reggae.

Les évolutions technologiques :

A la fin des années 60, les constructeurs d'ampli développent une nouvelle génération de matériel de très forte puissance qui devient l'argument de vente n°1 des constructeurs (Marshall sort son ampli guitare 3 corps et Ampeg met au point l'ampli basse SVT 300W).

L'apparition des pédales d'effets (boîtier électronique transformant le son de l'instrument) permet aux musiciens d'expérimenter de nouvelles sonorités avec notamment l'effet "distorsion" (guitare saturée) et l'effet wha wha rendu célèbre par Jimi Hendrix. Des artistes comme les Pink Floyd ou Frank Zappa restent aujourd'hui encore célèbres pour leurs expérimentations sonores. Le synthétiseur, premier instrument entièrement synthétique, se diffusent au même moment et permet aussi d'enrichir les palettes sonores des musiques amplifiées.

Toutes ces trouvailles sonores permettent au rock de partir dans diverses directions (rock psychédélique, rock progressif, hard rock) dans lesquelles la recherche du volume sonore développe de nouvelles sensations. C'est à cette époque d'expérimentation que l'on relève les niveaux sonores parmi les plus importants pendant des concerts.

Les évolutions technologiques en matière de sonorisation de concert (*cf. chapitre 2 : Qu'est-ce que le son ?*) permettent de sonoriser des espaces de plus en plus vastes. C'est l'époque des premiers gros festivals qui rassemblent, pour la première fois, des milliers de personnes autour de la musique (festival de Woodstock-USA, festival de l'Isle de Wight-Angleterre et festival d'Amougie-Belgique durant l'année 1969). Ces événements participent à l'essor des stars du rock.

Au même moment, aux Etats-Unis, les premières discothèques fleurissent en réaction aux gros festivals. Ces nouveaux endroits dédiés à la danse permettent une diffusion de la "black music" qui était assez peu représentée dans les festivals. Le dj (disc jockey, celui qui passe les disques) commence à prendre une place importante.

En 1964, Philips perfectionne le procédé d'enregistrement sur bande magnétique. La bande magnétique se miniaturise et devient la K7 audio plus compacte que le vinyle et qui permet surtout pour la première fois d'enregistrer facilement soi-même la musique que l'on veut écouter (avènement de la copie privée).

Les années 70

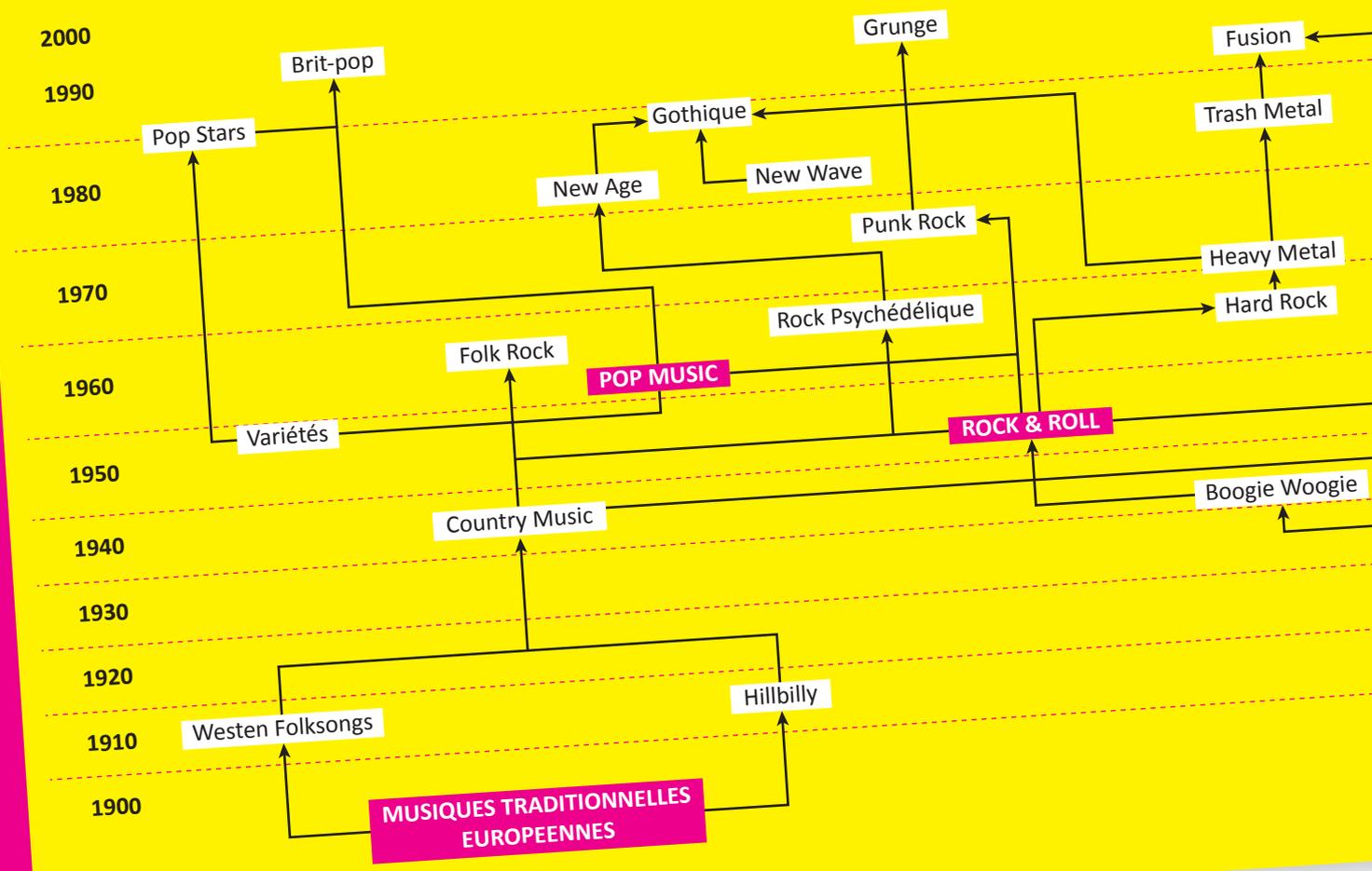
l'explosion des genres et de la culture du décibel

Dans les années 70, l'explosion des genres entamée à la fin des années 60 se perpétue. Les progrès techniques étant de plus en plus complexes, un nouveau personnage fait son apparition et devient incontournable : c'est le sonorisateur. C'est lui qui a pour mission de gérer les murs de son que l'on propose au public dans les concerts.

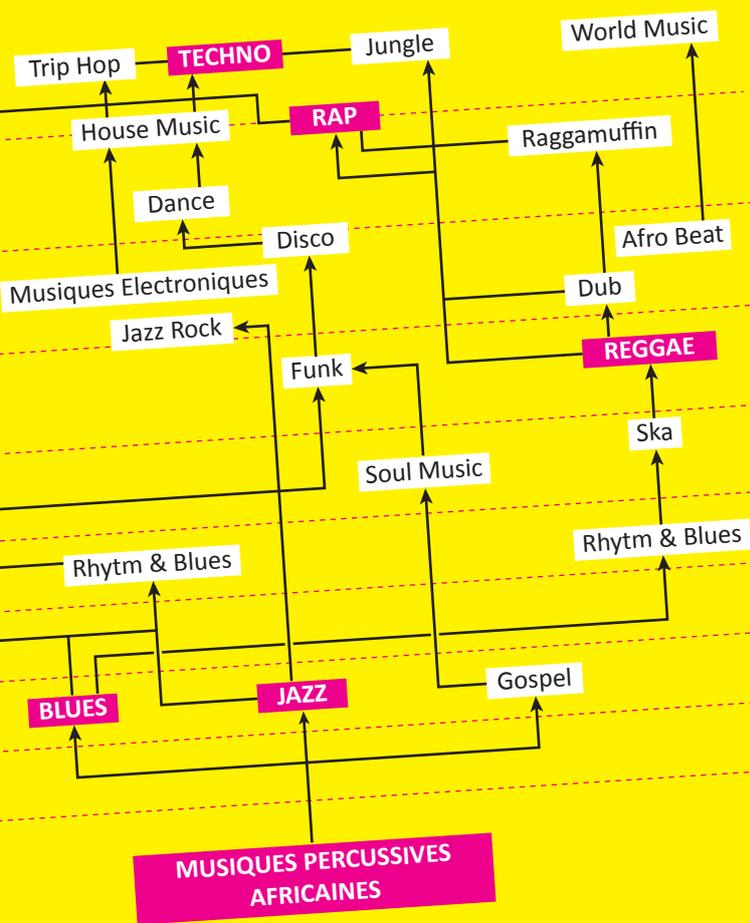
Même si l'invention du synthétiseur remonte aux années 20 et que sa diffusion se développe dans les années 60, son utilisation se généralise dans la pratique amateur et sur les grandes scènes dans les années 70. Une fois de plus, ce progrès technologique permet un enrichissement et une diversification des courants musicaux. Le rock planant (Pink Floyd, Vangelis, Can, Tangerine Dream, Kraftwerk...), le disco (Donna Summer, Village People, Boney M...) puis la new wave (Joy Division, The Cure, Depeche Mode...) utilisent largement les synthétiseurs.

Périodes	Courants musicaux	Technologies des instruments	Supports de diffusion
1890 1910	Apparition des différentes formes de blues, prémices du jazz.	Premiers essais d'amplification sonore, mais la musique reste largement acoustique.	Conception du phonographe par Thomas Edison (1878), appareil lisant et amplifiant la musique gravée sur des cylindres de cire. Création du gramophone par Berliner (1898), le cylindre est remplacé par un disque de métal.
1910 1930	Le jazz devient la musique la plus écoutée sur le continent américain, et pénètre progressivement en Europe.	Généralisation de l'amplification, développement des microphones électro-magnétiques.	Développement du marché phonographique, guerre commerciale entre les principales firmes pour imposer un support standard.
1930 1950	Apparition du rhythm & blues et du boogie woogie qui annoncent la création du rock & roll.	Systèmes d'amplification intégrés aux instruments acoustiques : création de la guitare électrique.	Apparition du disque vinyle (1948), qui devient le standard mondial. Mise au point des techniques de stéréophonie et de quadriphonie.
1950 1965	Apparition du rock & roll, aux Etats-Unis qui va révolutionner les musiques populaires. En Angleterre, se développe la pop music.	Perfectionnement des électrophones. Création de la basse et du clavier électrique. Prémices de l'informatique musicale.	Développement du disque 45 tours qui devient le support le plus vendu. Apparition de la technologie des transistors qui permet la miniaturisation des appareils de lecture.
1965 1980	Foisonnement de nouveaux courants musicaux : reggae, hard rock, disco, funk, etc.	Avancées technologiques permettant la sonorisation de concerts géants. Création des premiers synthétiseurs.	Commercialisation des premières cassettes à bande magnétique, création du walkman à la fin des années 1970.
	Apparition du rap. Fin des années 1980, les musiques électroniques (techno et house principalement) commencent à animer les "dancefloors".	Création des boîtes à rythmes. Développement des instruments électroniques. Apparition du home studio: échantillonneur, expandeur, séquenceur.	Commercialisation du Compact-Disc en 1983, qui s'impose en quelques années comme le support standard au niveau mondial.
1995 et après	Explosion des musiques électroniques et du rap. Diversité toujours plus grande des styles musicaux.	Généralisation de la MAO (Musique Assistée par Ordinateur). Perfectionnement des platines pour les DJ's.	Développement de nouveaux supports numériques (DAT, DCC, Minidisc). Dématérialisation des supports musicaux (fichiers MP3).

Exemple de généalogie des courants musicaux



Au début des années 70 en Jamaïque, des ingénieurs du son comme King Tubby ou Lee Scratch Perry commencent à bidouiller les bandes d'enregistrements de reggae. Ils y ajoutent des effets sonores (delay, reverb...), et revisitent les vieux standards jamaïcains en effaçant souvent la voix et en accentuant la basse et la batterie. Ils donnent ainsi naissance au dub. Ces nouvelles versions sont utilisées dans les sound system (sorte de disco mobiles) par le selector (nom donné au dj jamaïcain : celui qui passe les disques) qui enchaîne les morceaux sur ses platines tout en motivant les danseurs par des discours rapides et enjoués. Au milieu des années 70, de jeunes New-Yorkais d'origine jamaïcaine reprennent le principe du sound system, mais cette fois-ci avec des morceaux de funk américain de l'époque. Les dj's commencent à chanter de façon très rythmée et saccadée sur les versions instrumentales. C'est la naissance du rap. Quelques années plus tard, les Dj's développent la technique du scratch (manière de jouer sur la vitesse de rotation d'un disque vinyle). Afrika Bambaataa crée la "Zulu Nation" au milieu des années 70 et pose les bases philosophiques du mouvement hip hop : "Peace, Love and Having Fun". Plus tard, des groupes comme Public Enemy radicaliseront le discours et influenceront bien des artistes français à travers un rap "conscient".



Au début des années 80 en Jamaïque, lors des sound system, les dj's commencent à reprendre le principe du rap américain en utilisant des versions instrumentales de reggae digital. Très vite, leur façon de chanter (toaster) se démarque du phrasé rap : c'est la naissance du raggamuffin. A la fin des années 70, on commercialise le walkman, qui vient remplacer les magnétophones mini K7 et qui permet "l'écoute casquée" de la musique. Le baladeur est devenu aujourd'hui le support d'écoute le plus utilisé. Il a permis d'augmenter considérablement le temps quotidien d'écoute de musique et a ainsi contribué au développement de l'industrie musicale.

Les années 1980 - 2000

Le passage à l'ère numérique

En 1984, on voit l'apparition d'une nouvelle machine qui se révélera devenir un instrument de musique à part entière, c'est le sampler (en français échantillonneur). Le sampler permet l'enregistrement d'un thème musical afin de le relire en boucle pour en faire un nouveau morceau. Parallèlement au sampler, se développent les premiers ordinateurs (les Atari) permettant de créer de la musique électronique. C'est le début de l'informatique musicale. La musique techno apparaît dans ce contexte technologique très novateur tout en s'appuyant sur les expérimentations d'artistes de rock électro des années 70 tels que Can, Vangelis ou Kraftwerk. Le sampler est très utilisé dans le rap, les musiques électroniques mais aussi désormais dans tous les styles musicaux.

En 1985, on commercialise le CD (disque compact), premier support d'écoute numérique grand public qui reste aujourd'hui la référence. Plus compact et plus pratique, le CD contribue à une renaissance de l'industrie du disque.

A la fin des années 90, la démocratisation de l'informatique, d'internet et du format MP3 (format de compression des fichiers musicaux) permet à la musique de s'exporter et d'évoluer. L'ordinateur est devenu à lui tout seul un instrument de musique (il permet la création de son), un studio d'enregistrement (il permet l'enregistrement et le traitement numérique du son) et un support d'écoute (grâce notamment au baladeur MP3). Internet permet aussi à la musique de voyager, de se métisser et, ainsi, de sans cesse évoluer.

L'évolution des musiques et des technologies

LES EFFETS DE L'AMPLIFICATION SONORE

Si les développements technologiques ont apporté un véritable renouvellement des formes musicales, ils ont également permis l'augmentation considérable du volume sonore aussi bien sur scène et en répétition qu'en écoute individuelle avec le baladeur.

L'écoute et les pratiques musicales à hauts niveaux sonores sont devenues un véritable phénomène de société. On peut parler aujourd'hui d'une culture du "tout à fond". La multiplication des techniques d'amplification, des lieux et des modes d'écoute à fort volume (concerts, discothèques, rave parties, locaux de répétition, écoute du baladeur, chaîne hi-fi, autoradio...) ont contribué à l'augmentation de l'exposition quotidienne de chacun d'entre nous à de forts niveaux sonores, pouvant constituer un véritable danger pour nos oreilles.

En France, plus d'un jeune sur trois a au moins un indice fréquent (systématique, très souvent, souvent) de trouble de l'audition dans la vie quotidienne.

(Source : enquête IPSOS – AG2R – JNA – mars 2003)



Qu'est-ce que le son ?

LE SON EN SEPT QUESTIONS :

1. Bruit ou son ?

Comment distinguer le bruit du son ? La différence entre le bruit et le son n'est que subjective et fait appel à une appréciation personnelle : un bruit est souvent jugé désagréable, gênant ; un son implique une notion "d'esthétique", une sensation de plaisir.

Dans la réalité, nous avons tendance à juger différemment le bruit que nous faisons de celui que nous subissons. Par exemple, un concert de hard rock sera considéré comme une musique divine pour ses fans et un vacarme infernal pour celui qui n'apprécie pas cette musique.

2. Qu'est-ce que le son ?

Trois éléments permettent l'existence d'un son :

- Une source!produisant une vibration mécanique
- Un milieu porteur! transmettant cette vibration
- Un récepteur!(l'oreille) qui reçoit cette vibration

La définition du son est ici purement physique : c'est une onde produite par tout corps qui entre en vibration, se propage dans un milieu élastique, principalement l'air, et se transmet à notre tympan puis à l'oreille interne.

Ce principe peut être comparé à un caillou jeté au milieu d'un lac aux eaux tranquilles, provoquant aussitôt des cercles concentriques qui se développent à partir du point d'impact. Chaque cercle correspond à une perturbation périodique, c'est-à-dire une onde, qui se propage dans un milieu (ici, l'eau). Il n'y a pas de transmission de matière, mais simple propagation d'un mouvement périodique s'effectuant d'une molécule à l'autre.

3. Quels sont les paramètres qui caractérisent le son ?

Le son se caractérise par trois paramètres physiques :

- La fréquence!ou la hauteur : du grave à l'aigu)
- L'intensité!(ou le volume sonore)
- Le timbre!(ou la "richesse" du son)

L'étude du son doit également prendre en compte deux autres facteurs : la vitesse et la propagation du son.

4. Quelle est l'unité de fréquence ?

L'unité de mesure de la fréquence est le hertz (Hz).

La fréquence correspond au nombre de vibrations par seconde de la source sonore. A cette notion physique correspond la notion physiologique de hauteur du son : plus un son est haut (ou aigu), plus sa fréquence est élevée.

Une corde qui vibre 100 fois en une seconde produit un son grave. Si elle vibre 3 000 fois à la seconde, elle produit un son aigu.

Les branches du diapason vibrent 440 fois à la seconde, ce qui correspond à la note La (440 Hz), employée comme référence par les musiciens pour accorder leurs instruments. C'est aussi la fréquence de la tonalité du téléphone.

L'oreille humaine perçoit des sons dont la fréquence varie entre 20 Hz et 20 000 Hz. A niveau sonore égal, notre oreille est plus sensible aux sons aigus qu'aux sons graves. Une voix de soprano (autour de 1000 Hz) prendra par exemple le dessus sur une voix de basse (250 Hz).

1 trompette = 90 dB
10 trompettes = 100 dB
sensation de 2x plus fort
50 dB + 50 dB = 53 dB

En-deçà de 20 Hz, on parle d'infrasons et, au-delà de 20 000 Hz d'ultrasons. Ils ne sont pas perçus par l'oreille humaine mais uniquement par certains animaux tels que les dauphins, les chiens, les chauves-souris...

L'intensité sonore se mesure en décibels (dB). Les décibels ne s'additionnent pas de façon arithmétique, mais selon une progression logarithmique. Cela signifie que lorsqu'une source sonore est multipliée par deux, le niveau sonore n'augmente que de 3 dB. Ainsi, par exemple, deux conversations identiques et simultanées dont le niveau sonore est de 50 dB chacune, ne donnent pas 100 dB mais 53 dB.

5. Quelle est l'unité de l'intensité sonore ?

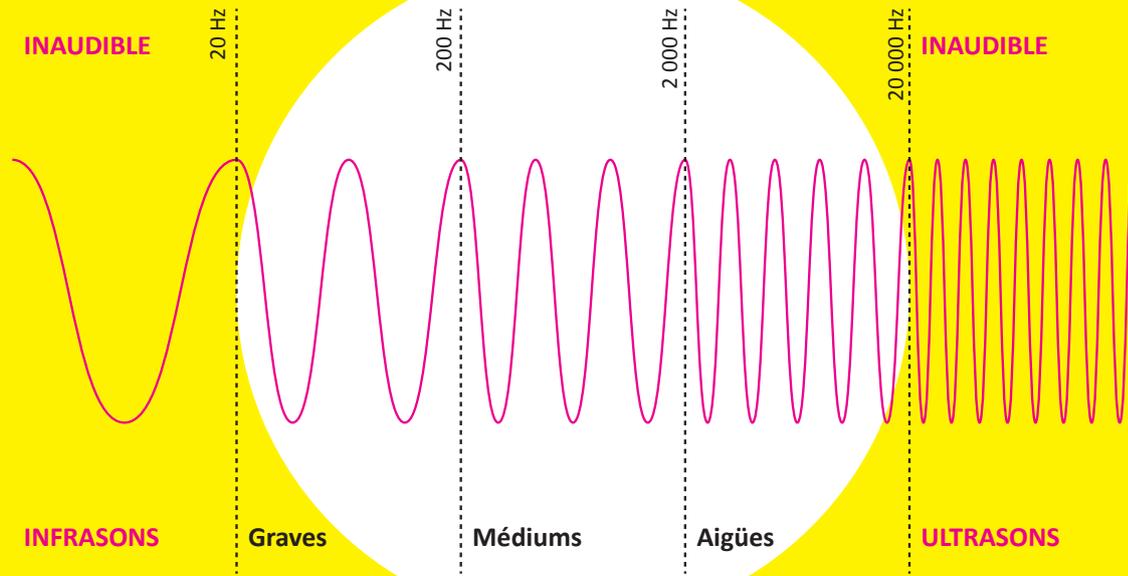
Autre conséquence de la progression logarithmique des décibels :

Pour avoir l'impression que le son est 2 fois plus fort, il faut ajouter 10 dB au volume initial.

Ex : 1 trompette délivre 90 dB seule. Pour avoir la sensation d'avoir un volume deux fois plus fort, il faut passer à 100 dB, soit multiplier par 10 la source initiale.

Cependant, l'acoustique ne se limite pas à une mesure "physique" des sons. Le son est pour l'oreille humaine à la fois une notion objective et subjective. L'oreille n'a pas la même sensibilité pour toutes les fréquences audibles. En effet, un son de 50 dB et de fréquence 1000 Hz produit une sensation auditive plus forte qu'un son de 50 dB à la fréquence 100 Hz. Pour tenir compte de cette particularité de l'oreille humaine, la mesure de la "force sonore", au sens physiologique, utilise des filtres qui pondèrent les niveaux sonores en fonction des fréquences. La mesure est alors exprimée en décibel A ou dB (A).

AUDIBLE



Par exemple, lorsqu'un moteur de formule 1 émet 115 dB à un mètre du capot, il n'émet plus que 109 dB à deux mètres, 103 dB à quatre mètres, 97 dB à huit mètres...

D'autres facteurs entrent en ligne de compte, comme le vent, la température, la végétation... Un épais rideau d'arbres d'une forêt tropicale peut constituer un excellent absorbant de l'intensité du son. Le brouillard, en revanche, favorise la transmission du son.

En plein air, l'intensité sonore s'atténue de 6 dB chaque fois que l'on double la distance entre la source émettrice et le point d'écoute.

En plein air, l'intensité sonore s'atténue de 6 dB chaque fois que l'on double la distance entre la source émettrice et le point d'écoute.

De plus, certaines fréquences s'atténuent plus rapidement que d'autres dans l'air. On peut constater le phénomène pendant un concert en plein air : à quelques centaines de mètres de la scène, la basse ou la grosse caisse (fréquences basses) restent audibles, quand guitare solo, flûtes et voix (hautes fréquences) ne le sont plus. Le son commence à être dangereux pour l'oreille à partir de 90 dB. Le seuil de douleur est atteint à partir de 120 dB. Entre ces deux valeurs, la douleur n'est pas forcément ressentie, mais il existe un risque de lésions irréversibles pour l'oreille. Le danger dépend à la fois du niveau sonore et de la durée d'exposition.

La mouche qui vole émet un niveau sonore qui se situe autour de 15 dB. Le seuil d'audibilité (0 dB), n'existe pas sur la terre.

Le son commence à être dangereux pour l'oreille à partir de 90 dB (radio très puissante, circulation intense, tondeuse à gazon...). Le seuil de douleur est atteint à partir de 120 dB. A ce stade, il y a un risque de lésions irréversibles pour l'oreille.

Le danger d'une exposition au bruit dépend à la fois du niveau sonore et de la durée d'exposition.

dB**Sans danger pour l'audition**

15	Bruissement de feuilles
20	Chuchotement / Jardin paisible
25	Conversation à voix basse
30	Appartement dans un quartier tranquille
35	Bateau à voile / Tic tac de montre
40	Rue résidentielle
50	Bruit d'une voiture au ralenti
60	Grands magasins / Sonnerie de téléphone
70	Restaurant bruyant
85	Radio volume à fond / Tondeuse à gazon

Facteur de troubles auditifs

90	Rue au trafic intense
95	Atelier de forgeage / Train passant en gare

Pénible à entendre

100	Marteau piqueur / Baladeur à fond
105	Discothèque / Concert

Difficile à supporter

110	Atelier de chaudronnerie
-----	--------------------------

Seuil de douleur

120	Moteur d'avion
130	Décollage d'un avion / Formule 1

Exige une protection auditive

140	Turbo réacteur au banc d'essai
180	Fusée Ariane au décollage

6. Qu'est-ce que le timbre?

Le timbre est la qualité spécifique du son qui permet de distinguer les sons obtenus en jouant la même note sur deux instruments différents (piano et accordéon par exemple). C'est une notion essentielle en musique.

Chaque son est formé d'une fréquence fondamentale et de fréquences "harmoniques". On dit qu'un son est riche, agréable à entendre, lorsqu'il contient de nombreuses harmoniques. Un son pauvre en harmoniques paraîtra terne à notre oreille.

Un son ne comprenant qu'une seule fréquence est appelé "son pur" (extrêmement rare dans notre environnement quotidien). Les sons musicaux sont des "sons complexes", mélanges de sons graves et aigus. Le son musical est la superposition d'un son fondamental et d'harmoniques dont les fréquences sont des multiples de la fréquence fondamentale.

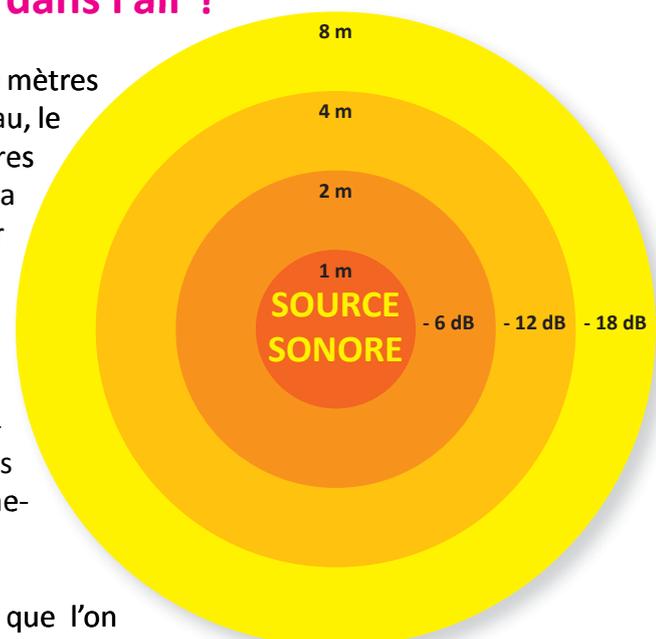
L'échelle des décibels donne un éventail des bruits de la vie quotidienne, classés par degré d'intensité

7. Comment le son se propage-t-il dans l'air ?

La vitesse de propagation du son dans l'air est de 340 mètres par seconde. Il est intéressant de noter que, dans l'eau, le son se propage quatre fois plus vite, soit à 1 340 mètres par seconde. Le son se propage dans l'air selon la loi de la dispersion. L'onde sonore émise dans l'air (milieu homogène) se propage autour de la source émettrice selon une sphère.

Plus l'éloignement par rapport à la source est grand, plus la surface de la sphère augmente. L'énergie sonore étant répartie sur des surfaces de plus en plus grandes, elle diminue au fur et à mesure de l'éloignement.

L'intensité sonore s'atténue de 6 dB chaque fois que l'on double la distance entre la source émettrice et le point d'écoute.



Qu'est-ce que le son ?

L'AMPLIFICATION ET LA DIFFUSION DU SON

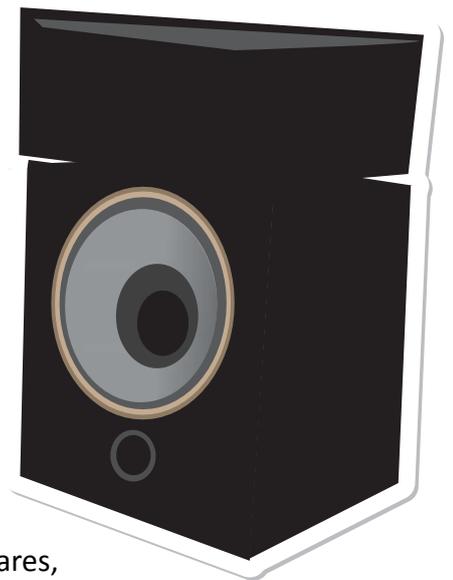
Le renforcement sonore électroacoustique

Tout au long de son histoire, l'homme a eu besoin de s'exprimer et de se faire comprendre d'un grand nombre de personnes. Pour cela, il a fallu faire appel à des artifices de renforcement sonore pour que les messages soient correctement perçus (porte-voix, architecture des théâtres grecs...). Le renforcement sonore électroacoustique apparaît au début du xxe siècle.

L'exemple de la sonorisation de concert

La sonorisation d'un concert a pour objectif de rendre l'écoute possible à un grand nombre de personnes, par le biais de la chaîne d'amplification.

En situation de concert, les musiciens jouent sur scène face au public. De chaque côté de la scène, se trouve le système de sonorisation façade. Ce sont des haut-parleurs qui amplifient et diffusent la musique produite sur scène en direction du public. Le sonorisateur, responsable de la gestion du son, est généralement placé au milieu du public, centré dans l'axe de diffusion des haut-parleurs. Son rôle est de traiter et mixer les différentes sources sonores afin d'obtenir la qualité d'écoute souhaitée pour le public.



Source émettrice : Les instruments de musique (batterie, guitares, voix, etc.) produisent des sons qui sont captés et amplifiés par un système de sonorisation.

Milieu porteur : Les molécules d'air de notre environnement permettent la propagation des ondes sonores

Récepteur : Le public.

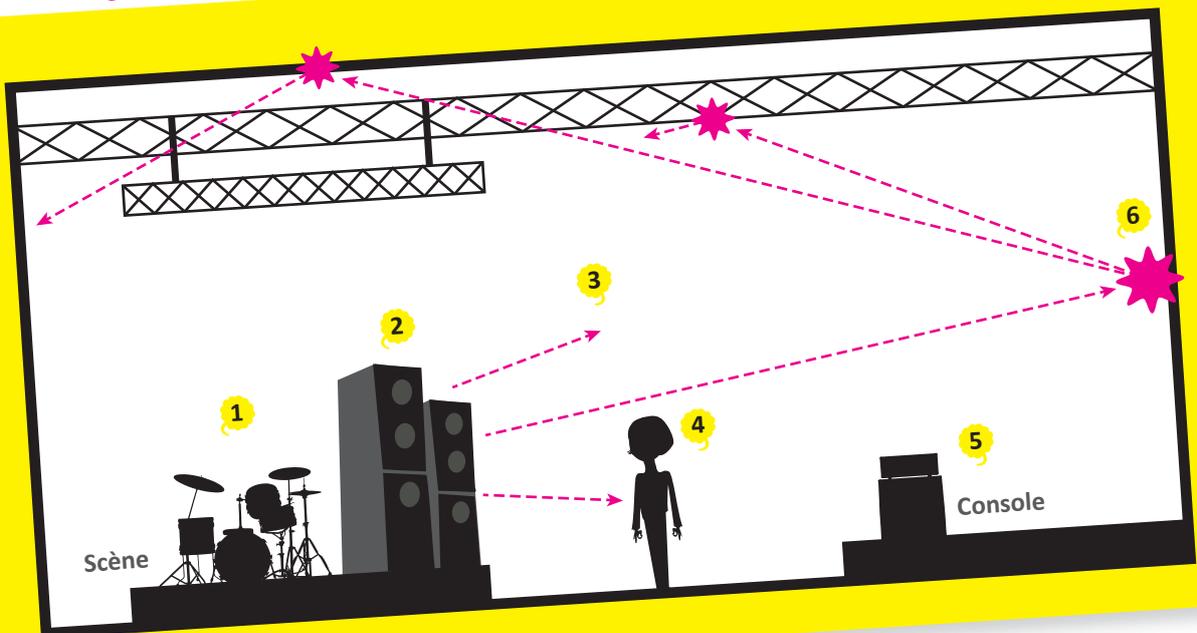
Parallèlement, un deuxième système de diffusion est destiné spécifiquement aux musiciens. En effet, l'espacement entre les musiciens rend difficile pour eux l'écoute de l'ensemble. De plus, le système de diffusion de façade provoque un fort retour du son de la salle vers la scène et qui vient masquer le son directement produit par les musiciens. Pour éviter ce phénomène, des haut-parleurs (couramment appelés des "retours") dirigés vers chaque musicien sont installés sur scène. Le sonorisateur chargé des retours est généralement placé à proximité de la scène du côté des musiciens. Son travail consiste à équilibrer le son sur scène pour chaque musicien.

L'acoustique des salles de concert : la réverbération du son

Dans un concert en plein air, le son n'est arrêté par aucune paroi. A contrario, dans une salle de concert, le son est contenu. On peut alors voir apparaître des problèmes liés à la réverbération du son. Cette réverbération est due au fait que face à certains matériaux durs tels que le béton lisse ou les vitres, le son se réfléchit. Cette réflexion peut aussi être provoquée ou accentuée par l'architecture même de la salle.

Plus la réverbération est forte, plus l'intelligibilité du son devient difficile. Dans les salles destinées à la diffusion musicale, des études sont généralement effectuées quant à l'architecture du lieu et au pouvoir plus ou moins absorbant des matériaux utilisés dans ces espaces. En revanche, pour les concerts organisés dans des lieux non adaptés spécifiquement à la diffusion musicale (salle des fêtes, hangars...), la qualité du son est souvent médiocre.

Acoustique d'une salle de concert



On peut voir ci-dessus l'exemple de réverbération du son dans une salle de concert.

- 1 - Les instruments sur scène composent la source sonore.
- 2 - Le système de diffusion amplifie le son en fonction de l'espace.
- 3 - Certains matériaux et installations permettent d'absorber les résonances.
- 4 - Les objets et les personnes présents dans la salle sont autant d'obstacles sur lesquels le son se heurte.
- 5 - L'ingénieur du son fait ses réglages en fonction des différents paramètres de la musique et du lieu.
- 6 - Le son rebondit plus ou moins fort contre les objets et les parois suivant les matériaux et leurs formes.

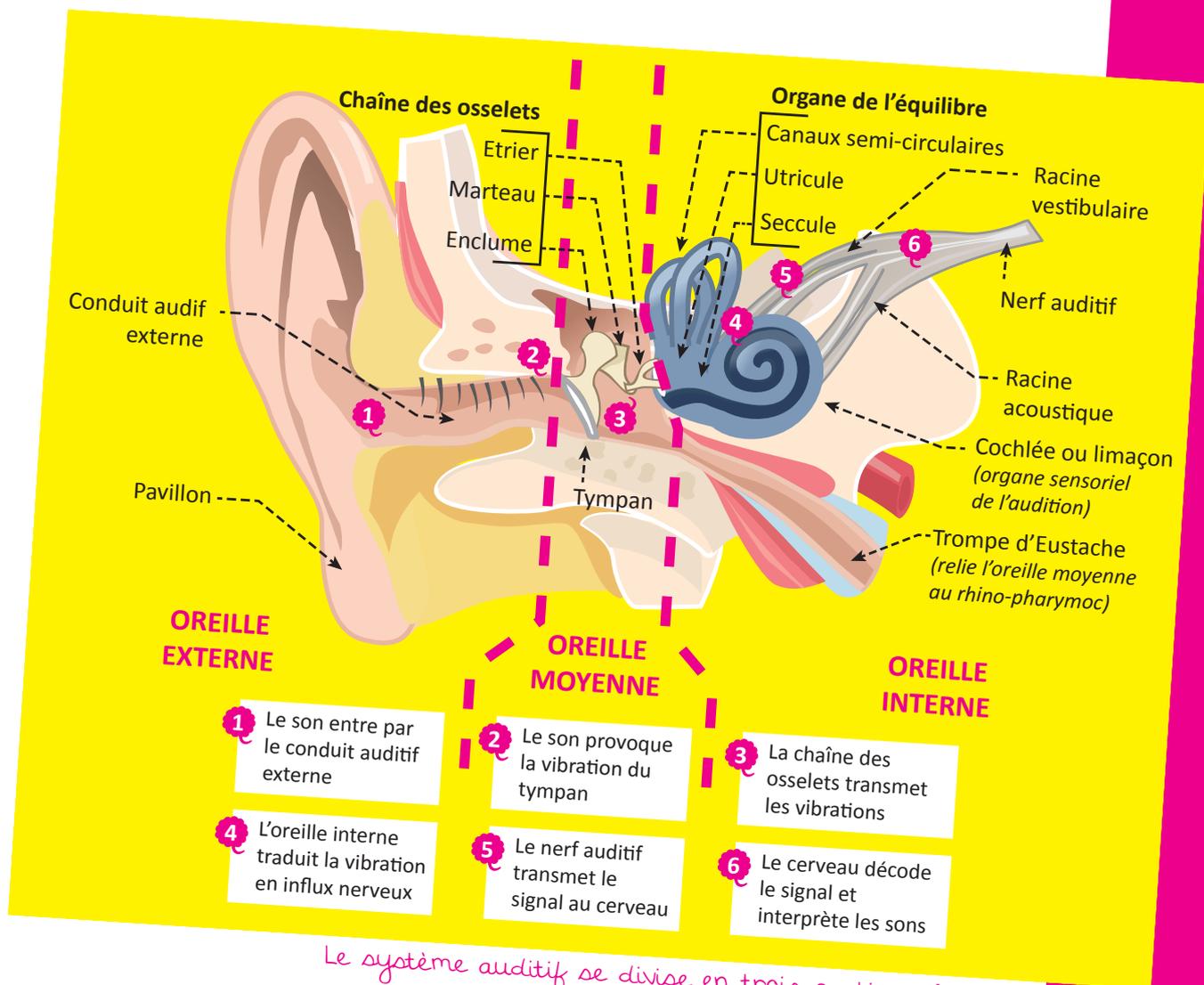
L'oreille et la gestion de l'environnement sonore

L'OREILLE ET L'OUÏE

L'oreille est l'organe de perception des sons et du maintien de l'équilibre. Elle nous permet de communiquer et de percevoir notre environnement.

L'oreille est toujours en alerte. Elle a un rôle déterminant dans notre capacité à nous situer dans le monde qui nous entoure.

Nous ne sommes cependant pas tous égaux face au bruit : l'organisme auditif de chacun réagit et supporte différemment une exposition à des niveaux sonores élevés. Capital essentiel, notre système auditif vaut d'être préservé.



Le système auditif se divise en trois parties : l'oreille externe, l'oreille moyenne et l'oreille interne. Autrement dit : un capteur, un micro et un ampli-tuner.

L'oreille externe

un capteur amplifié

L'oreille externe, composée du pavillon et du conduit auditif, capte les ondes sonores et les transmet vers le tympan (petite membrane qui vibre comme la peau d'un tambour). Seule partie en communication directe avec l'extérieur, l'oreille externe a un rôle de transmission, de protection mais aussi d'amplification comme chambre de résonance.

L'oreille moyenne

un transmetteur et un amplificateur d'énergie

L'oreille moyenne est une cavité remplie d'air, comprenant trois osselets (le marteau, l'enclume et l'étrier) qui transmettent, en l'amplifiant, la vibration du tympan à l'oreille interne à la manière d'un levier.

L'oreille interne

elle fonctionne comme un ampli-tuner

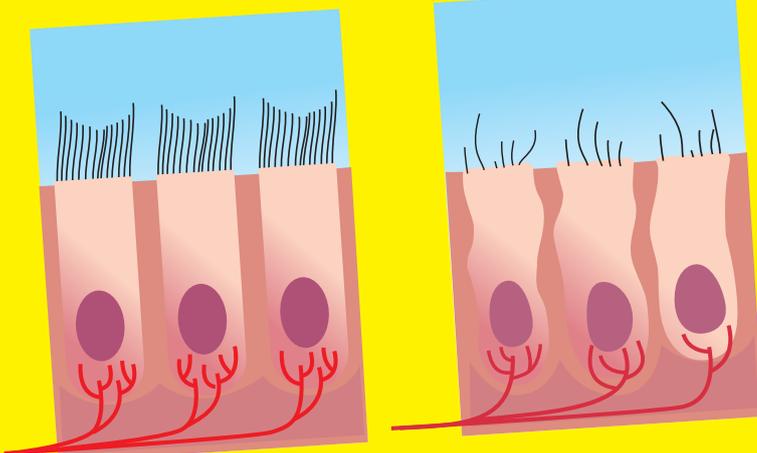
L'oreille interne comprend la cochlée, organe de l'ouïe (tube d'environ 35 mm de long, appelé aussi limaçon car sa forme rappelle celle d'une coquille d'escargot) et le vestibule, organe de l'équilibre.

L'analyse des sons se déroule dans l'oreille interne, dont l'organe sensoriel est formé par les cellules ciliées (environ 15 000) qui, baignant dans les liquides labyrinthiques, voient leurs cils vibrer en fonction des sons reçus.

Ces vibrations sont enfin transformées en influx nerveux qui se propage le long du nerf auditif jusqu'au cerveau qui décode et interprète le message reçu.

L'oreille interne fonctionne comme un pré-ampli relié à un ampli (comme tout appareil de HiFi). Le pré-ampli étant formé par les cellules ciliées externes. L'ampli par les cellules ciliées internes. C'est le pré-ampli (cellules ciliées externes) qui est le plus vulnérable aux sons forts, une fois lésée, l'oreille va non seulement perdre sa capacité d'amplification des sons faibles, mais également sa finesse d'analyse des fréquences ; les sons complexes deviendront de moins en moins intelligibles.

Cellules ciliées avant et après traumatisme



Si après un concert ou une répétition, les oreilles sifflent ou bourdonnent, cela signifie que les cellules ciliées ont été endommagées, le plus souvent temporairement, mais parfois définitivement.

L'oreille et la gestion de l'environnement sonore

LA DOSE DE BRUIT TOLÉRABLE HEBDOMADAIRE

Le danger représenté par une exposition au bruit est fonction du niveau sonore et de la durée d'exposition.

En dépassant régulièrement la dose de bruit tolérable, on use progressivement ses oreilles. Pour éviter de faire subir à vos oreilles des lésions qui peuvent être irréversibles, référez-vous aux équivalences présentées ci-dessous.

A chaque niveau sonore, correspond une durée maximale hebdomadaire d'exposition tolérable :

Source : CD-Rom "Format bruit" réalisé par le Réseau d'Echange en Acoustique (juillet 2000).

20 heures à 90 dB
= 7 heures à 95 dB
= 2 heures à 100 dB
(baladeur volume à fond)
= 45 min à 105 dB
(discothèque)

LES TRAUMATISMES

Les traumatismes auditifs sont plus ou moins sévères selon qu'ils entraînent des lésions réversibles ou non des cellules ciliées. Les cellules ciliées ne se renouvellent pas, les lésions de l'oreille interne sont définitives.

Les différents degrés de traumatismes auditifs

Les dégâts causés par un excès de bruit se traduisent principalement de trois façons :

- **Acouphènes**

Les acouphènes sont des sifflements ou des bourdonnements dans l'oreille subis de manière continue. L'acouphène est une hallucination auditive. En ce qui nous concerne, il est la conséquence d'une exposition à une dose de bruit trop longue et trop forte non tolérée par notre organisme. Cette exposition peut être d'origine professionnelle (tôleries, chaudronnerie, verrerie, etc.) ou intervenir dans un contexte de loisirs (discothèques, concerts, rave parties, écoute du baladeur volume à fond...). L'acouphène peut être temporaire (la plupart du temps, il disparaît après 10h de repos) ou permanent. Plus l'acouphène temporaire se répète dans le temps plus il y a de chance qu'il devienne

permanent. Il existe d'autres causes à l'acouphène comme par exemple le stress, la fatigue, etc. En cas de surdose de bruit, l'acouphène doit être considéré comme un signal d'alarme. Il signifie que l'oreille a subi des doses exagérées de son. Il faut savoir reconnaître ce signal et se mettre au calme afin de reposer l'oreille.

Après une exposition à risque, si un acouphène apparaît, il est important de prendre un temps de repos au calme pendant au moins 10h. Suite à ce repos, si les symptômes persistent, il est impératif de consulter un ORL (médecin spécialiste des oreilles), voire de se rendre aux urgences immédiatement. En effet, pendant 48 heures, toutes les chances de guérison restent possibles. Passé ce délai, les chances de guérison deviennent quasiment nulles.

La surdité ne veut pas dire ne plus rien entendre, mais ne plus comprendre ce que l'on entend

- **Hyperacousie**

L'hyperacousie correspond à une hypersensibilité de l'oreille à certains sons. Souffrir d'hyperacousie, c'est percevoir les sons plus forts qu'ils ne le sont vraiment. Si les cellules ciliées sont endommagées ou détruites, certains bruits deviennent insupportables (bruits métalliques, appareils électroménagers ou même, dans des cas extrêmes, le timbre d'une voix). Paradoxalement, l'hyperacousie va souvent de paire avec la surdité. Les sons sont alors perçus trop fort mais pas de manière intelligible.

- **Fatigue auditive et surdité**

La fatigue auditive survient par exemple à la suite d'une surdose de bruit (concert, sortie en boîte...). L'impression d'entendre moins bien est très nette : les oreilles sont cotonneuses, on fait répéter certains mots, on parle plus fort... Un temps de récupération dans une ambiance calme est alors indispensable. Cette fatigue auditive constitue un signal d'alarme. Sa gravité dépend du niveau sonore et de la hauteur du son entendu, ainsi que de la durée d'exposition. Un temps de repos permettra une récupération de l'oreille mais qui ne sera jamais totale. Si les surexpositions se multiplient dans le temps, les pertes résiduelles s'additionneront pour installer petit à petit une surdité irréversible. C'est ce que l'on appelle la surdité progressive.

Il existe aussi la surdité traumatique due à une exposition à des bruits violents de façon répétée ou prolongée, voire à une seule exposition à un niveau sonore très élevé (pétards, armes à feu, larsen). Ces surdités sont provoquées par la destruction définitive d'un certain nombre de cellules ciliées.

Les traumatismes extra-auditifs :

Les effets du bruit ne se limitent pas à des lésions auditives. Le bruit agit également sur notre état de santé général. De manière immédiate, des stimulations sonores intenses et répétées peuvent entraîner une augmentation du rythme cardiaque et de la tension artérielle, une diminution de l'attention et des capacités de mémorisation, voire des nausées et des maux de tête.

Barème indicatif de la surdité :

Pour tenir compte de la sensibilité de notre oreille, la mesure utilisée est le décibel A ou dB(A) qui module les phénomènes physiques en donnant moins d'importance aux basses fréquences. En effet, notre oreille est plus sensible aux sons aigus qu'aux sons graves.

Perte de 0 à 25 dB(A) = Sans conséquence dans la vie quotidienne.

Perte de 25 à 40 dB(A) = Gêne modérée quand il y a des bruits de fond. Murmures et bruissements ne sont plus entendus.

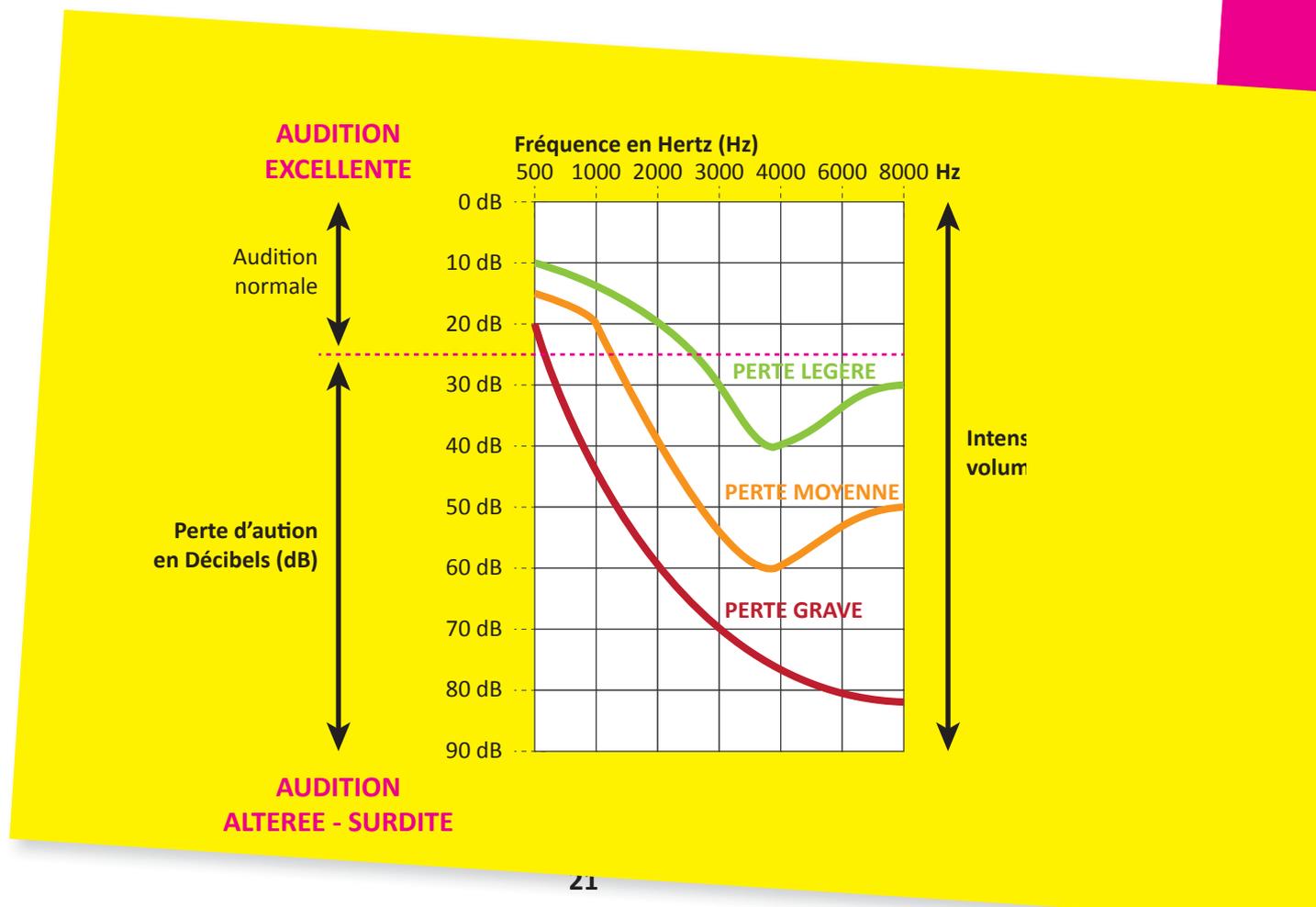
Perte de 40 à 50 dB(A) = Conversation normale difficile à suivre

Perte de 60 dB(A) = Usage du téléphone difficile, mauvais contrôle de la voix

Perte de 90 dB(A) = Surdité totale aux paroles.

Comment mesurer sa capacité auditive ?

L'audiogramme est le moyen le plus connu pour mesurer la capacité auditive. C'est un examen qui consiste à mesurer la sensibilité de chaque oreille à des sons de fréquence et d'intensité différentes. La réalisation de cet examen chez un ORL est simple et rapide. Il ressort de cet examen un graphique qui indique la capacité auditive de chaque oreille en fonction des fréquences audibles par notre organisme.



L'oreille et la gestion de l'environnement sonore

LES RISQUES AUDITIFS LIÉS AUX SONORITÉS AMPLIFIÉES

Les niveaux sonores diffusés pendant les concerts, les rave parties ou en discothèque peuvent représenter un danger pour les oreilles : on constate parfois des valeurs atteignant 110 décibels, seuil à partir duquel des lésions irréversibles peuvent apparaître si le temps d'exposition tolérable pour les oreilles n'est pas respecté. Avec l'exposition grandissante aux musiques amplifiées, on voit des surdités se manifester de plus en plus tôt.

LES BONS RÉFLEXES POUR PRÉSERVER SES OREILLES

Vous êtes public de concert ou de discothèque

Même si la réglementation limite désormais le volume moyen dans les salles de concerts et les discothèques à 105 dB (A), il n'en reste pas moins que 105 dB (A) ne sont acceptables par l'oreille humaine que 45 min par semaine. Un concert ou une sortie en boîte de nuit dure rarement 45 min ! De plus, les événements en plein air ne sont pas réglementés et c'est souvent dans ce genre de manifestation gigantesque que l'on mesure les niveaux sonores les plus élevés.

Pour éviter d'endommager votre audition, il existe des réflexes simples à adopter :

- Respectez des temps de pause : environ 15 minutes toutes les heures dans un endroit plus calme.
- Ne vous collez pas aux enceintes. C'est au centre de la salle que le son est théoriquement le meilleur. Vous bénéficierez ainsi de l'effet stéréo.
- Si vous ne voulez pas sortir de la zone sonore, utilisez des bouchons d'oreilles, ils vous permettent de continuer à bénéficier du spectacle tout en vous protégeant.

Si, à l'issue d'une soirée à fort volume sonore, vous avez la sensation de moins bien entendre ou si vous ressentez des bourdonnements ou des sifflements qui persistent même après une nuit de repos au calme, allez consulter un ORL au plus vite. N'attendez pas ! N'hésitez pas à aller aux urgences si c'est le week-end. En effet, il faut

savoir que les lésions peuvent être irréversibles après 48 heures. Passé ce délai, les chances de guérison sont quasi nulles.

Vous êtes utilisateur de baladeur :

Le baladeur, ne présente pas de danger pour l'oreille s'il est écouté à 70 décibels (dB). En revanche, l'écoute du baladeur volume à fond (100 dB) met vos oreilles en danger au bout de 15 minutes par jour ! Pensez à contrôler son volume et à faire des pauses dans votre écoute. Les lésions dues à l'écoute du baladeur s'installent progressivement. Lorsque l'on s'en rend compte (après plusieurs années, la plupart du temps) ces lésions sont irréversibles et viendront s'ajouter à la perte naturelle de l'audition qui vient avec l'âge.

Vous êtes également musicien, sonorisateur, DJ...

Une étude réalisée auprès de 400 musiciens de musiques amplifiées a démontré que 70% d'entre eux souffraient de troubles auditifs

(source : Prévention des traumatismes sonores des musiques électro-amplifiées, Rapport de recherche CNRS - Ministère de l'Environnement, février 1998 réalisé par messieurs Marc TOUCHE, Maurice AUFFRET, Patrick CUREAU et Jean-François BUCHE).

Habituez-vous donc à gérer vos temps de répétition. Par exemple, sachez que lorsqu'un batteur joue en situation de répétition, le niveau sonore moyen qui lui parvient à l'oreille s'élève à 100 dB. En règle générale, dans un local de répétition mal adapté, il est souvent difficile pour un groupe de musique amplifiée de jouer en dessous de 100 dB, voire 105 dB. D'où l'importance d'effectuer des pauses régulières et d'utiliser des protections auditives.

Les protections auditives :

Les traumatismes auditifs ne doivent pas être une fatalité. Que ce soit dans un contexte professionnel ou de loisirs (notamment en lien avec l'écoute et la pratique des musiques amplifiées), les protections auditives sont des solutions efficaces pour préserver son capital auditif (d'oreilles) et en particulier :

- **les plus simples et les moins coûteuses** (environ 0,30 €) sont des bouchons en mousse (vendus dans les pharmacies, supermarchés, magasins de bricolage...). Ces bouchons sont très efficaces et protègent très bien les oreilles. Il suffit de les rouler entre ses doigts avant de les placer dans le conduit auditif. Ils protègent très bien mais restituent un son de mauvaise qualité. Le son est sourd et étouffé. Les sons aigus sont très atténués et les sons graves, beaucoup moins. Les amateurs de musique auront souvent du mal à s'habituer à ces bouchons.

- **les bouchons filtrés standards** : ils coûtent en moyenne 20 €. Ils ont l'intérêt d'être munis d'un filtre permettant une restitution nettement meilleure du spectre sonore. Ces bouchons offrent un excellent rapport qualité/prix et constituent une très bonne protection pour les personnes désireuses de se protéger tout en conservant une qualité d'écoute. Ils sont lavables à l'eau.

- **les bouchons filtrés fabriqués sur mesure** : ils sont réalisés par les audioprothésistes (prix pratiqués : en moyenne 150 €). Ils sont en silicone et sont moulés à votre oreille, ce qui permet un confort d'utilisation et de les conserver près de 5 ans. Ces bouchons offrent une restitution

quasiment linéaire du spectre sonore ce qui est important pour les personnes ayant besoin de conserver une qualité d'écoute. Ces bouchons sont conseillés aux musiciens, techniciens et aux amateurs de concerts ou de boîtes de nuit.

Infos législations :

Les lois destinées à lutter contre le bruit et ses conséquences pour la santé sont relativement récentes.

Loi du 31 décembre 1992 : première grande loi qui s'applique aux domaines de l'environnement, du transport routier et aérien et des bâtiments sensibles (salles des fêtes, écoles, etc.). Elle a pour objet de "prévenir, supprimer ou limiter l'émission ou la propagation, sans nécessité ou par manque de précautions, des bruits ou vibrations de nature à présenter des dangers, à causer un trouble excessif aux personnes, à nuire à leur santé ou à porter atteinte à l'environnement".

Dans les lieux musicaux

Le décret "lieux musicaux" du 15 décembre 1998 comprend 2 volets :

- Le premier volet vise à préserver l'audition du public des lieux diffusant de la musique amplifiée. Il limite le niveau sonore dans ces lieux (discothèques, salles de concerts, bar musical...) à 105 décibels dB(A) en niveau moyen, et 120 dB (A) en niveau de crête. Ce décret ne concerne ni les concerts en plein air, ni les cinémas, ni les studios de répétition.

- Le second volet vise à limiter le niveau d'émergence des lieux diffusant de la musique amplifiée. L'émergence correspond aux « fuites de bruit » que l'on peut constater dans les habitations à proximité du lieu en question. Cette émergence ne doit pas dépasser selon les cas 3 ou 5 dB (A).

Pour les baladeurs

L'arrêté du 24 juillet 1998 relatif aux baladeurs musicaux fixe la puissance sonore maximale à 100 dB. Les fabricants doivent impérativement faire figurer la mention « à pleine puissance, l'écoute prolongée du baladeur peut endommager l'oreille de l'utilisateur » et indiquer dans la notice les risques encourus par l'utilisateur et les meilleures conditions d'utilisation de l'appareil sans risque pour la santé.

Ressources

1. L'ÉVOLUTION DES MUSIQUES ET DES TECHNOLOGIES

Quelques références bibliographiques

- Dictionnaire du Rock, Michka Assayas, Edition Robert Laffont, Paris, 2000
- Mémoire vive, Marc Touché, MNATP/CNRS-CEF- Association musiques amplifiées Annecy, 1998
- Cultures rock, Alain Dister, Les essentiels Milan, Paris, 1996
- Bruyante techno, Emanuel Grynszpan, Editions Mélanie Séteun, Paris, 1999
- Les nouveaux courants musicaux : simples produits des industries culturelles ?, Gêrôme Guibert, Editions Mélanie Séteun, Paris, 1998
- Le rap ou la fureur de dire, Georges Lapassade, Philippe Rousselot, Talmart, Paris, 1996
- Le disque à l'heure d'internet, Aymeric Pichevin, l'Harmonattan, 2000
- Le reggae, Pons Michel-Mira, Hachette, Paris, 1996
- Les musiques actuelles à l'école. Du negro-spiritual au rap, Bruno Parmentier-Bernage, Paris, Magnard, 2000
- Rock & Folk, Les Inrockuptibles, Rocksound, Ragga, Vibration.... (périodiques musicaux disponibles en kiosque)

En savoir plus on line

- <http://crdp.ac-amiens.fr/internotes> l'histoire des musiques actuelles amplifiées par l'Education Nationale.
- <http://www.hiphopcore.net/articles> émergence, évolution et histoire du rap.

Multimédia

- Regards sur les musiques actuelles, édité par le SCEREN et le CRDP d'Amiens - pôle national de ressources musiques actuelles. Double DVD, 240 min : l'histoire des courants musicaux raconté en musique et en interview.
- C'est pas sorcier, émission n° 89 : Un bruit qui court, K7 VHS, 26 min, diffusée le 12 janvier 1997, F. Courant, J. Gourmaud, D. Lenglard, RIFF production : le fonctionnement de l'onde sonore, les risques auditifs et les moyens de protection.

2. QU'EST-CE QUE LE SON ?

Quelques références bibliographiques

- A l'écoute de l'environnement : répertoire des effets sonores, Jean-François Augoyard, Henry Toegue, éd. Parenthèses, Marseille, 1995
- Les mondes sonores, Denis Fortier, Presse Pocket, 1992
- Le livre du son (avec CD audio), Max Cidron et Michel Sigwalt, Editions Joseph Béhar, Musicom, 1994
- Le livre des techniques du son, Sous la direction de Denis Mercier, Editions Dunod, Seconde édition 1998
- Guide pratique de la sonorisation, André Richard, Edition Eyrolles, 1999
- Le son, Emmanuel Bernhard, Paris, Mango, 2002
- Le son musical - musique, acoustique et informatique, John R. Pierce, Paris, Belin, 1987

En savoir plus on line

- <http://www.sonorisation-spectacle.org> : histoire et explication du phénomène sonore
- <http://www.infobruit.org> : centre d'information et de documentation sur le bruit
- <http://www.la-fedurok.org> : propose en ligne une documentation fournie sur la gestion sonore

Multimédia

- C'est pas sorcier, émission n° 1 : le son en concerts, K7 VHS, 26 min, diffusée en septembre 1994, F. Courant, J. Gourmaud, D. Lenglard, RIFF production : les principes physiques du son à travers l'installation et le déroulement d'un concert.

3. L'OREILLE ET LA GESTION DE L'ENVIRONNEMENT SONORE

Quelques références bibliographiques

- Les effets du bruit sur la santé, CIDB – Ministère de la Santé, 1998
- L'audition, André Gribenski, P.U.F., Que sais-je n°484, 1994
- Des bruits dans les oreilles : les acouphènes, Dr Bernard Montain, Edition Guy Trédaniel, 1998
- De l'ouïe à l'audition : oreille, musique, surdité, A. Cabero, Edition du Non verbal (AMBx), 1998
- Les mondes sonores, Denis Fortier, Cité des Sciences et de l'Industrie, Press Pocket, 1992
- Petite histoire de l'acoustique : bruits, sons et musique, Pierre Liénard, Hermès science publications, Edition Lavoisier, 1997
- Sociologie du risque, David Le Breton, Que sais je n°3016, PUF 1995

En savoir plus on line

- <http://www.infobruit.org> : centre d'information et de documentation sur le bruit
- <http://audition-prevention.org> : association de prévention des traumatismes auditifs
- <http://www.audition-infos.org> : actualités et informations sur l'audition

Multimédia

- Bien dans son corps 6 : des sons et des perceptions, séquence "L'agression des sons", P.U.F., Roland Cros et Hélène Délebecque, Paris, CNDP, La Cinquième, 1998, K7 VHS : des témoignages et des explications sur les dégâts que peuvent causer les décibels
- L'oreille cassée, les acouphènes, Dr Bernard Montain, Edition Guy Trédaniel, 1998
- Les mondes sonores, cédérom Mac/PC, Centre régional d'imagerie cellulaire, Montpellier, 2002 : un voyage dans l'oreille...