

<http://portaildoc.univ-lyon1.fr>

Creative commons : Paternité - Pas d'Utilisation Commerciale -
Pas de Modification 2.0 France (CC BY-NC-ND 2.0)



<http://creativecommons.org/licenses/by-nc-nd/2.0/fr>

UNIVERSITE CLAUDE BERNARD-LYON1

U.F.R. ODONTOLOGIE

ANNEE 2019

THESE n° 2019 LYO 1D 030

THESE

POUR LE DIPLOME D'ETAT DE DOCTEUR EN CHIRURGIE DENTAIRE

Présentée et soutenue publiquement le 14 juin 2019

Par

Yannick MALI

Né le 4 mars 1986 à Lyon (69)

LES TROUBLES AUDITIFS DU CHIRURGIEN-DENTISTE

EN CABINET DENTAIRE

JURY

Monsieur le Professeur Jean-Jacques MORRIER
Monsieur le Docteur Maxime DUCRET
Monsieur le Docteur Christophe JEANNIN
Monsieur le Docteur Théo FILLOZ
Monsieur Jean Baptiste MELKI

Président
Assesseur
Assesseur
Assesseur
Invité

UNIVERSITE CLAUDE BERNARD LYON I

Président de l'Université	M. le Professeur F. FLEURY
Président du Conseil Académique	M. le Professeur H. BEN HADID
Vice-Président du Conseil d'Administration	M. le Professeur D. REVEL
Vice-Président de la Commission Recherche du Conseil Académique	M. F. VALLEE
Vice-Président de la Commission Formation Vie Universitaire du Conseil Académique	M. le Professeur P. CHEVALIER

SECTEUR SANTE

Faculté de Médecine Lyon Est	Directeur : M. le Professeur G. RODE
Faculté de Médecine et Maïeutique Lyon-Sud Charles Mérieux	Directrice : Mme la Professeure C. BURILLON
Faculté d'Odontologie	Directrice : Mme la Professeure D. SEUX
Institut des Sciences Pharmaceutiques et Biologiques	Directrice : Mme la Professeure C. VINCIGUERRA
Institut des Sciences et Techniques de la Réadaptation	Directeur : M. X. PERROT, Maître de Conférences
Département de Formation et Centre de Recherche en Biologie Humaine	Directrice : Mme la Professeure A.M. SCHOTT

SECTEUR SCIENCES ET TECHNOLOGIES

Faculté des Sciences et Technologies	Directeur : M. F. DE MARCHI, Maître de Conférences
UFR des Sciences et Techniques des Activités Physiques et Sportives	Directeur : M. Y. VANPOULLE, Professeur Agrégé
Institut Universitaire de Technologie Lyon 1	Directeur : M. le Professeur C. VITON
Ecole Polytechnique Universitaire de l'Université Lyon 1	Directeur : M. E. PERRIN
Institut de Science Financière et d'Assurances	Directeur : M. N. LEBOISNE, Maître de Conférences
Ecole Supérieure du Professorat et de l'Education (ESPE)	Directeur : M. le Professeur A. MOUGNIOTTE
Observatoire de Lyon	Directrice : Mme la Professeure I. DANIEL
Ecole Supérieure de Chimie Physique Electronique	Directeur : M. G. PIGNAULT

FACULTE D'ODONTOLOGIE DE LYON

Doyenne : Mme Dominique SEUX, Professeure des Universités

Vices-Doyens : M. Jean-Christophe MAURIN, Professeur des Universités
Mme Béatrice THIVICHON-PRINCE, Maître de Conférences

SOUS-SECTION 56-01 :

ODONTOLOGIE PEDIATRIQUE ET ORTHOPEDIE DENTOFACIALE

Professeur des Universités :

M. Jean-Jacques MORRIER

Maître de Conférences :

M. Jean-Pierre DUPREZ, Mme Sarah GEBEILE-CHAUTY,

Maître de Conférences Associée

Mme Claire PERNIER,

Mme Christine KHOURY

SOUS-SECTION 56-02 :

PREVENTION - EPIDEMIOLOGIE

ECONOMIE DE LA SANTE - ODONTOLOGIE LEGALE

Professeur des Universités :

M. Denis BOURGEOIS

Maître de Conférences :

M. Bruno COMTE

Maître de Conférences Associé

M. Laurent LAFOREST

SOUS-SECTION 57-01 :

CHIRURGIE ORALE – PARODONTOLOGIE – BIOLOGIE ORALE

Professeur des Universités :

M. J. Christophe FARGES

Maîtres de Conférences :

Mme Anne-Gaëlle CHAUX-BODARD, M. Thomas FORTIN,

Mme Kerstin GRITSCH, M. Arnaud LAFON

Mme Béatrice THIVICHON-PRINCE, M. François VIRARD

SOUS-SECTION 58-01 :

DENTISTERIE RESTAURATRICE, ENDODONTIE, PROTHESE, FONCTION-DYSFONCTION, IMAGERIE, BIOMATERIAUX

Professeurs des Universités :

M. Pierre FARGE, Mme Brigitte GROSGOGEAT,

M. Jean-Christophe MAURIN, Mme Catherine MILLET, M. Olivier ROBIN, Mme Dominique SEUX,

M. Maxime DUCRET, M. Patrick EXBRAYAT, M. Christophe JEANNIN, M. Renaud NOHARET, M. Thierry SELLI, Mme Sophie VEYRE-GOULET, M. Stéphane VIENNOT, M. Gilbert VIGUIE, M. Cyril VILLAT

Maîtres de Conférences :

M. Hazem ABOUELLEIL,

Maîtres de Conférences Associés

SECTION 87 :

SCIENCES BIOLOGIQUES FONDAMENTALES ET CLINIQUES

Maître de Conférences

Mme Florence CARROUEL

Table des matières :

INTRODUCTION	1
I RAPPELS GENERAUX.....	3
1) Le système auditif	3
1.1. L'oreille externe.....	3
1.2. L'oreille moyenne.....	4
1.3. L'oreille interne	5
1.4. Quelques notions de psychoacoustique	7
1.4.1. La mesure du seuil d'audition.....	7
1.4.2. Le champ auditif.....	8
1.4.3. La sensation d'intensité auditive (ou sonie).....	9
1.4.4. La discrimination d'intensité sonore.....	10
1.4.5. La discrimination fréquentielle.....	10
1.4.6. Le phénomène de masquage.....	11
2) Physiopathologie du son.....	11
2.1. Le bruit et ses effets	11
2.2. Les acouphènes	14
2.3. L'hypoacusie.....	15
2.3.1. La surdité de transmission	15
2.3.2. La surdité de perception	16
2.4. L'hyperacusie.....	18
II EXEMPLE DU CABINET DENTAIRE	19
1) Les sons en cabinet dentaire	19
1.1. Les bruits en dehors de la salle de soins.....	19
1.2. Les bruits dans la salle de soins	19
2) Les sons nuisibles au travail (législation)	20
3) Les données actuelles de la littérature	22
3.1. Les effets auditifs sur le chirurgien-dentiste	22
3.2. Les effets extra-auditifs sur le chirurgien-dentiste	24
3.3. Les données épidémiologiques	25
3.3.1. Les différences d'atteinte auditive en fonction de l'âge et du sexe	25
3.3.2. La bande de fréquence touchée par la déficience auditive	29
3.3.3. Des niveaux sonores variables en fonction du matériel utilisé.....	34
3.3.4. L'atteinte asymétrique de l'audition.....	37
3.3.5. Durée d'exposition	40

3.3.6. Les pathologies observées	42
III LES DIFFERENTS MOYENS DE PREVENTION ET DE PROTECTION	44
1) Le contrôle des instruments utilisés par le chirurgien-dentiste	44
2) Un aménagement optimisé des locaux	45
3) Les protections auditives existantes	47
4) Autres recommandations	49
CONCLUSION	51

Table des illustrations et tableaux :

Figure 1 : L'oreille externe.....	3
Figure 2 : Les osselets articulés.....	4
Figure 3 : L'oreille moyenne.....	5
Figure 4 : L'organisation de l'oreille interne et de l'organe de Corti contenant les cellules ciliées.....	6
Figure 5 : Le champ auditif humain (intensité en dB(A) en fonction de la fréquence audible en Hz).....	8
Figure 6 : Courbes isosoniques en fonction de la fréquence et de l'intensité sonore visant à interpréter les différences de sensibilité sonore (Fletcher et Munson).....	9
Figure 7 : Echelle du bruit en décibels	12
Figure 8 : Synthèse des coûts sociaux annuels des pollutions sonores en France, EY pour Ademe et CNB, mai 2016	13
Figure 9 : L'audiométrie tonale participe au diagnostic des différents types de surdité.....	18
Figure 10 : Sons et bruits dangereux-relation niveau/durée-législation européenne.....	21
Figure 11 : L'évolution en différents stades d'une surdité professionnelle (perte d'audition en fonction de la fréquence).....	23
Figure 12 : Schéma des risques pour la santé des chirurgiens-dentistes reliés à différents paramètres environnementaux au travail (bruit de fond, localisation, heures de travail...): impacts sur leur performance au travail et impacts à court et long terme sur leur santé (maux de tête, irritabilité, perte de mémoire, hypertension, perte de qualité de sommeil...).....	25
Figure 13 : Comparaison des seuils auditifs entre un groupe d'âge moyen de 40,7 ans avec perte auditive due à une presbyacousie et le groupe 3 de l'étude de Weatherton <i>et al.</i> représenté par des chirurgiens-dentistes avec un âge moyen de 40,7ans.....	26
Figure 14 : Audiogrammes tonals des chirurgiens-dentistes hommes et femmes (dB en fonction de la fréquence), réalisés en 1973 et 1988.....	28
Figure 15 : Résultats des audiométries tonales (intensité sonore en fonction de la fréquence) en conduction aérienne des oreilles séparées du groupe des chirurgiens-dentistes comparés au groupe contrôle.....	30
Figure 16 : Résultats des audiométries tonales (intensité sonore en fonction de la fréquence) en conduction osseuse des oreilles séparées du groupe des chirurgiens-dentistes comparés au groupe contrôle.....	31
Figure 17 : Seuils d'audition des 3 groupes étudiés (intensité en dB HL en fonction de la fréquence en Hz).....	32
Figure 18 : Moyenne en dB des seuils d'audition du groupe témoin et du groupe de CD testés en fonction de la fréquence testée (Hz).....	33
Figure 19 : Valeurs des niveaux de sortie (dB(A)) en fonction des différents matériaux (différentes	

conditions) et de la distance (6", 12" et 18") pour 2 pièces à main de marques différentes (635B Kavo Pedo et Japanese Generic Full Size).....	35
Figure 20 : Niveau de pression acoustique dB(SPL) en fonction du type de pièce à main utilisé et de l'association ou pas de l'aspiration.....	37
Figure 21 : Différences de perte auditive entre les audiogrammes réalisés en 1993 et 2003, oreilles séparées (perte auditive en dB(HL) en fonction de la fréquence en Hz).....	38
Figure 22 : Audiogrammes tonals (intensité sonore (dB) en fonction de la fréquence) des oreilles droite et gauche des 3 groupes testés.....	39
Figure 23 : Courbe de corrélation entre le niveau d'exposition sonore en dB(A) et la durée d'exposition sonore (en heures).....	41
Figure 24 : Schéma de prévalence des acouphènes chez les chirurgiens-dentistes en fonction de la durée d'utilisation quotidienne (en heures) d'aspiration, avec ou sans pièce à main.....	42
Figure 25 : Schéma représentant les différents types de propagation d'une onde sonore sur un mur	45
Figure 26 : Schéma explicatif pour comprendre de degré d'isolation acoustique d'un mur.....	46
Figure 27 : Les différents types de protections auditives possibles pour le chirurgien-dentiste (73), (74), (75), (76) et (77).....	48
Tableau 1 : Intensités sonores en dB(A) en fonction des sources sonores au cabinet dentaire.....	20
Bibliographie.....	52 à 54

INTRODUCTION

Ce travail commencera par l'introduction de la notion de maladie professionnelle. En Droit, une maladie professionnelle est une maladie contractée sur un lieu de travail et dont l'origine dépend de la nature des travaux réalisés par le travailleur (exposition à des produits chimiques, ambiance au travail, position de travail, exposition au bruit...). Cette définition est à rapprocher de celle de la médecine qui dit, selon un comité d'experts de l'Organisation Mondiale de la Santé (OMS) : « nous pouvons considérer comme maladie professionnelle toute manifestation morbide liée, d'une manière ou d'une autre, à la profession et aux conditions de travail » (1).

Dans les pays développés, les travailleurs sont protégés juridiquement contre ces maladies professionnelles lorsque celles-ci sont reconnues. Mais il en est tout autre dans le reste du monde. Selon l'OMS, deux tiers des personnes dans le monde ayant une activité professionnelle ont des conditions de travail inférieures aux normes minimales qu'elle a fixées (2).

Des enquêtes de l'OMS ont permis de déterminer les principales maladies professionnelles que sont : les **cancers**, les **dermatoses**, les **maladies infectieuses**, les **maladies respiratoires**, les **troubles musculo-squelettiques**, les **troubles neurologiques** et la **baisse d'acuité auditive** (3). En France c'est l'**Institut National de Recherche et de Sécurité (INRS)** qui est chargé entre autres d'identifier et classer les risques professionnels. Selon l'INRS, l'exposition prolongée au bruit ou aux vibrations peut provoquer des pathologies handicapantes susceptibles d'être reconnues en maladies professionnelles. Le bruit concerne près du quart des travailleurs et 20% des salariés seraient exposés aux vibrations provenant des engins mobiles ou des machines et outils portés ou guidés à la main (3). Les chirurgiens-dentistes (CD) et assistant(e)s dentaires sont-ils concerné(e)s ?

Dans le cadre de l'activité dentaire en cabinet, pour l'INRS, les CD et assistant(e)s dentaires sont exposés à plusieurs types de risques qu'ils soient **biologiques** (risques infectieux dus aux micro-organismes pathogènes contenus dans la salive, le sang, le pus ou encore les sécrétions nasales), ou **liés aux produits-gaz dangereux-poussières** (allergies, irritations de la peau et/ou des voies respiratoires à cause des poussières de chrome, nickel et diverses résines...). L'INRS affirme également que ces professionnels travaillant en cabinet dentaire sont aussi concernés par des risques de **chute**, des risques liés à **l'irradiation de rayonnements ionisants**, des risques de **brûlure**, des risques de **piqûre** (comme les accidents d'exposition au sang), des risques liés à **la posture de travail** et des risques de **stress** (urgence, charge de travail, procès avec les patients...) (4).

En revanche il est nulle part écrit qu'ils sont exposés à un fort niveau d'exposition sonore pouvant avoir des répercussions auditives (hypoacusie, acouphènes...), alors que certaines études avancent le contraire comme l'enquête épidémiologique de 2002 de Jean GINISTY, de l'académie nationale de chirurgie dentaire, qui révèle un de taux de 40% de CD avec des troubles auditifs (5). Que pouvons-nous conclure sur ce sujet ?

Pour tenter d'y répondre notre travail fera un point sur des **rappels généraux** afin de jeter les bases du fonctionnement de l'oreille, puis il prendra **l'exemple du cabinet dentaire** pour synthétiser ce que nous savons déjà sur les risques auditifs dans cette branche professionnelle. Notre travail passera également en revue la littérature scientifique, puis il décrira **les différents moyens actuels de prévention et de protections auditives** dont disposent les CD pour se prémunir d'éventuelles atteintes auditives tout au long de leur exercice professionnel, avant de conclure sur la question avancée à la fin du paragraphe précédent.

I RAPPELS GENERAUX

1) Le système auditif

1.1. L'oreille externe

L'oreille est un organe sensoriel jouant un rôle dans l'audition et l'équilibre. Cet organe se compose de 3 parties : l'oreille externe, moyenne et interne.

Cette partie de l'oreille comprend le pavillon de l'oreille (auricule) et le conduit auditif externe (CAE) visibles dans la Figure 1 :

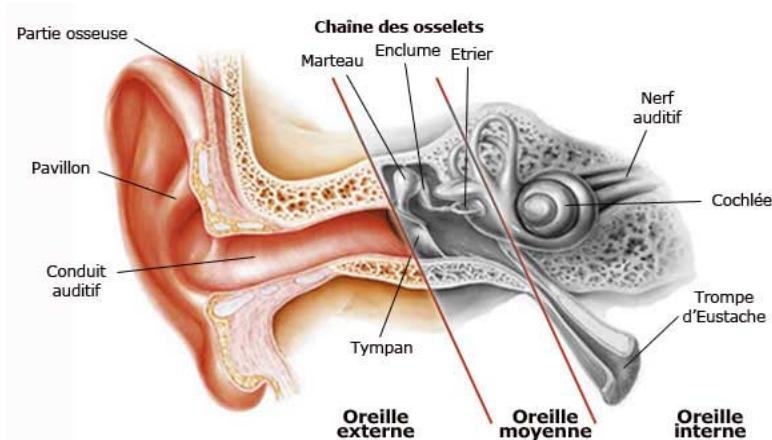


Figure 1 : L'oreille externe (d'après le site internet https://www.birol.fr/blog/657_anatomie-et-physiologie-de-l-oreille.html)

Le **pavillon**, composé de cartilage et de peau, a la forme d'un entonnoir pour permettre de localiser la source sonore. Il contient des irrégularités de surface dont les plus connues sont l'hélix, l'anthélix, la conque et le tragus. La conque a un rôle essentiel qui est de concentrer les sons vers l'entrée du conduit auditif. Sa position anatomique est en arrière de l'articulation temporo-mandibulaire et en avant du processus mastoïde.

Le **CAE**, un conduit ostéo-cartilagineux, se termine à sa partie interne par la membrane tympanique (le tympan) et dirige le son vers le tympan. Il se compose de 2 courbures formant un S. Ses 2/3 externes contiennent du cartilage recouvert de peau où se trouvent des poils, des glandes sébacées et des glandes sudoripares apocrines (glandes cérumineuses) qui elles sécrètent du cérumen, un liquide composé d'acides gras, d'alcools, de céramides, d'esters de cire, de triacylglycérols, d'hydrocarbures à longue

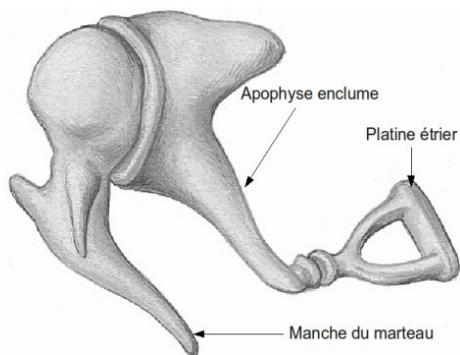
chaîne et de précurseurs de cholestérol (6).

Le cérumen a plusieurs rôles : garder le CAE humide, faire sortir les particules de peau morte du CAE et assurer la protection face à toute intrusion de corps étrangers. Son 1/3 interne est quant à lui composé d'os recouvert de peau très fine et très sensible au toucher.

Le CAE et pavillon constituent un tuyau fermé dont la fréquence de résonance est de 3700Hz environ pour un gain de 10dB, d'après les travaux de **Wiener et Ross (1946)** (7).

1.2. L'oreille moyenne

Cette partie de l'oreille est composée du **tympan**, une membrane semi-transparente et quasi circulaire. L'oreille moyenne se trouve dans le rocher de l'os temporal et communique avec la trompe d'Eustache qui sert à équilibrer la pression de l'oreille moyenne avec la pression atmosphérique durant la mastication, la déglutition et le bâillement. La trompe d'Eustache relie l'oreille moyenne au pharynx (8). Elle comprend également la cavité tympanique (caisse du tympan) qui est une cavité aérique renfermant 3 osselets articulés entre eux (Figure 2) : le marteau (malléus), l'enclume (incus) et l'étrier (stapès) qui est l'ultime interface avec l'oreille interne. Cette cavité aérique communique en arrière avec les cavités mastoïdiennes et en avant avec la paroi latérale du cavum (rhinopharynx) par l'intermédiaire de la trompe d'Eustache (9). Le manche du marteau est en contact avec le tympan et la platine de l'étrier est attachée à la fenêtre ovale de l'oreille interne. La chaîne ossiculaire formée de ces 3 osselets permet la transmission d'énergie mécanique des ondes sonores allant du tympan jusqu'aux cavités liquidieuses de l'oreille interne.

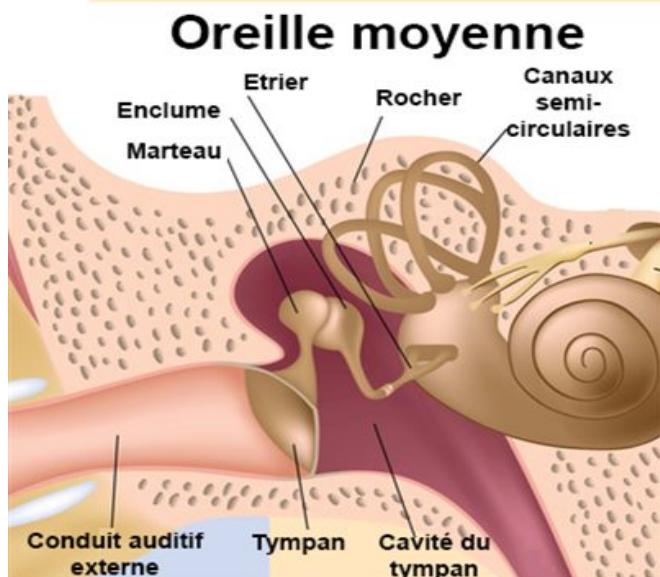


*Figure 2 : Les osselets articulés (d'après le site internet
<http://www.dominiquegarcia.fr/pages/Otospongiose-2827940.html>)*

Le réflexe stapédiens est un réflexe suscité par une boucle réflexe constituée de 2 nerfs du tronc

cérébral (le nerf auditif comme voie afférente et le nerf facial comme voie efférente) qui vise à bloquer 2 muscles des osselets : le muscle stapédién et le muscle du marteau qui sont attachés aux os de l'oreille moyenne. Leur contraction a pour effet de limiter le mouvement de la chaîne ossiculaire et donc de diminuer la transmission d'énergie pour des sons forts. Cela protège en quelques sortes l'oreille interne lors d'une exposition sonore trop importante (entre 70 et 100dB chez le normo-entendant) (10). Les nerfs stapédiens sont les premières branches motrices du nerf facial (11). La stimulation d'une seule oreille donne la contraction réflexe des muscles des osselets des 2 oreilles. Nous parlerons de réflexe stapédién ipsi- et contro-latéral. L'étude des différents composants anatomiques de cette boucle réflexe permettra de localiser les éventuelles structures auditives atteintes.

L'oreille moyenne est interposée entre l'oreille externe (en dehors) et l'oreille interne (en dedans), ce que montre la Figure 3 :



*Figure 3 : L'oreille moyenne (d'après le site internet
<https://www.docteurclic.com/encyclopedie/oreille-moyenne.aspx>)*

1.3. L'oreille interne

Elle est également située dans l'os temporal et se compose de 2 organes : l'organe de l'audition (la cochlée) et l'organe de l'équilibre (le vestibule et les canaux semi-circulaires). La cochlée constitue l'organe sensoriel proprement dit.

La cochlée est un tube osseux en forme de colimasson et séparé en 2 compartiments par le canal

cochléaire (la structure membraneuse) : la rampe vestibulaire au-dessus (scala vestibuli) communique avec la caisse du tympan via la fenêtre ovale et la rampe tympanique en dessous (scala tympani) communique aussi avec la caisse du tympan mais via la fenêtre ronde (9), (12). Dans la cochlée l'énergie mécanique provenant de l'oreille moyenne est transformée en impulsions nerveuses : c'est une transduction mécano-électrique. Via le nerf auditif (8ème paire des nerfs crâniens), ces messages nerveux vestibulaires et cochléaires sont envoyés au cerveau.

La cochlée renferme un liquide, l'endolymph, qui se trouve dans le canal cochléaire. Dans ce liquide baigne l'organe de Corti qui est l'organe de la perception auditive. Cet organe contient les cellules sensorielles de l'audition qui sont de 2 types :

- Les **cellules ciliées externes** qui sont au nombre de 13000 (disposées en 3 rangées et leur hauteur croît de la base vers l'apex de la cochlée) et qui sont surmontées de stéréocils baignant dans l'endolymph.
- Les **cellules ciliées internes** qui sont au nombre de 3500, organisées en une seule rangée et qui sont les véritables cellules sensorielles qui vont transformer les ondes sonores en influx nerveux (9). La Figure 4 illustre l'organisation de l'oreille interne et de l'organe sensoriel de l'audition qu'elle renferme :

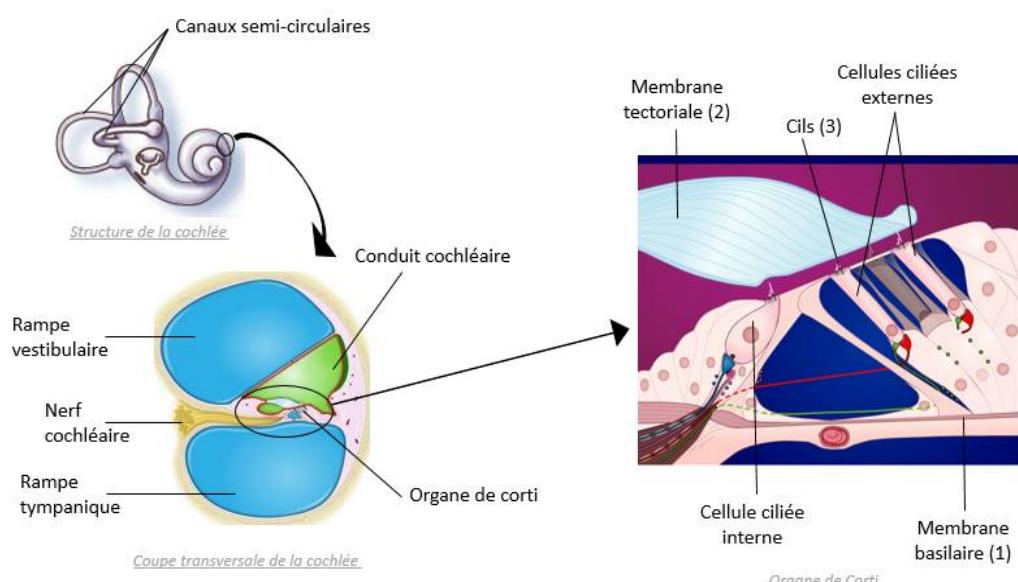


Figure 4 : L'organisation de l'oreille interne et de l'organe de Corti contenant les cellules ciliées (d'après le site internet <http://ouie-tpe.e-monsite.com/pages/ii-perception-du-son-par-l-oreille.html>)

Les vibrations sonores sont transmises dans la rampe vestibulaire par la platine de l'étrier qui

s'abouche dans la fenêtre ovale. L'onde sonore se propage alors dans l'endolymph du canal cochléaire et arrive à la membrane basilaire qui va se déformer à son tour. Les cils des CCE vont alors se déplacer et induire la dépolarisation ou l'hyperpolarisation des CCE (suivant le sens de déflexion des cils). C'est à ce moment-là que les CCE vont se contracter (électromotilité) et tirer sur la membrane tectoriale. Cette membrane va alors se retrouver en contact avec les stéréocils des CCI qui vont se dépolarisier à leur tour grâce à la libération de Glutamate au niveau des synapses en contact avec les fibres nerveuses du nerf auditif (13). L'influx nerveux est ainsi généré.

La cochlée renferme une organisation tonotopique, c'est à dire que les fibres nerveuses issues de son apex codent pour des sons graves, tandis que les fibres nerveuses issues de sa base codent elles pour les sons aigus. En somme, il faut comprendre que le codage de la fréquence du son dépend de la localisation dans la cochlée et de la fréquence de décharges des neurones activés (12). L'intensité sonore est quant à elle codée par le nombre et le type de neurones activés (suivant de fortes ou faibles amplitudes de vibration).

1.4. Quelques notions de psychoacoustique

1.4.1. *La mesure du seuil d'audition*

La psychoacoustique appartient au domaine de la psychophysique qui étudie les rapports entre les perceptions auditives subjectives de l'être humain et les sons qui parviennent à ses oreilles. Les notions abordées dans ce chapitre aideront à mieux appréhender les caractéristiques et le fonctionnement de l'oreille humaine.

La norme **ANSI s3.21** (American National Standards on Acoustics) définit le seuil d'audition comme étant « le plus petit niveau d'audition pour lequel des réponses sont obtenues sur au moins une série et demi d'essais ascendants, avec un minimum de deux réponses positives au même niveau en ascendant » (14).

La **mesure du seuil d'audition** par audiometrie tonale est une mesure de psychoacoustique très commune et il existe différentes façons de mesurer ce seuil. C'est une mesure subjective de l'audition car elle est fonction du niveau de coopération du sujet testé. Elle se réalise soit par conduction osseuse, soit par conduction aérienne (10). La méthode ascendante est aujourd'hui la méthode la plus utilisée. Un son pur, à une fréquence donnée, est présenté à une personne se trouvant dans une pièce insonorisée, au travers d'un casque auditif. Le son doit être d'abord présenté à un niveau sonore confortable pour être clairement identifié par la personne puis il est représenté à une très faible intensité sonore, comme 5dB par exemple. Il est ensuite augmenté par pas de 5dB jusqu'à ce que le sujet testé lève la main pour

indiquer qu'il entend bien le stimulus envoyé dans le casque auditif. A ce moment-là, il faut vérifier l'intensité testée en se plaçant 5dB en dessous de ce seuil, la personne n'entend pas, puis il faut ré-augmenter de 5dB et là, elle doit de nouveau relever la main pour indiquer qu'elle réentend le son. Le seuil d'audition, pour la fréquence testée, est alors connu.

1.4.2. *Le champ auditif*

Le champ auditif représente la gamme entière de niveaux sonores audibles par l'être humain. Le son le plus faible que peut percevoir une personne dépend de la fréquence du son, comme le montre la Figure 5 ci-dessous. La gamme de fréquence audible par l'homme est comprise entre 20Hz et 20kHz (15) et son audition est plus sensible autour des 1000Hz-2000Hz (8).

Oreille humaine

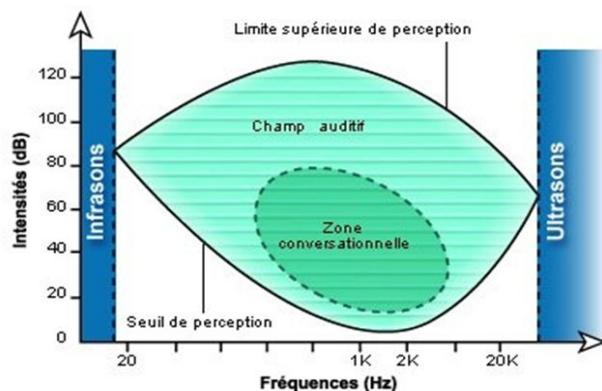


Figure 5 : Le champ auditif humain (intensité en db(A) en fonction de la fréquence audible en Hz)
(d'après le site internet <http://www.cochlea.org/entendre/champ-auditif-humain>) (15)

La zone conversationnelle correspond à la zone essentielle des fréquences indispensables à la bonne compréhension des mots de la langue française. La courbe du seuil de perception et la courbe de la limite supérieure de perception délimitent le champ auditif (11). Toute vibration acoustique en dehors de ce champ auditif ne sera pas perçue par l'oreille humaine.

1.4.3. La sensation d'intensité auditive (ou sonie)

Pour permettre **la perception d'intensité sonore**, l'oreille humaine est capable de percevoir des différences de niveaux sonores de 1dB. Entre les courbes du seuil d'audition et du seuil d'inconfort, il y a un champ dynamique d'environ 120dB où sont répartis les sons du quotidien. Cependant, le niveau sonore n'est pas directement une expression de la sonie perçue par la personne qui entend. En d'autres termes, il n'y a pas de relation 1/1 entre le niveau sonore et la sonie perçue (10).

Une courbe isosonique ou courbe d'isosonie, est une courbe formée par des points de même sonie (définis par leur niveau de pression acoustique en dB SPL en fonction de la fréquence), c'est-à-dire provoquant la même sensation d'intensité sonore pour l'oreille humaine (10). Les courbes isosoniques (Figure 6) illustrent la sensibilité de l'oreille humaine sur la bande de fréquences audibles par l'homme. Cette sensibilité est accrue sur la bande 1000Hz-5000Hz, principalement à cause de la résonance naturelle du CAE et du transfert d'onde sonore au travers des osselets de l'oreille moyenne. Ainsi, l'oreille humaine n'a pas la même sensibilité selon la fréquence du son. Cette différence de sensibilité permet de distinguer aussi une différence de fragilité : les sons aigus sont plus traumatisants pour l'oreille que les sons graves, avec une fréquence de fragilité maximale autour de 4000Hz.

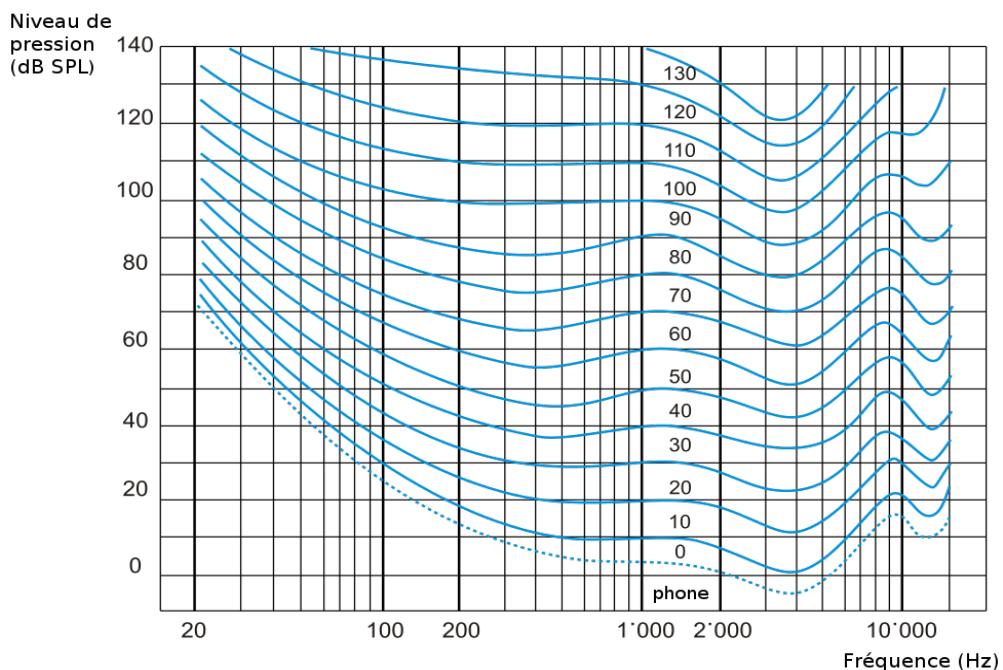


Figure 6 : Courbes isosoniques en fonction de la fréquence en Hz et de l'intensité sonore (en dB SPL) visant à interpréter les différences de sensibilité sonore (Fletcher et Munson) (d'après le site internet https://fr.wikipedia.org/wiki/Courbe_isosonique)

Ces courbes sont exprimées en phones, le phone étant une unité physiologique, sans dimension, traduisant le niveau d'isosonie.

1.4.4. La discrimination d'intensité sonore

Loi de E.H. Weber (physiologiste Allemand 1795-1878) (14) :

La loi de Weber est la loi de constance du seuil différentiel qui montre que le seuil différentiel d'intensité sonore est proportionnel à l'intensité du stimulus.

Le seuil différentiel d'intensité (ΔI en dB) est la plus petite différence d'intensité détectable par l'oreille humaine :

$$\Delta I = 0,21 \times I$$

Plus l'intensité du stimulus est élevée, plus l'accroissement qu'il faut lui donner pour faire ressentir une variation de perception est grand.

Il existe différents types de décibels :

- Le **décibel A ou dB(A)** est utilisé pour exprimer le niveau sonore en tenant compte du fait que l'oreille humaine est plus sensible aux fréquences médiums ou aiguës qu'aux fréquences graves. Pour cela, est introduit un système de correction (appelé filtre de pondération A) des niveaux sonores mesurés en fonction des bandes de fréquences pour être proche de la sensibilité de l'oreille humaine (14).
- Le **décibel SPL (Sound Pressure Level) ou dB(SPL)** est l'unité de pression acoustique.
- Le **décibel audiométrique** est quant à lui appelé **dB(HL)**, Hearing Level, ou **dB(HTL)**, Hearing Threshold Level, et c'est l'unité de mesure de la perte d'audition.

1.4.5. La discrimination fréquentielle

La discrimination fréquentielle peut également s'appeler la sélectivité fréquentielle. Il s'agit de la propriété de l'oreille qui permet de percevoir la différence entre deux sons purs émis simultanément et de même niveau sonore mais de fréquences différentes. Cette sélectivité est une des propriétés de l'oreille humaine qui permet d'extraire un message vocal dans un environnement sonore bruyant (12). La baisse avec l'âge de cette sélectivité constitue sans doute l'une des conséquences des surdités de perception (cela sera détaillé dans un paragraphe plus bas) les plus handicapantes pour l'être humain.

Certains musiciens ont le don particulier de qualifier immédiatement un son dans l'échelle grave-aigu, de déclarer qu'il s'agit du la2 ou du do4 sans exiger d'entendre au préalable un son référence. Ces personnes ont alors "l'oreille absolue" (10).

1.4.6. Le phénomène de masquage

Le masquage est un effet qui s'illustre par le fait que lorsqu'un son fort et un son faible sont entendus simultanément, il devient alors difficile d'entendre le son faible puisqu'il est masqué par le son fort. L'effet de masquage est plus prononcé lorsque le son faible se trouve dans la même gamme de fréquence que le son fort. L'effet de masque devient gênant dans des cas de surdités de perception où la cochlée baisse en sélectivité (12).

Le malentendant éprouve alors du mal à comprendre la parole en présence d'autres sons présents simultanément. Les sons avec le pouvoir masquant le plus grand sont les sons complexes qui comportent plusieurs fréquences, par exemple le bruit blanc, qui est un son comprenant plusieurs fréquences et dont la densité spectrale d'énergie est constante (10) et (14).

2) Physiopathologie du son

2.1. Le bruit et ses effets

Nous vivons aujourd'hui dans un monde très bruyant où une « pollution sonore » est omniprésente. Cela s'accompagne d'une augmentation réelle des risques pour la santé, ce qui a encouragé la réalisation de certaines études économiques dont celle réalisée en 2016 par le cabinet Ernst & Young pour le Conseil National du Bruit (CNB) et l'Agence de l'Environnement et de la Maîtrise de l'Energie (ADEME) qui a rendu public certains chiffres (mise en ligne sur le site internet du CidB, le centre d'information sur le bruit créé en 1978 par le ministère chargé de l'environnement) :

- 1,2 milliards d'euros, c'est la somme que coûtent chaque année les accidents du travail et la surdité en milieu professionnel (Figure 7).
- Travailler en milieu bruyant a un impact non négligeable sur la fatigue nerveuse et/ou physique : 80 % des salariés en milieu bruyant déclarent avoir un travail nerveusement fatigant (contre 70 % en moyenne) et 72 % déclarent avoir un travail physiquement fatigant (contre 47 % en moyenne). L'étude dit que le bruit au travail est source de gêne, de perturbation psychique et qu'il affecte la productivité (baisse de performance dans les tâches cognitives, diminution de la satisfaction au travail, perte de concentration), aucune étude n'est parvenue à quantifier l'impact économique final.
- Le coût social du bruit en France serait chiffré à environ 57 milliards d'euros annuels.

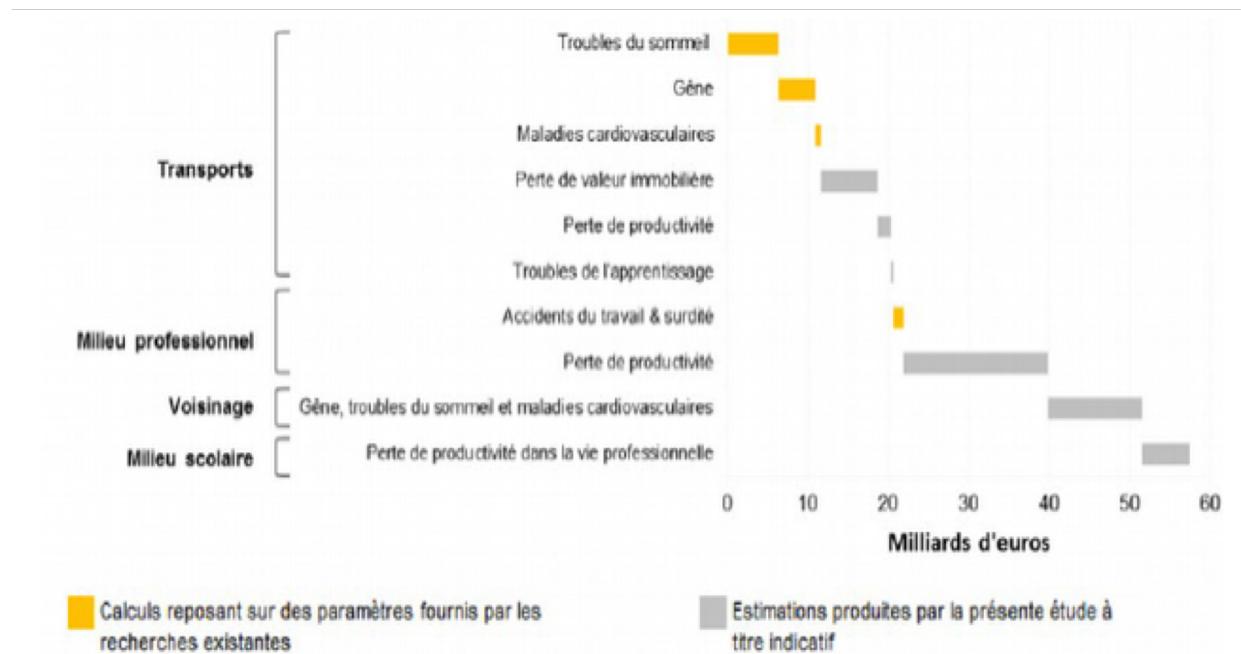


Figure 7 : Synthèse des coûts sociaux annuels des pollutions sonores en France, EY pour Ademe et CNB, mai 2016 (d'après le site internet https://www.ademe.fr/sites/default/files/assets/documents/cout-social-pollutions-sonores-france_2016-05-04-rapport.pdf)

Le **son** est une onde sonore qui se propage dans un milieu fluide. Un son est caractérisé par sa fréquence, son intensité et sa durée. Sa fréquence se donne en Hertz (nombre d'ondes par seconde), son intensité en Décibel (échelle semi-logarithmique où chaque augmentation de 10dB correspond à une augmentation de puissance sonore de 10 fois c'est à dire que notre perception de l'intensité sonore sera 10 fois plus élevée) et sa durée en Secondes. Il existe 2 types de sons : les sons **purs** (sons contenant une seule fréquence) et les sons **complexes** (plus représentatifs du monde sonore réel car ils sont composés de plusieurs fréquences associées) (14).

Est considéré comme **bruit**, tout son perturbant l'audibilité ou la compréhension d'un signal, d'une voix ou d'un autre bruit. Le bruit est le mélange de plusieurs sons ensemble. Il est jugé comme indésirable, gênant ou dangereux. Le niveau sonore de ce bruit se mesure en dB (12).

Les niveaux sonores de sons quotidiens sont illustrés dans la Figure 8 qui suit :

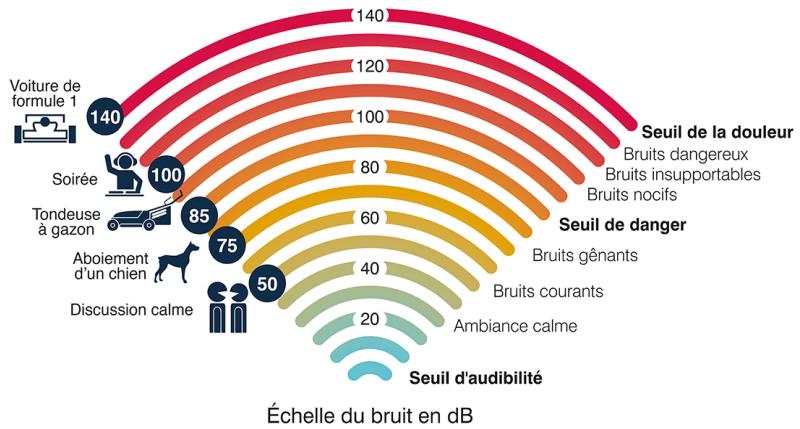


Figure 8 : Echelle du bruit en décibels (d'après le site internet <http://www.beaufortenjou.fr/faq-items/le-bruit-et-les-nuisances-olfactives/>)

Si 2 sources sonores différentes génèrent du bruit, l'intensité sonore de ce bruit ne correspond pas à l'addition des 2 niveaux sonores. Si 10dB de différence séparent ces 2 sources sonores, le son le plus fort masquera le son le plus faible. En revanche, si les 2 sources sonores sont équivalentes, la résultante en termes de bruit sera égale à l'intensité sonore d'une des 2 sources sonores + 3dB (11).

L'exposition sonore excessive peut causer une atteinte irréversible des cellules ciliées externes. La gravité de l'atteinte sera fonction de l'intensité sonore et de la durée d'exposition (12).

D'après l'étude réalisée en 2016 par le cabinet Ernst & Young pour le Conseil National du Bruit (CNB) et l'Agence de l'Environnement et de la Maîtrise de l'Energie (ADEME), évoquée précédemment page 11, les impacts néfastes du bruit sur l'homme sont :

- **La fatigue auditive :** c'est la diminution de la sensibilité auditive durant un temps limité. Il existe une relation proportionnelle entre la durée d'exposition et le temps de récupération. L'audition devient alors cotonneuse.
- **La perte d'audition :** cette perte d'audition est irréversible et peut être légère (<40dB), moyenne (<70dB), sévère (<90dB) ou profonde (>90dB).
- **L'acouphène :** il est caractérisé par un son plus ou moins permanent que seul l'acouphénique entend dans son oreille.
- **La luxation des osselets**
- **L'augmentation du stress, de l'anxiété-dépression et de la fatigue nerveuse :**

En France, l'Institut National de Prévention et d'Education pour la Santé (INPES) a réalisé en 2011-2012 un Baromètre Santé Sourds et Malentendants (BSSM). Les résultats de ce

baromètre ont été comparés avec ceux de l'étude sur les déficits auditifs en France (2017) et ont été mis en ligne sur le site internet http://www.unsaf.org/doc/Deficits_auditifs_en_France_-_Livre_blancl_-_Mars_2017.pdf. Il en ressort que les répondants du BSSM sont 3 fois plus concernés par la détresse psychologique, 5 fois plus touchés par des pensées suicidaires et font 3 fois plus de tentatives de suicide.

Les effets nocifs du bruit sur l'être humain seront détaillés dans la 2ème grande partie de ce travail, où l'exemple en cabinet dentaire sera étudié.

2.2. Les acouphènes

L'acouphène, ou tinnitus, correspond à une perception auditive pathologique que perçoit un sujet en l'absence de toute stimulation sonore extérieure. Il est habituellement associé à une surdité mais il est parfois isolé. Il existe différents types d'acouphènes (16) :

- Les acouphènes **objectifs** : certains d'entre eux peuvent être entendus par une personne extérieure, car ils sont causés par des troubles identifiables comme le flux sanguin qui peut devenir audible, ou par d'autres bruits internes devenus audibles. Ils sont rares, mais généralement, une fois la cause trouvée, le malade peut être aidé. Ils peuvent être pulsatiles (acouphènes synchrones de la respiration, synchrones du pouls) ou non pulsatiles (acouphènes myocloniques liés à un bruit de claquement répété, acouphènes provoqués par la déglutition) (9).
- Les acouphènes **subjectifs**. Ici, le son n'est audible que par la personne atteinte seule. Ce sont les acouphènes les plus fréquents : 95% des cas. Les mécanismes de ce type d'acouphène sont encore aujourd'hui mal compris et ils sont plus difficiles à soigner. En revanche, la tolérance du patient à ces bruits peut être améliorée par des appareils auditifs génératrices de bruit, adaptés par un audioprothésiste et dont le but sera de masquer l'acouphène afin d'aider l'acouphénique à l'oublier, ou par un appareillage auditif standard visant à corriger une perte d'audition.

L'intensité des acouphènes varie entre chaque individu qui décrit alors une sensation qui lui est propre. L'exacerbation de l'acouphène par le bruit pendant l'exposition sonore et/ou après l'exposition peut amplifier les symptômes et la gêne provoqués chez le sujet acouphénique (9). Certains entendent des bruits en permanence, ce qui peut nuire quotidiennement à leur qualité de vie.

Si nous entendons des voix ou de la musique, il s'agit d'un autre trouble, appelé hallucination

auditive, qui se rencontre lors d'épisodes dépressifs et maniaques sévères.

Parmi les multiples causes de l'acouphène, sont à prendre en compte ((16) et le site internet <https://www.france-acouphenes.org/index.php/pathologies/medicaments>) :

- La prise prolongée de certains **médicaments ototoxiques** (certains antibiotiques comme la streptomycine, certains salicylates comme l'aspirine à haute dose, la quinine, certains traitements contre le cancer ou encore certains antidépresseurs) (14).
- Un **traumatisme crânien**.
- Le **spasme du muscle stapédiens**.
- Un **bouchon de cérumen** bouchant le CAE.
- Un **dysfonctionnement de l'articulation temporo-mandibulaire** car la mâchoire est une des parties du corps qui concentre le plus de tension.
- Le **bruxisme**.
- **Certaines maladies** comme la maladie de Paget, l'otospongiose, des otites à répétition, des tumeurs comme le neurinome de l'acoustique, un mauvais alignement de l'articulation temporo-mandibulaire, l'athérosclérose, l'hypertension artérielle.

2.3. L'hypoacusie

2.3.1. La surdité de transmission

Lorsque nous souffrons d'hypoacusie, notre champ auditif devient plus réduit que celui d'un normo-entendant. Selon le degré de surdité, des parties du signal vocal ne sont plus audibles et l'intelligibilité de la parole devient alors réduite. Nous faisons alors répéter les gens au cours d'une conversation. Une déficience auditive peut survenir brusquement ou se développer progressivement à bas bruit. Il existe différents types de surdité : la surdité de transmission et la surdité de perception (14).

Nous parlons de surdité de transmission lorsque le passage du son est bloqué soit au niveau du CAE (oreille externe), soit au niveau de l'oreille moyenne. Certains types de surdités de transmission peuvent être traités par voie médicale ou chirurgicale (exemple du bouchon de cérumen que le médecin otorhinolaryngologiste peut enlever). D'autres types de surdités de transmission peuvent aussi être corrigées par un appareillage auditif puisqu'ici l'organe de Corti fonctionne normalement. Parmi les surdités de transmission, il faut distinguer les surdités provoquées par (10), (14) et (17) :

- **L'amas de cérumen** : parfois le cérumen s'amarre dans le CAE jusqu'à pouvoir l'obstruer

complètement.

- Une **malformation congénitale** de l'oreille
- Une **perforation tympanique**.
- **L'otite moyenne** : l'inflammation de l'oreille moyenne est une maladie commune, se produisant surtout chez les enfants. Elle peut être aiguë ou chronique et se développe souvent suite à une infection à l'arrière de la gorge. Cette infection va se propager jusqu'à l'oreille moyenne à travers la trompe d'Eustache. Elle est alors soignée soit par des antibiotiques, soit par une petite incision dans le tympan et la mise en place d'aérateurs trans-tympaniques visant à drainer le pus hors de l'oreille.
- **Le cholestéatome**: c'est une masse de cellules et de cholestérol semblable à une tumeur qui érode les osselets de l'oreille moyenne, ce qui provoque une surdité de transmission. Il peut aussi se développer dans le CAE humide et éroder ainsi la partie osseuse interne du CAE, ce qui forme une grande cavité près du tympan. Il est traité par une intervention chirurgicale.
- **L'otosclérose** (ou otospongiose) : c'est une pathologie dégénérative, d'origine génétique, qui touche l'oreille moyenne caractérisée par une croissance osseuse excessive dans l'oreille moyenne. Elle est fréquemment déclenchée ou aggravée par des modifications hormonales importantes ayant lieu au cours de la période de puberté ou au début d'une grossesse. Elle peut entraîner une fixation progressive de la platine de l'étrier au sein de la fenêtre ovale. La surdité de transmission ainsi provoquée sera plus marquée dans les basses fréquences. Si l'étrier est ossifié, il sera alors remplacé, au moyen d'une chirurgie, par une prothèse (un piston) qui permettra de nouveau une bonne vibration des ondes sonores tout le long de la chaîne ossiculaire.

2.3.2. La surdité de perception

Ce type de surdité s'explique par un trouble dans la cochlée ou dans le nerf auditif, ce qui se traduit par des anomalies de la transformation du signal mécanique du son en signal électrique (influx nerveux) ou par des anomalies d'interprétation du signal sonore par le cerveau. Nous parlerons de surdité de perception endocochléaire (presbyacousie, barotraumatisme du chasseur...) ou rétrocochléaire (neurinome de l'acoustique ou autres tumeurs) suivant la localisation de l'atteinte de l'appareil de perception (14). Bien souvent ce sont les cellules ciliées qui sont détériorées et la perception de la sonie va être affectée. De ce fait, le malentendant verra son champ auditif restreint. La discrimination fréquentielle peut aussi être affectée. Pour ce type de surdité, la solution est principalement l'appareillage auditif (10).

Parmi les surdités de perception, il faut différencier (10), (14) et (17) :

- **La surdité liée à l'âge** : la presbyacousie est le vieillissement physiologique de la cochlée et des voies auditives nerveuses. C'est une surdité de perception se développant progressivement,

de façon bilatérale. La perte de l'audition commence par les fréquences aiguës et altère la perception des consonnes. En général elle survient vers l'âge de 60 ans mais peut être beaucoup plus précoce si les oreilles ont subi une forte sollicitation pendant la vie professionnelle mais aussi personnelle de l'individu. Cette surdité touche de façon symétrique les 2 oreilles et touche d'abord les hautes fréquences.

- **La surdité due au bruit** : elle est la conséquence d'un ou plusieurs traumatismes sonores dus à des expositions au bruit trop excessives.
- **La surdité héréditaire et syndromique** : elle peut être présente dès la naissance ou se développer plus tard.
- **La surdité congénitale** : dans certains cas la surdité est présente dès la naissance, à cause de circonstances particulières ayant eu lieu pendant la grossesse (prédisposition héréditaire, infection pendant la grossesse...).
- **Les lésions rétro-cochléaires** : ce type de surdité arrive lorsque les voies nerveuses entre la cochlée et les aires cérébrales auditives sont touchées. La sclérose multiple par exemple provoque ce type d'atteinte. Le neurinome de l'acoustique est un deuxième exemple d'atteinte rétro-cochléaire car il voit évoluer à bas bruit une tumeur bénigne sur le nerf auditif, ce qui provoquera une surdité et une perturbation de l'équilibre, voire une hémiparalysie faciale si la tumeur se propage jusqu'au nerf facial.
- **Maladie de Ménière** où une augmentation de pression dans le labyrinthe provoque des vertiges, des acouphènes et une surdité de perception.
- Certains **médicaments ototoxiques** pour l'oreille interne. Quelques-uns seront cités dans un paragraphe suivant.
- Un **traumatisme de l'oreille interne** (direct ou barotraumatique).
- Une **infection de l'oreille interne** (otite, méningite, oreillons...).

Pour illustrer les 2 types de surdités, la Figure 9 illustre les différences de courbes d'audition, visibles à l'audiométrie tonale, entre ces 2 types de surdités.

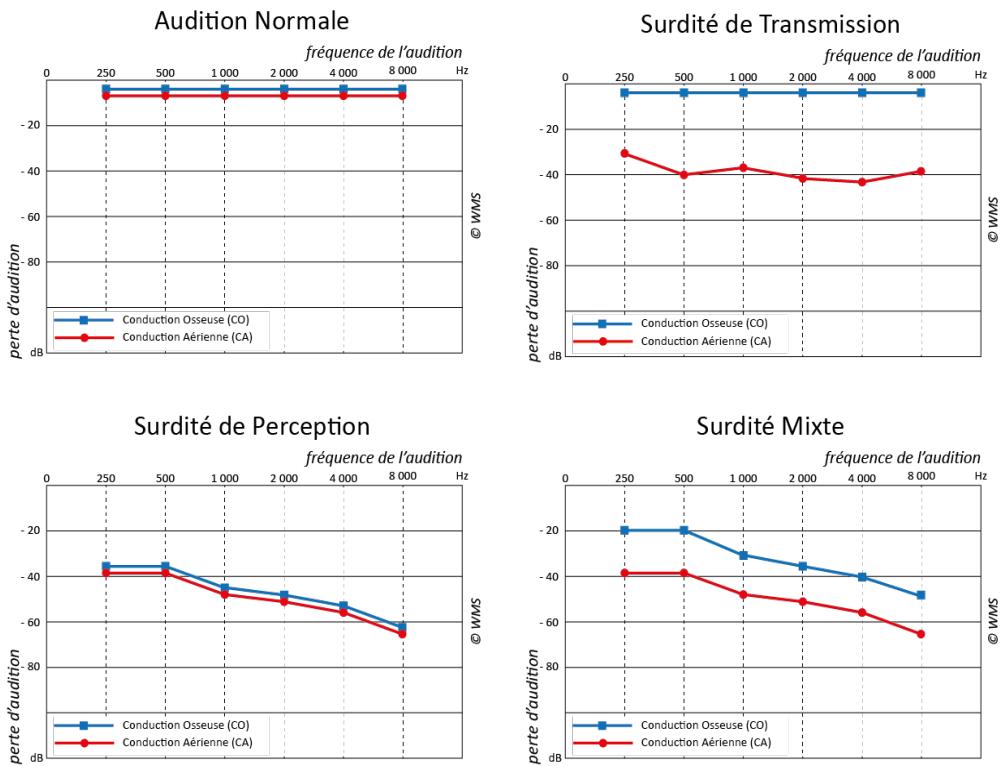


Figure 9 : L'audiométrie tonale participe au diagnostic des différents types de surdité (d'après le site internet <https://gecni.medixen.fr/images/type-de-surdite-en-audiometrie-tonale>)

Pour un cas de surdité de transmission, l'audiométrie tonale fait apparaître un Rinne, c'est à dire que la courbe en conduction osseuse ne se superpose pas avec celle en conduction aérienne.

2.4. L'hyperacousie

C'est le symptôme le plus souvent associé à l'acouphène et souvent le plus gênant. C'est une forme d'hypersensibilité auditive qui se manifeste par une perception auditive anormalement forte, voire parfois douloureuse, déclenchée par des sons perçus par les autres personnes comme faibles ou confortables. Les personnes atteintes réagissent souvent par un retrait social tellement les sons les agressent (16).

Différents degrés d'atteinte de la tolérance au bruit existent (16) :

- **L'hyperacousie** proprement dite est caractérisée par une réponse anormalement forte du système auditif (par rapport à l'individu moyen).
- **La misophonie** concerne les malades qui redoutent certains sons voire même tous les sons car ils les trouvent désagréables.
- **La phonophobie** qui elle correspond à un type particulier de misophonie dans lequel l'émotion

dominante est la peur du bruit ou des sons générant l'intolérance auditive. Ici les malades redoutent que des sons normaux de la vie de tous les jours puissent endommager leur oreille ou aggraver leurs symptômes. Ils vont donc élaborer des stratégies destinées à éviter ces sons.

Après ces quelques rappels généraux, nous allons à présent tenter d'appréhender l'environnement sonore dans lequel évolue le CD, puis nous allons essayer d'identifier le ou les risques possibles pour son audition. Enfin nous effectuerons une revue de la littérature afin de compiler les publications qui ont étudié cette problématique.

II EXEMPLE DU CABINET DENTAIRE

1) Les sons en cabinet dentaire

1.1. Les bruits en dehors de la salle de soins

Dans un cabinet dentaire, une multitude de bruits extérieurs vont s'associer et contribuer à l'augmentation du niveau sonore qui gravite autour du CD. Parmi ces bruits, il y a : la sonnerie de la porte d'entrée, la sonnerie du téléphone, le bruit de la rue, la musique d'ambiance, le bruit ambiant à l'accueil et en salle d'attente (enfant qui crie, assistante au téléphone...), la salle de stérilisation (avec l'autoclave, le lave-vaisselle, l'eau du robinet qui coule, le bac à ultrasons...). L'impact de ces différents bruits variera selon la situation géographique du cabinet dentaire bien sûr mais aussi suivant l'isolation acoustique du cabinet, lorsque celle-ci a été pensée, et suivant le type de machines dont est équipé le cabinet. Il semblerait que parmi tous ces bruits, le plus fort soit celui provoqué par le bac à ultrasons, avec un niveau sonore pouvant atteindre 91dB (A) (18).

1.2. Les bruits dans la salle de soins

La salle de soins est le siège d'un véritable « cocktail sonore » où se mélangent de nombreuses sources sonores. Les instruments à vitesse rotative rapide (turbines, contre-angle, pièce à main), les moteurs d'aspiration (pompe à salive et canule d'aspiration chirurgicale), les compresseurs pour les sprays air/eau, les inserts des détartrateurs à ultrasons, les tiroirs/placards qui claquent... sont considérés comme les sources sonores présentes dans la salle de soin du cabinet dentaire.

Les intensités sonores autour du fauteuil sont illustrées dans le Tableau 1 ci-dessous (19) :

Source sonore étudiée	Intensité sonore moyenne en dB (A)
Turbine à vide	78,7
Aspirateur à vide	79
Aspirateur en bouche	Entre 83 et 92
Turbine + aspirateur en bouche	Entre 86 et 92
Insert à ultrason en bouche	84

Tableau 1 : Intensités sonores en dB(A) en fonction des sources sonores au cabinet dentaire (19)

2) Les sons nuisibles au travail (législation)

Le bruit en milieu professionnel est reconnu comme un facteur de pénibilité par le Code du Travail et peut provenir de sources diverses : le bruit émanant de personnes (conversations téléphoniques), de machines présentes sur le lieu de travail (turbines, imprimantes), d'impacts comme l'ouverture ou la fermeture de portes, de l'extérieur (bruit environnemental) ou encore le bruit de fond auquel nous ne faisons pas attention car nous nous y habituons (système de chauffage ou de ventilation...). Le risque de surdité qui découle de ces bruits dépend de leur intensité sonore mais aussi de la durée d'exposition (12).

La réglementation du bruit dans le cadre du travail repose sur le **décret 2006-892 du 19 juillet 2006** qui introduit, en droit français, la **directive européenne 2003/10/CE** (12). Ce texte fixe un cadre sur la protection des travailleurs contre les risques pour leur santé et leur sécurité face à une exposition sonore excessive au travail et il définit les limites d'exposition sonore dans le cadre du travail, avec notamment (Figure 10 et le site internet <http://www.bruit.fr/tout-sur-les-bruits/bruit-au-travail/>) :

- La **valeur limite d'exposition** des travailleurs au bruit est fixée à **87 dB(A)**. 87dB est ici un seuil de danger.
- Les **valeurs d'exposition supérieures déclenchant l'action à 85 dB(A)**. En cas de dépassement, l'employeur a alors l'obligation de mettre en œuvre des mesures afin de réduire l'exposition au bruit (choix et agencement des machines, isolation acoustique...) et il doit imposer le port de protections auditives aux travailleurs. Une signalisation sur les lieux à risque doit être mise en place. 85dB est donc ici un seuil d'alerte.
- Les **valeurs d'exposition inférieures déclenchant l'action à 80 dB(A)**. Si ce seuil est dépassé, les employeurs sont tenus de mettre à disposition des travailleurs des protections auditives individuelles contre le bruit (casque antibruit, bouchons d'oreille), d'informer et de

former à la problématique du bruit, et d'offrir un examen audiométrique préventif.

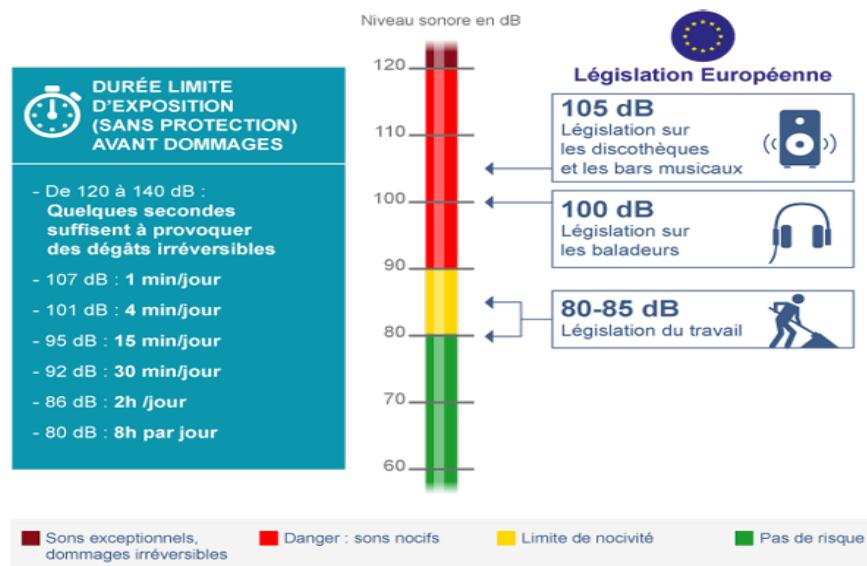


Figure 10 : Sons et bruits dangereux-relation niveau/durée-législation européenne (d'après le site internet <http://www.cochlea.org/bruit-attention-danger-!-protection>)

Pour chaque cabinet dentaire il n'est pas aisé de déterminer la durée d'exposition au bruit car elle varie suivant le type d'exercice du CD et la nature des soins à réaliser. Nous verrons par la suite que certaines études scientifiques (46) et (47) ont néanmoins étudié ce paramètre.

Il est aujourd'hui encore très difficile d'évaluer l'impact de la pratique dentaire sur l'audition, en d'autres termes, il n'existe pas de consensus mettant en cause directement des facteurs prédisposant à la « surdité du CD ». L'intensité sonore autour du CD peut dépasser les 80dB, voire même les 85dB, ce qui, selon la législation, doit entraîner certaines précautions afin de se prémunir des agressions sonores. Nous allons pour cela nous plonger dans la littérature scientifique afin de tenter d'apporter des réponses à cette problématique. De quels types de conséquences sur l'audition le niveau d'exposition sonore au cabinet est-il à l'origine ?

3) Les données actuelles de la littérature

3.1. Les effets auditifs sur le chirurgien-dentiste

La surdité entrave et limite la communication de l'individu avec son entourage. Selon la définition de l'OMS (d'après le site internet http://www.noiseineu.eu/fr/14-impacts_sur_la_sante/subpage/view/page/14), **la gêne** (auditive ou autre) est « une sensation de désagrément, de déplaisir provoqué par un facteur de l'environnement (le bruit, par exemple) dont l'individu ou le groupe connaît ou imagine le pouvoir d'affecter sa santé ». Chaque individu a sa perception subjective du bruit. La gêne qu'il ressent est donc la conséquence directe de facteurs liés au bruit (intensité sonore, émergence par rapport au bruit de fond, répétitivité du bruit...) mais également d'autres facteurs tels que la période de la journée pendant laquelle le bruit survient, le caractère subi ou choisi du bruit, l'image positive ou non que la source sonore renvoie à la personne, son histoire personnelle, ses habitudes socio-culturelles, son âge, son mode de vie... La gêne est souvent associée à un ensemble de comportements négatifs tels que la colère, la déception, l'insatisfaction, le retrait, l'impuissance, la dépression, l'anxiété, l'égarement, l'agitation ou l'épuisement.

Les effets auditifs sont directement liés à la quantité totale de bruit reçue par l'oreille. En général, les effets auditifs sont la conséquence d'expositions, en milieu professionnel, **supérieures ou égales à 80dB(A) sur une moyenne de 8h/jour**, d'après l'étude réalisée en 2016 par le cabinet Ernst & Young.

Cela suffit à causer des troubles auditifs irréversibles, avec altération des cellules ciliées auditives qui ne peuvent pas se renouveler (notion de pool de cellules auditives). Les conséquences sur le plan auditif peuvent alors être très variées : **baisse sensible de l'audition** plus ou moins temporaire, **traumatisme sonore** (irréversible), **acouphènes**, **hyperacousie**, **fatigue auditive** (augmentation temporaire du seuil d'audition), **vieillissement prématué** du système auditif qui pourra conduire à une prise en charge précoce de l'hypoacusie par un audioprothésiste.

Sur le plan professionnel, la baisse d'acuité auditive s'installe progressivement dans le temps (20) :

- **1er stade** : l'atteinte « en encoche » (ou scotome) sur le 4000Hz. A l'audiométrie tonale une baisse d'audition d'environ 30-40dB(A) centrée sur le 4000Hz est observée. Le sujet n'a pas conscience de sa surdité naissante car à ce stade il y a un phénomène d'accoutumance et la survenue du début d'atteinte auditive est insidieuse. La personne est peu gênée pour avoir des discussions avec autrui. Si elle stoppe son exposition sonore, son audition reviendra à la normale en quelques jours (notion de réversibilité). En revanche si elle continue d'être exposée régulièrement à un environnement bruyant, sa perte auditive deviendra plus importante et des acouphènes pourront alors apparaître.

- **2ème stade** : la période de latence. Elle peut s'étaler sur plusieurs mois ou années et le scotome s'approfondit jusqu'à 60-70dB(A). Ce scotome va également s'élargir pour atteindre plus de fréquences de la bande de fréquences conversationnelles (500Hz et 2000Hz). La personne ici touchée va alors commencer à faire répéter ses interlocuteurs lors des conversations ce qui va provoquer des troubles d'intelligibilité : il va devenir très difficile pour elle de suivre une conversation dans une ambiance sonore où plusieurs personnes parlent en même temps. C'est le syndrome du « cocktail party ». Ce sont des syllabes qui échappent à l'attention du sujet puis il va monter progressivement le volume de son poste de télévision. A ce stade, des acouphènes intermittents peuvent être présents et l'atteinte auditive est irréversible.
- **3ème stade** : la surdité diagnostiquée. La perte auditive sur le 4000Hz peut aller jusqu'à 100-110dB(A). La baisse d'audition s'est généralisée sur une bande de fréquence beaucoup plus large. Ce sont des mots entiers qui échappent ici à la vigilance du sujet. A ce stade il s'agit d'une maladie professionnelle et d'un handicap. Toutes les fréquences de la parole sont touchées à ce stade.

Il est à noter que l'apparition d'une surdité professionnelle ne passe pas forcément par ces 3 stades décrits ci-dessus. Pour ainsi dire, une exposition courte dans le temps, face à un son d'une intensité très élevée, peut provoquer un traumatisme sonore immédiatement irréversible.

La Figure 11 illustre ces différents stades de l'établissement d'une surdité professionnelle.

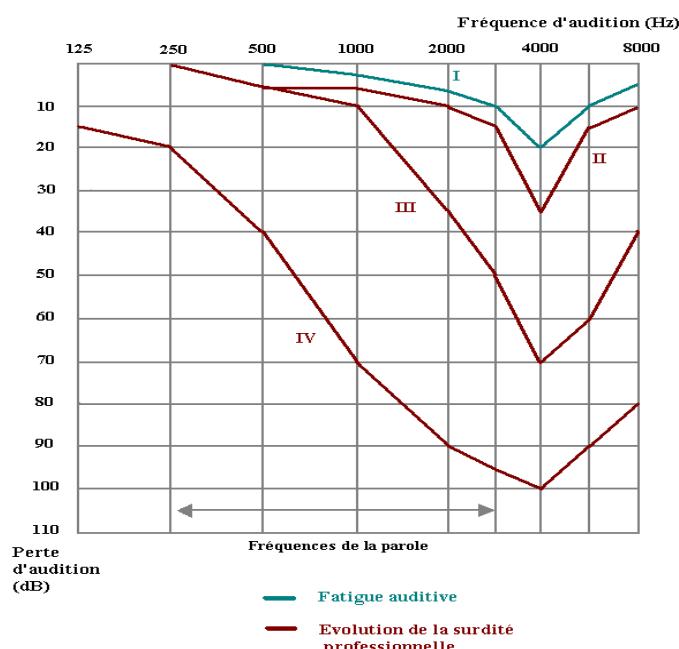


Figure 11 : L'évolution en différents stades d'une surdité professionnelle (perte d'audition en fonction de la fréquence) (21)

3.2. Les effets extra-auditifs sur le chirurgien-dentiste

Chaque individu a une sensibilité variable au bruit. L'ouïe veille en permanence sur notre environnement pour être ainsi capable de nous alerter en cas de danger imminent. Tout dysfonctionnement de l'ouïe va engendrer un stress. Les effets extra-auditifs peuvent se manifester pour des expositions chroniques ou répétées à des niveaux faibles ou modérés.

L'étude réalisée en 2016 par le cabinet Ernst & Young (mise en ligne sur le site internet du CidB) fait ressortir différents effets extra-auditifs sont :

- Parmi les principaux effets il y a les **troubles du sommeil**.
- **Effets psychosociaux**, avec notamment une diminution éventuelle de la qualité de vie, une modification des attitudes et du comportement social (troubles du comportement et agressivité...).
- **Maladies cardio-vasculaires** : arythmie, accélération du rythme cardiaque, hypertension artérielle.
- **Perte directe de productivité**.
- **Conflits** avec les collègues du fait d'être plus irritable. Le bruit augmente l'angoisse et la nervosité et peut dans certains cas être à l'origine d'un syndrome dépressif.

L'étude de **Ma et al. (2017)** (22) réalisée au seul hôpital dentaire de Hong Kong, le Prince Philip Dental Hospital (PPDH), a défini un graphe (Figure 12) illustrant les différents types d'impacts d'une exposition sonore sur le comportement du CD :

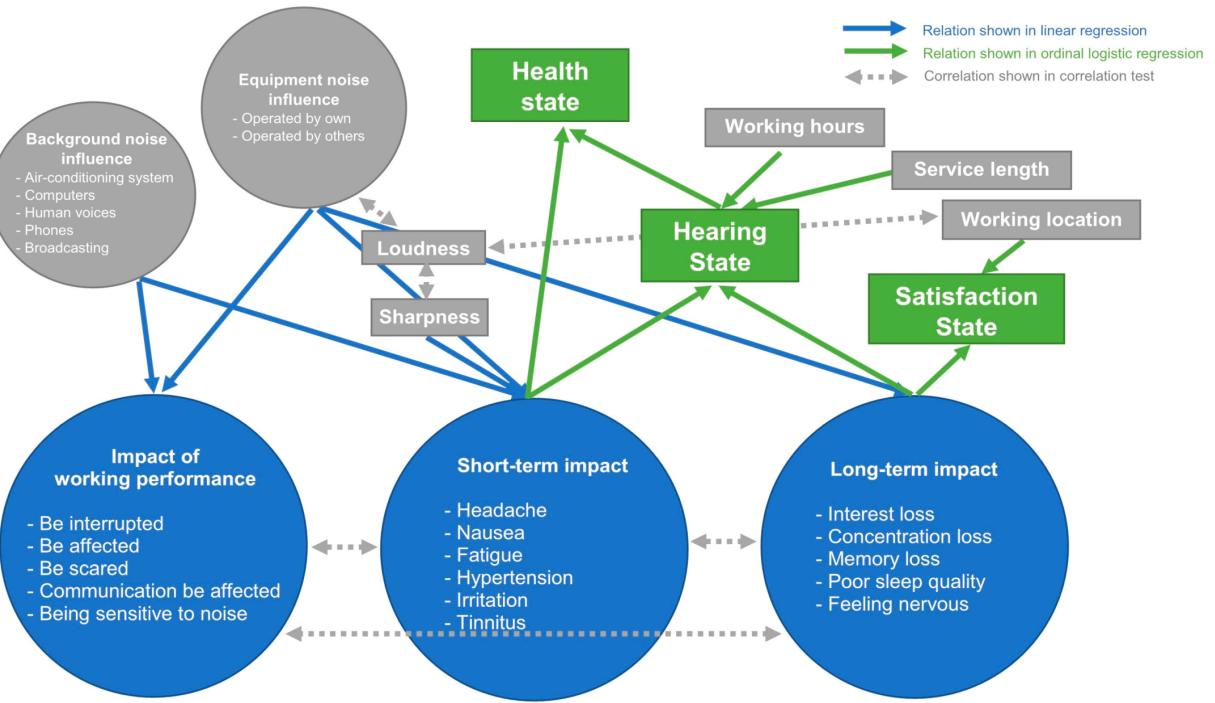


Figure 12 : Schéma des risques pour la santé des chirurgiens-dentistes reliés à différents paramètres environnementaux au travail (bruit de fond, localisation, heures de travail...) : impacts sur leur performance au travail et impacts à court et long terme sur leur santé (maux de tête, irritabilité, perte de mémoire, hypertension, perte de qualité de sommeil...) (22)

Ce schéma permet de comprendre que le CD est menacé à court ou long terme par des facteurs influant sur ses états physiologique et psychologique. Il y a des conséquences sur les performances de travail qui peuvent être diminuées. Peuvent aussi apparaître des maux de tête, des nausées, de l'hypertension, de la fatigue, des acouphènes des pertes de mémoire ou de concentration...

L'exposition au bruit est un facteur de risque pour la santé des professionnels dentaires. Il semble alors primordial pour le CD de maîtriser son environnement sonore.

3.3. Les données épidémiologiques

3.3.1. Les différences d'atteinte auditive en fonction de l'âge et du sexe

Selon l'étude de **Weatherton et al. (1972)** (23), il existe une différence statistiquement significative sur les seuils auditifs de 30 volontaires membres et étudiants du collège dentaire de l'université du

Tennessee. Ils ont été classés en 3 groupes selon leur âge. Cette étude conclut que le degré de perte auditive est lié à l'âge des sujets puisque le groupe le plus touché est celui des plus âgés. Cette étude montre qu'il est difficile de conclure de manière certaine que la perte d'audition chez les CD est due uniquement à l'exposition sonore et qu'il est fort probable que la baisse d'audition chez les CD plus âgés peut également s'expliquer par la presbyacousie (un vieillissement physiologique du système auditif). Les CD peuvent perdre de l'audition lors d'activités extra-professionnelles à risque pour les oreilles (chasse avec arme à feu, découpe de bois à la tronçonneuse...) et qu'ils peuvent attribuer par erreur une éventuelle perte auditive à l'utilisation quotidienne de pièces à main dentaires au cabinet. Il faut donc toujours rester prudent sur ce qui ressort d'une étude scientifique.

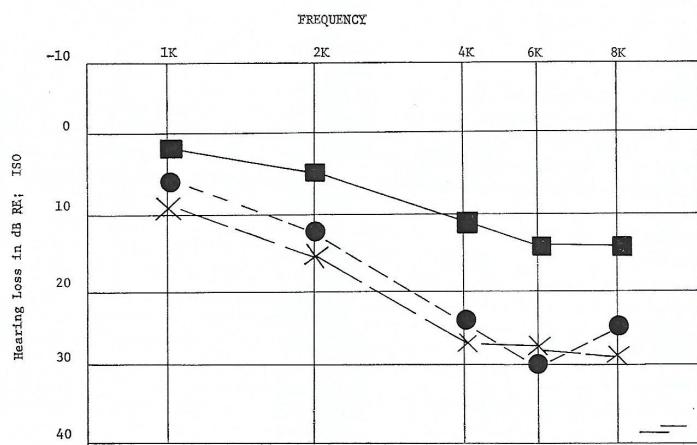


Fig. 1. Presbycusis loss compared to mean loss of right and left ears of Group III. Squares = Presbycusis. Circles = Right Ear. X = Left Ear.

Figure 13 : Comparaison des seuils auditifs entre un groupe d'âge moyen de 40,7 ans avec perte auditive due à une presbyacousie et le groupe 3 de l'étude de Weatherton et al. représenté par des chirurgiens-dentistes avec un âge moyen de 40,7ans (23)

La Figure 13 montre cependant que les CD d'âge moyen de 40,7ans (le groupe 3) ont des seuils auditifs plus bas que des sujets non CD et presbyacousiques de même âge (jusqu'à >10dB sur le 4000Hz et le 6000Hz). Une généralisation de ces résultats serait critiquable puisque le groupe 3 de cette étude ne rassemblait que 10 sujets et que tous les sujets de l'étude ont été testés dans le cadre de leur activité dans la faculté dentaire de Memphis et non en cabinet dentaire. Cette étude a au moins le mérite d'attirer notre attention sur le fait que l'environnement sonore autour du CD (instruments rotatifs bruyants, aspiration...) peut endommager plus rapidement l'audition qu'une simple presbyacousie, mais ce graphe ne constitue en rien une preuve suffisante. Ce ne sont pas les 6 mois d'utilisation des turbines pendant le cursus scolaire dans cette faculté qui occasionnent une baisse d'audition mais c'est subir cette exposition sonore sur plusieurs années (les enseignants testés qui enseignent à plusieurs promotions d'étudiants) qui provoquerait une baisse d'audition. Il est admis aussi que les conséquences auditives de

la presbyacousie se manifestent plutôt vers 60 ans donc parler de presbyacousie sur des personnes d'âge moyen de 40,7 ans semble discutable. Aucune cause certaine de surdité n'a cependant pu être associée à cette étude.

Parmi les études passées, plusieurs ont étudié l'impact du sexe du CD sur son audition. Les femmes CD ont-elles une meilleure ou moins bonne audition que les hommes CD ? Pour tenter d'y répondre, l'équipe de **Tero U. Lehto (1989)** (24) a suivi l'audition de 64 CD (20 de sexe masculin et 44 de sexe féminin) sur 15 ans. Cette équipe a tenu à étudier séparément l'évolution de l'audition des CD hommes et celle des CD femmes. Il a été observé que l'apparition de la baisse d'acuité auditive se manifeste plus tôt chez les CD hommes que chez les CD femmes. Les résultats de cette étude sont statistiquement non significatifs, avec des p-value comprises entre 0,05 et 0,45, et le nombre de sujets testés est faible. Les résultats doivent donc être interprétés prudemment.

Bali et al. (2007) (25) ont trouvé une différence significative sur la fréquence 3000Hz des hommes, avec une atteinte auditive plus marquée chez les CD hommes que chez les CD femmes (Figure 14).

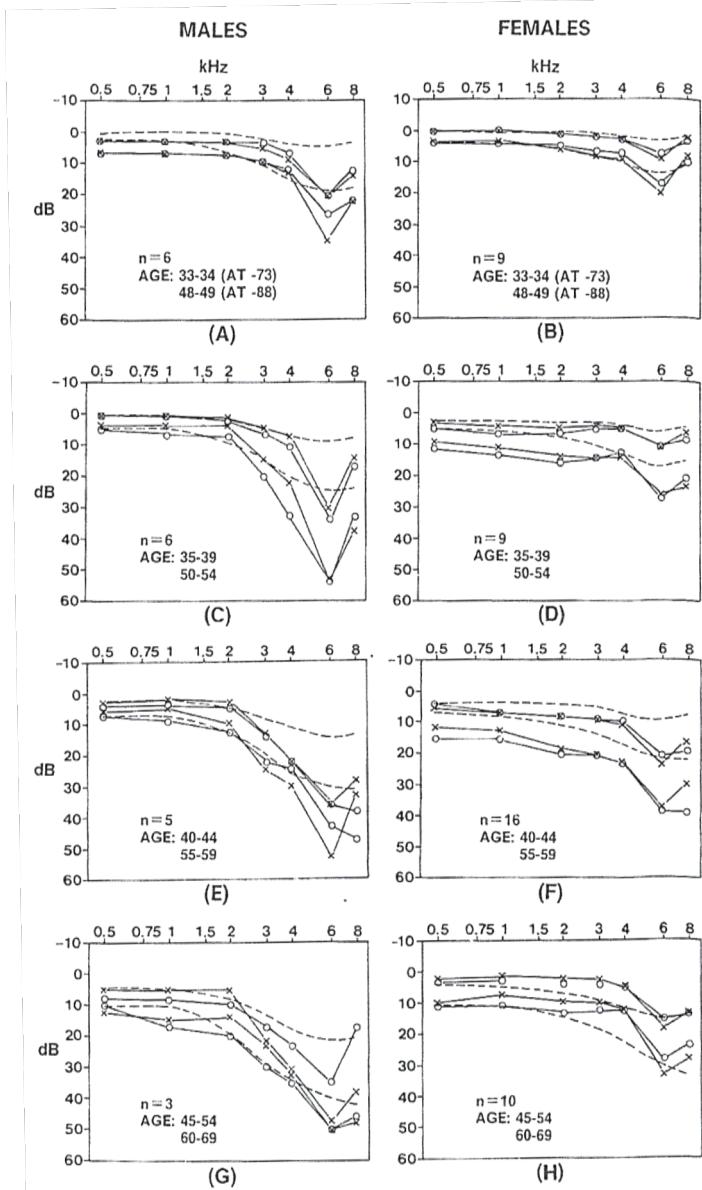


Fig. 1(A)-(H). Mean pure tone audiograms from right (—○—) and left (—x—) ears recorded in 1973 (upper set of audiograms in each figure) and those recorded in 1988 (lower set of audiograms in each figure). The upper and lower dotted curves (---) in each figure are the references by Spoor for the audiograms recorded in 1973 and 1988, respectively.

Figure 14 : Audiogrammes tonals des chirurgiens-dentistes hommes et femmes (dB en fonction de la fréquence), réalisés en 1973 et 1988 (25)

Les fréquences 4000Hz, 6000Hz et 8000Hz sont les fréquences les plus touchées, avec un scotome centré sur le 6000Hz. Cette étude de **Bali et al.** (25) montre aussi que l'atteinte auditive chez les CD, provoquée par l'utilisation quotidienne de fraises montées sur des instruments rotatifs, met plusieurs années à apparaître. Dans le groupe des CD femmes, la perte auditive semble non imputable à la presbyacousie (contrairement au groupe des CD hommes) car les audiometries tonales chez les CD

femmes ne révèlent pas d'atteinte prédominante sur les fréquences aiguës en « pente de ski », or l'atteinte auditive presbyacousique correspond à une perte brutale d'audition sur les fréquences aiguës. En 1973, les premières audiométries montrent que les CD hommes ont déjà une atteinte auditive plus marquée que chez les femmes. 15 ans plus tard il est logique qu'ils conservent cette surdité plus avancée. De manière générale, les hommes ne sont-ils pas plus sensibles à la presbyacousie que les femmes ? C'est la question que soulève cette étude.

3.3.2. La bande de fréquence touchée par la déficience auditive

L'étude réalisée par **Willershausen B. et al. (2014)** (26) s'inscrit dans la continuité d'une évolution des prises de conscience sur les risques de santé encourus par les CD. Dans cette étude les auteurs rapportent que les nouvelles turbines font plus de bruit que les anciennes pièces à main qui tournaient à 6000 tours/min et qu'elles génèrent un bruit avoisinant les 84dB. Ils rapportent aussi que l'usage d'une instrumentation rotative à haute fréquence induit des dommages auditifs, alors que d'autres études avancent le contraire comme celle de Ward et Holmberg (1969) ou encore celle de Storm Bono Susanna (2006) (31). Cette étude de Willershausen B. et al. a pour but d'évaluer les capacités auditives des CD pour faire apparaître ou pas une différence significative dans leur audition. Ainsi 115 sujets ont été testés au cours de cette étude, d'âge moyen de 51,7ans.

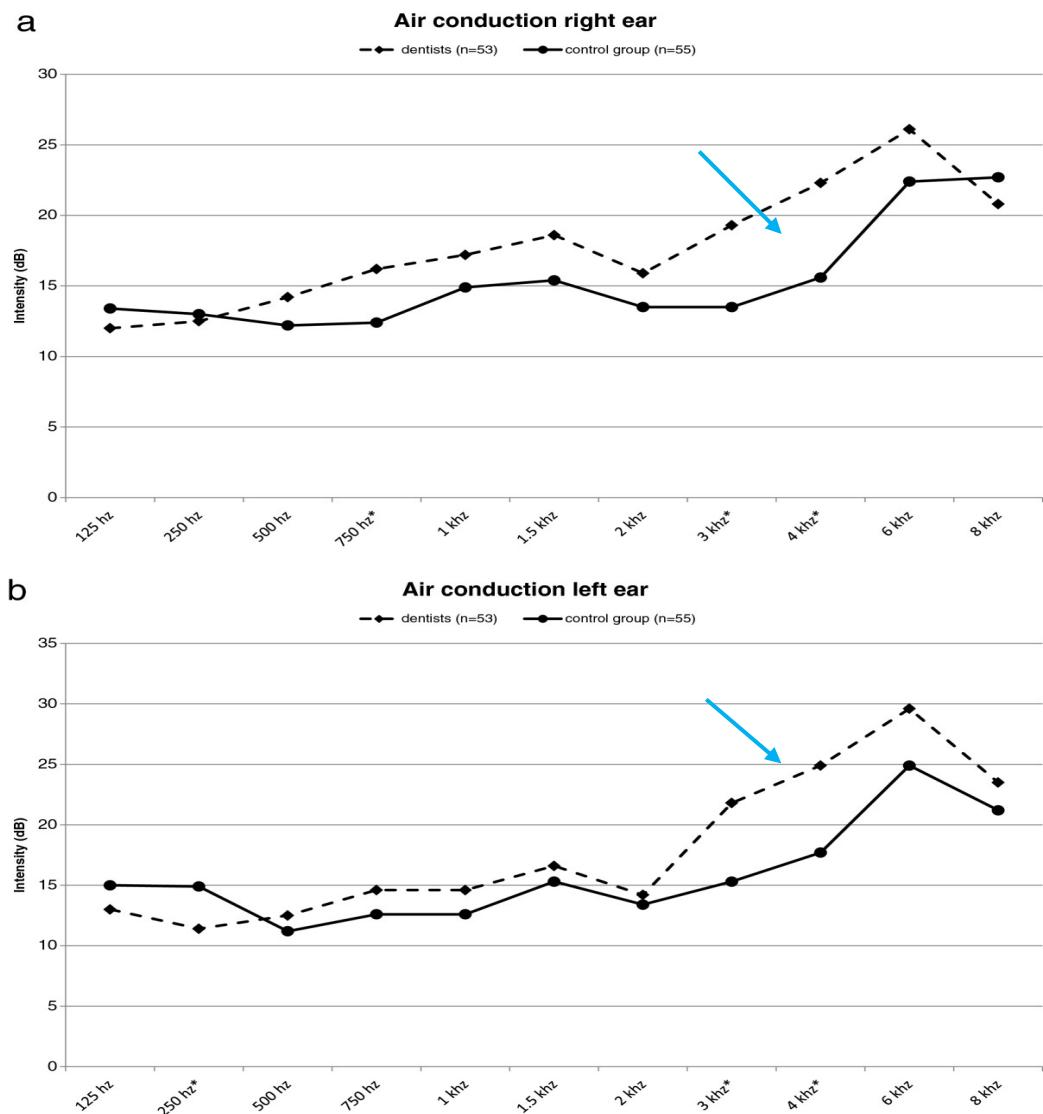


Figure 15 : Résultats des audiométries tonales (intensité sonore en fonction de la fréquence) en conduction aérienne des oreilles séparées du groupe des chirurgiens-dentistes comparés au groupe contrôle (26)

Une différence entre ces 2 groupes s'accroît sur la bande de fréquence **3000Hz-4000Hz** (Figure 15), mais pas sur le 6000Hz-8000Hz où l'étude de **Bali et al. (2007)** trouvait aussi une atteinte auditive. La Figure 15 montre une atteinte auditive ciblée préférentiellement sur les hautes fréquences, en revanche il est impossible d'en conclure d'où vient la différence entre les 2 groupes. Les critères de sélection suffisent-ils pour tenter d'y répondre ? Les auteurs admettent que tous les sujets sélectionnés proviennent d'une zone à forte pollution sonore (zone urbaine). Les résultats doivent donc ici être interprétés avec prudence.

Comparativement à la conduction aérienne, le même test audiométrique tonal a été réalisé en conduction osseuse (Figure 16). Ce type de conduction transmet le son par vibration ce qui permet de

tester directement l'oreille interne. L'oreille externe et l'oreille moyenne sont ainsi court-circuitées, ce qui permet de caractériser une éventuelle surdité de perception (avec atteinte de l'oreille interne). Il s'en dégage que nous observons moins de différence auditive entre les 2 groupes, dans l'oreille interne ou au-delà. Cela ne corrobore pas les résultats de la Figure 16. Il s'en dégage qu'il existe moins de différence auditive entre les 2 groupes. Cet écart entre les résultats de ces 2 types de tests (en conduction osseuse et en conduction aérienne) peut s'expliquer par un défaut de sélection des sujets, ayant par exemple des bouchons de cérumen ou autres obstacles générant une faible surdité de transmission au niveau de l'oreille externe ou moyenne.

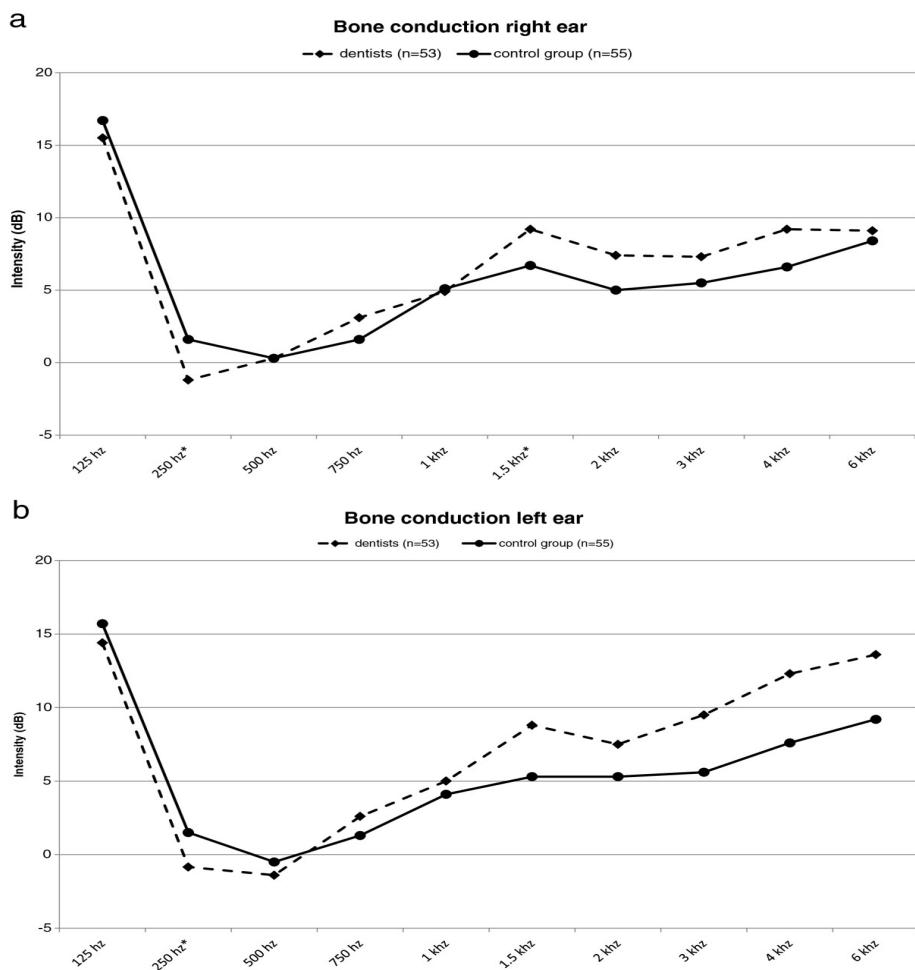
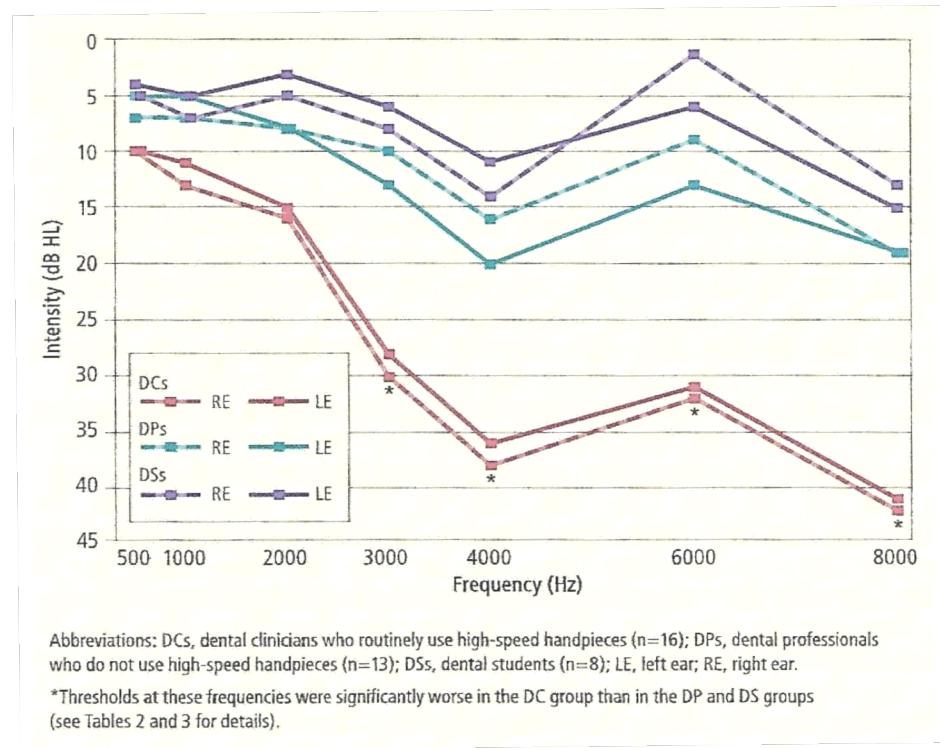


Figure 16 : Résultats des audiométries tonales (intensité sonore en fonction de la fréquence) en conduction osseuse des oreilles séparées du groupe des chirurgiens-dentistes comparés au groupe contrôle (26)

Une autre étude, celle de **Sarah M. Theodoroff et al. (2015)** (27), a eu pour but de comparer les seuils d'audition de CD, d'autres professionnels dentaires et d'étudiants dentaires. Les résultats sont montrés par la Figure 17 :



DCs = Dental Clinicians = 15 dentistes + 1 prothésiste

DPs = Dental Professionals = radiologues, manipulateurs de radio et administrateurs cliniques

DSSs = Dental Students = 8 étudiants dentaires

RE = Right ear

LE = left ear

Figure 17 : Seuils d'audition des 3 groupes étudiés (intensité en dB HL en fonction de la fréquence en Hz) (27)

Dans le groupe des DCs (le plus exposé au bruit), une déficience auditive est constatée de 2500Hz jusqu'à 8000Hz, avec des seuils allant jusqu'à 42dB environ, ce qui se rapproche des résultats de l'étude de **Tero U. Lehto (1989)** (24) qui montre une atteinte auditive sur la bande de fréquence 3000-8000Hz. Pour le groupe des DPs (le moins exposé au bruit), l'audition est considérée normale car les seuils auditifs sont au-dessus de la limite des 20dB, mais elle est plus dégradée que celle des étudiants (groupe DSSs). Dans cette étude il est reconnu que certains facteurs ont inclus des biais dans les résultats puisque l'âge et le sexe des participants n'ont pas été pris en compte, ainsi que la durée d'exposition au bruit et le type de pièce à main testée. En dépit de ces limites, le groupe des CD montre significativement une déficience auditive en utilisant quotidiennement des instruments rotatifs. Cette baisse d'audition sur les aigus peut aussi provenir d'autres facteurs aggravants comme des facteurs génétiques, ou un âge plus avancé, ou encore d'autres sources sonores auxquelles seraient confronté les CD sélectionnés dans cette étude, ou du nombre d'heures travaillées par jour...

L'étude effectuée par **Ünlü et al (1994)** (28) est aussi intéressante. Ces auteurs ont comparé l'audition de 25 CD (21 hommes et 4 femmes) par rapport à un groupe témoin n'ayant pas de troubles auditifs. Les sujets ont au minimum 5 ans d'expérience en cabinet dentaire et sont âgés au maximum de 35 ans, ce qui permet de ne pas introduire la presbyacousie comme biais dans cette étude. L'intérêt aussi de ce travail est qu'il teste l'audition jusqu'aux hautes fréquences, ce qui n'est pas le cas dans la plupart des autres études où souvent l'exploration auditive ne dépassait guère les 8000Hz. Les CD sélectionnés respectent bien les consignes de sécurité et de la santé au travail turques, qui recommandent que seulement 8 heures d'exposition continue quotidienne sont acceptables à un niveau sonore de 85dB(A), ce qui rejoint les autorisations du NIOSH (85dB(A) aussi) et se rapproche de la législation européenne (87dB(A)). Les résultats obtenus sont les suivants (Figure 18) :

Frequency (kHz)	The mean of hearing threshold (dB)	
	Normal Group	Dental Technician Group
0.125	7.08	20.45
0.25	5.00	19.89
0.5	4.44	16.93
1	6.11	15.34
2	4.72	17.39
4	6.94	23.75
6	14.44	23.75
8	14.58	24.17
10	19.44	26.93
12	24.86	29.48
14	33.05	36.05
16	46.28	47.67
18	53.75	54.54

Figure 18 : Moyenne en dB des seuils d'audition du groupe témoin et du groupe de CD testés en fonction de la fréquence testée (Hz) (28)

Une différence significative est observée sur le 125Hz-8000Hz par rapport à une audition humaine normale. L'originalité de cette étude est qu'elle montre que les fréquences graves sont aussi concernées, ce qui ne relève plus de la presbyacousie où l'atteinte auditive est uniquement sur les fréquences aiguës. La plus grande différence dans les seuils d'audition se trouve sur le 4000Hz, fréquence la plus touchée en cas de traumatisme sonore.

Toutes ces études ici citées montrent donc une atteinte auditive touchant plutôt l'audition des CD sur les hautes fréquences (sauf celle de **Ünlü et al.**) mais avec des différences notables sur les fréquences touchées.

3.3.3. Des niveaux sonores variables en fonction du matériel utilisé

En 1965, **Taylor et al.** ont évalué l'audition chez 70 CD et 29 enseignants en faculté dentaire (29). Leurs travaux ont conclu sur le fait que les nouvelles turbines étaient moins bruyantes que les anciennes pièces à main à roulement à bille mais que malgré ce constat, les CD avaient des seuils d'audition dégradés sur les hautes fréquences. Les CD ayant exercé de 3 à 7 ans manifestaient une baisse d'audition significative sur le 4000-6000Hz et cela leur provoquait un « handicap social ».

Ces résultats sont à opposer à ceux avancés en 1969 par **Ward et Holmberg** (30) qui ont réalisé une étude sur 156 CD du Minnesota où ils conclurent que le danger auditif des turbines restait négligeable. Cela reflète le fait que la recherche scientifique se nourrit d'avis contradictoires qui doivent être confrontés et discutés.

L'étude de **Susanna Storm Bono (2006)** (31) consiste à rechercher si les pièces à main dentaires sont dangereuses ou pas pour le système auditif des professionnels en cabinet dentaire. Dans ce but, il a été mesuré les niveaux d'intensité sonore en sortie de 6 pièces à main de marque différente et travaillant sur différents types de matériaux tels que les composites, l'or, les métaux non précieux, la porcelaine, l'émail des dents et l'amalgame. Les pièces à main testées étaient : **647 Kavo High Speed, 635 Kavo Pedo, Japanese Generic Full Size, Japanese Generic Pedo, Titan Sonic Scaler, and the Piezo ProSelc.** Chaque instrument a été mesuré à une distance de 6 pouces, 12 pouces et 18 pouces. Parmi les résultats de l'étude, seront présentés ci-dessous seulement ceux de 2 des 6 pièces à mains étudiées (Figure 19) :

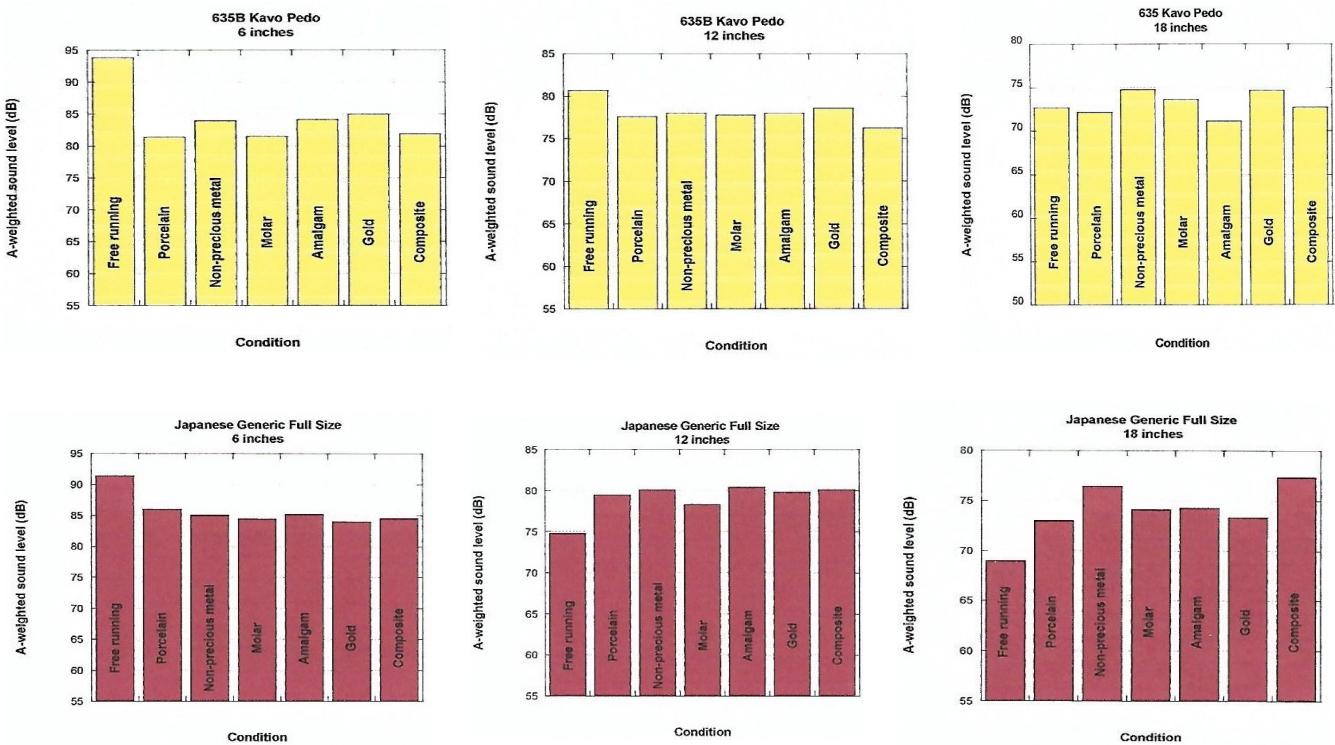


Figure 19 : Valeurs des niveaux de sortie (dB(A)) en fonction des différents matériaux (différentes conditions) et de la distance (6", 12" et 18") pour 2 pièces à main de marques différentes (635B Kavo Pedo et Japanese Generic Full Size) (31)

Les inserts à ultrason n'ont pas été étudiés dans cette étude car leur utilisation n'est pas la même que celle des fraises utilisées sur les instruments rotatifs. Les résultats ainsi obtenus n'auraient pas pu être comparés avec ceux présentés ci-dessus, en somme les inserts ne servent pas à supprimer de la matière dentaire ou autres matériaux prothétiques. Ce qui ressort de cette étude est que ni les pièces à main, ni les inserts ne sont dangereux pour l'audition des CD, et ce quel que soit le matériau en bouche, et quel que soit la distance par rapport à l'oreille du praticien. Ces données ont été comparées avec les normes OSHA (Occupational Safety and Health Administration) qui est une agence gouvernementale américaine qui considère qu'il y a un risque de perte auditive pour une exposition sonore supérieure ou égale à 90dB(A) sur une durée de 8h (31). Sur une durée de 8 heures de travail en cabinet dentaire, le CD ne va pas utiliser la pièce à main de manière continue et certains l'utiliseront plus que d'autres, suivant l'agenda du cabinet ou même suivant l'activité spécifique du CD. Il est alors très difficile de comparer le temps d'exposition entre plusieurs praticiens.

C'est avec la pièce à main Japanese Generic Pedo que les niveaux de sortie étaient en moyenne plus élevés qu'avec les autres pièces à main, sans aucune raison apparente et que fraiser un matériau différent ne provoque pas de différence majeure sur l'intensité sonore du fraisage produite.

Cette étude montre aussi d'autres limites puisque toutes les pièces à main disponibles sur le marché actuel n'ont pas été testées, et il faut reconnaître que les pièces à main ne sont pas les seules sources

sonores potentiellement nuisibles pour l'audition en cabinet : les aspirations, autoclaves et d'autres appareils viennent se rajouter aux sons émis par les pièces à main. Il aurait pu également être étudié le paramètre de la fréquence d'émission qui peut toucher préférentiellement certaines fréquences plutôt que d'autres.

Kilpatrick, dans une autre étude menée en 1981 (32), a listé les intensités sonores générées par les pièces à main à haute vitesse (70-92 dB SPL), les inserts à ultrasons (86 dB SPL), les vibreurs pour la coulée du plâtre (84 dB SPL), et les pièces à main à basse vitesse (74 dB SPL). Ces résultats ont été obtenus en 1981 et il est évident qu'aujourd'hui, avec l'avancée technologique, si nous les refaisions il y aurait des différences significatives avec ceux trouvés par Kilpatrick. Néanmoins ces résultats reflètent encore le fait que les intensités sonores des machines et appareils utilisés en cabinet sont très variées.

Bien que l'âge individuel et la susceptibilité puissent jouer un rôle important dans la perte d'audition, l'intensité du bruit, la distance qui le sépare de la source de bruit et la durée totale du bruit sont des facteurs importants pour l'audition. Les intensités sonores de la pièce à main dentaire Kavo, de la turbine Kavo et d'autres appareils dentaires (compresseur d'air, machines au laboratoire) ont été mesurées à une distance de 35cm dans l'étude menée par **Salma Bahann et al. (1993)** (33). Les machines du laboratoire sont les plus bruyantes avec 81,42dB, suivies par le compresseur d'air avec 74,95dB et la turbine avec 72,91dB puis la pièce à main avec 69,71dB. Ces résultats sont en accord avec les travaux de **Mueller et al. (1986)** (34) et de **Kilpatrick (1981)** (32) qui indiquent que les turbines génèrent plus de bruit que les pièces à main basse vitesse. La conception structurelle, telle que la masse et le type de matériau utilisé dans la construction de la pièce à main est responsable des différences d'intensité et de fréquence du bruit.

L'étude de **J. Myers et al. (2017)** (36) a montré que l'intensité sonore délivrée par des pièces à main dentaires de différentes marques testées oscillent entre 70,4dB(A) et 83,4dB(A). En somme, aucune pièce à main ne dépasse le niveau de bruit maximal de 85dB sur une journée moyenne de 8h de travail, autorisé par le National Institute for occupational safety and Health (NIOSH) (35), qui est une agence fédérale américaine chargée d'assurer la prévention des accidents du travail et des maladies professionnelles et de formuler des recommandations. En revanche, l'aspiration obstruée atteint 96,5dB(A) et l'aspiration associée à une pièce à main génère 94,8dB(A), ce qui dépasse largement les 85dB(A) autorisé par le NIOSH, et représente donc un danger potentiel d'exposition sonore. Cela dépasse aussi les 87dB(A) fixés par la législation européenne. Les résultats sont présentés dans la Figure 20 :

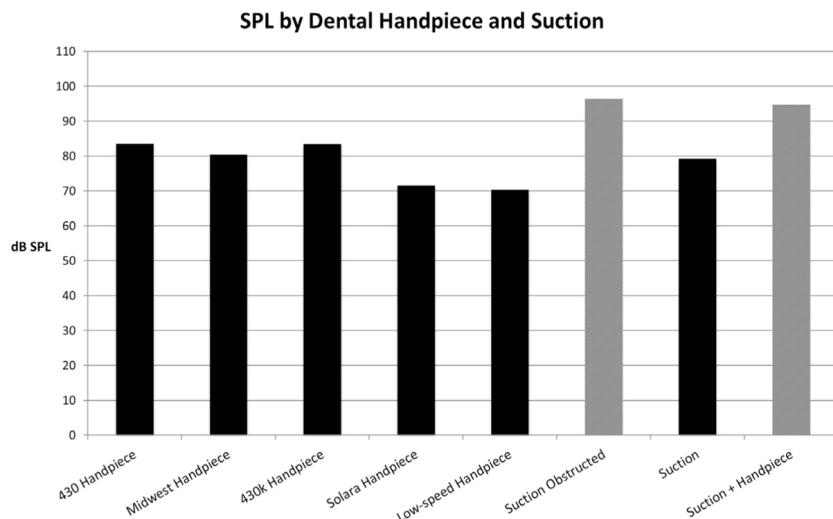


Figure 20 : Niveau de pression acoustique dB(SPL) en fonction du type de pièce à main utilisé et de l'association ou pas de l'aspiration (36)

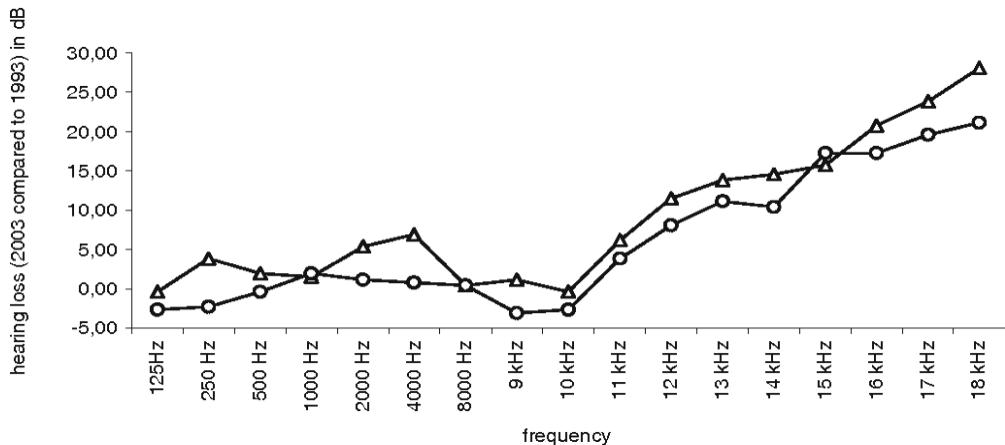
D'après cette étude, il apparaît que dans un cabinet dentaire ce sont les aspirations obstruées ou l'association aspiration-pièce à main qui sont le plus dangereux en termes d'intensité sonore et non l'utilisation simple de pièce à main.

3.3.4. L'atteinte asymétrique de l'audition

Des études cliniques ont mis en avant le fait qu'une oreille pouvait être préférentiellement plus touchée que l'autre sur le plan auditif lors de la pratique dentaire.

Tout d'abord, l'étude réalisée par **Gijbels et al. (2005)** (37) est une étude intéressante qui retrouve une atteinte auditive préférentielle sur l'oreille gauche et sur la fréquence de 4000Hz, en accord avec d'autres études plus anciennes, conduite par **Rahko et al. (1988)** (38), ou encore par **Tero U. Lehto (1989)** (24). Pour cela, les chercheurs ont testé l'audition d'un groupe de 13 étudiants en première année de dentaire en Flandre (belgique) puis ils ont de nouveau testé leur audition dans les mêmes conditions, 10 ans plus tard, c'est à dire en 2003, après 5 ans d'exercice. Tous les sujets inclus dans l'étude avaient le même âge. Six de ces CD sont omnipraticiens, trois font de la prothèse, trois pratiquent la parodontologie et le dernier est endodontiste exclusif. Ce qui est intéressant ici c'est que le paramètre « spécialité dentaire » est pris en compte, c'est à dire que les scientifiques ont ici pris conscience que le temps d'exposition aux turbines ou autres instruments rotatifs n'est pas le même entre chaque spécialité dentaire et ils ont étudié l'impact de ce paramètre sur l'audition.

Le résultat des tests auditifs réalisés est résumé dans la Figure 21 :



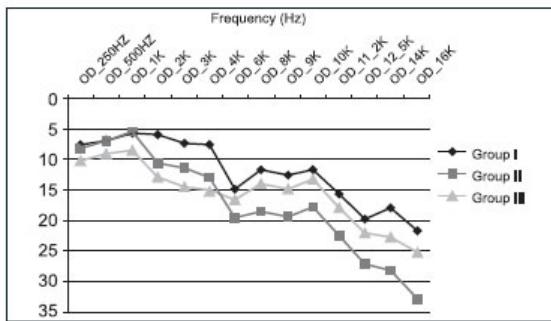
Δ = moyenne de perte auditive sur l'oreille gauche

O = moyenne de perte auditive sur l'oreille droite

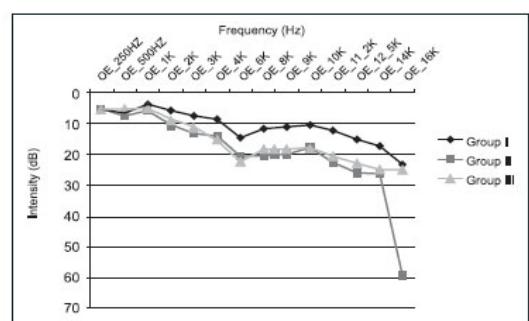
Figure 21 : Différences de perte auditive entre les audiogrammes réalisés en 1993 et 2003, oreilles séparées (perte auditive en dB(HL) en fonction de la fréquence en Hz)(37)

La différence de perte auditive varie de +5dB(HL) ou -5dB(HL) sur chaque fréquence, sauf sur le 250Hz et le 4000Hz pour l'oreille gauche. De même, il existe une perte auditive évidente sur les hautes fréquences (ici à partir du 12000Hz). Le 4000Hz est une fréquence de référence pour les traumatismes sonores. Cela signifie-t-il que les CD concernés ont subi un traumatisme sonore ? Il aurait été intéressant de faire les mêmes tests auditifs mais en séparant les sujets en fonction de leur spécialité dentaire pour voir si une spécialité dentaire est plus dangereuse qu'une autre sur le plan auditif. Cette étude conclut aussi sur le fait qu'elle estime que la profession dentaire, en accord avec d'autres études antérieures (38) (39), n'est pas une profession à risque sur le plan auditif, par rapport à un groupe contrôle. Le fait que l'oreille gauche soit plus touchée que l'oreille droite pourrait s'expliquer par le fait que pour des CD droitiers, l'instrumentation rotative est plus proche de l'oreille gauche (tous les CD de cette étude étaient droitiers). Des résultats semblables auraient-ils été observés avec des CD gauchers ?

Toutes les études réalisées n'ont pas toutes eues les mêmes conclusions. En effet, l'étude de **Andrea Cintra Lopes et al. (2011)** (40) a conclu que c'était l'oreille droite plutôt qui était plus touchée que la gauche. 108 volontaires ont participé à cette étude : 44 CD (groupe 1 = 16 hommes et 28 femmes âgés de 23 à 57 ans), 36 assistantes dentaires femmes (groupe 2 = âgées de 21 à 59 ans) et 28 prothésistes (groupe 3 = 17 hommes et 11 femmes âgés de 17 à 53 ans). Tous devaient justifier d'au moins 2 ans d'exercice professionnel. Une audiométrie tonale a été réalisée sur chacun des participants (Figure 22) :



Graph 1. Hearing thresholds of the right ear in all of the tested groups.



Graph 2. Hearing thresholds of the left ear in all of the tested groups.

Groupe I = CD âgés de 23 à 57 ans

Groupe II = assistantes dentaires âgées de 21 à 59 ans

Groupe III = prothésistes âgés de 17 à 53 ans

Figure 22 : Audiogrammes tonals (intensité sonore (dB) en fonction de la fréquence) des oreilles droite et gauche des 3 groupes testés (40)

L'analyse des données a révélé que 65 participants étaient gênés par le bruit au travail, 50 personnes ont déclaré avoir des difficultés de compréhension, 8 sujets ont servi dans l'armée, 11 participants ont eu un traumatisme sonore et 35 personnes ont dit avoir des activités extra-professionnelles bruyantes. De plus les écarts d'âge dans chaque groupe sont trop importants pour pouvoir tirer des conclusions objectives sur l'évolution de l'audition de chaque personne ayant participé à cette étude. De même que 2 ans d'exercice professionnel semblent être une trop courte durée pour montrer si l'exposition au bruit au travail a eu un impact ou pas sur l'audition. **Taylor et al. (1965)** (41) ont affirmé qu'il fallait entre 3 et 7 ans d'exposition sonore au bruit des turbines pour endommager l'audition des CD. Néanmoins, il s'avère que le groupe des prothésistes semblent avoir l'audition la plus faible sur le 500Hz-2000Hz et sur le 3000Hz-6000Hz. Pour les hautes fréquences, de 9000Hz à 16000Hz, ce sont les assistantes dentaires qui ont la moins bonne audition. Cette étude n'a cependant pas pu conclure sur d'éventuels problèmes d'audition dans les 3 groupes testés.

Une autre étude intéressante, menée par **Bander M et al. (2016)** (42) a recherché quelles étaient les sources sonores émettant dans les hautes fréquences endommage le plus l'audition des CD par rapport à celle d'un groupe témoin. Les résultats en audiometrie tonale n'ont montré aucune différence significative or ceux en produits de distorsion des otoémissions acoustiques ont fait apparaître une différence significative seulement sur l'oreille gauche. Cette différence s'expliquerait par les aspirations au fauteuil qui se trouve le plus souvent côté oreille gauche du CD droitier (97% des CD testés ici sont droitiers). Le test des otoémissions acoustiques est un test objectif, ce qui donne plus de poids aux

résultats de cette étude. Cependant elle repose seulement sur la participation de 38 CD, où 39,47% sont des femmes, tous âgés de 40 ans au maximum, ce qui est loin de représenter parfaitement la population de CD.

L'étude de **Neeraj Bali et al. (2007)** (25) a étudié l'audition de 45 étudiants en dentaire mais seulement 32 étudiants (23 femmes et 9 hommes) remplissaient totalement les critères d'inclusion, c'est à dire 32 étudiants n'avaient ni toux, ni rhume, ni bouchons d'oreille ou autre problème d'audition. Ils étaient tous droitiers avec 26 ans de moyenne d'âge, un âge excluant toute presbyacousie. Les tests auditifs réalisés étaient certes une audiometrie tonale mais également une tympanométrie pour éliminer les anomalies de l'oreille moyenne (cela permet de tester la compliance du système tympano-ossiculaire) et une mesure des produits de distorsion des otoémissions acoustiques (onde sonore générée par les cellules ciliées externes dans l'oreille interne) qui sont des tests auditifs objectifs alors que l'audiométrie tonale est un test auditif subjectif. Cela constitue l'originalité de cette étude. Les résultats de la mesure des otoémissions acoustiques montrent un décalage d'amplitude des produits de distorsion plus importants sur le 4000Hz et 6000Hz de l'oreille gauche des participants à l'étude, et le 6000Hz sur l'oreille droite, ce qui signifie qu'une atteinte auditive est plus marquée sur l'oreille gauche que sur l'oreille droite. Cela peut s'expliquer par un phénomène d'ombre de la tête qui va atténuer de 10-15dB le son sur l'oreille droite par rapport à l'oreille gauche. Cela corrobore les résultats trouvés dans les travaux de **Taylor et al. (1965)** (41) ceux de **Zubick et al. (1980)** (43) ou encore ceux de **Bander M et al. (2016)** (42) qui montrent qu'il est généralement admis que l'oreille gauche des CD droitiers est plus proche de l'aspiration dont l'intensité sonore serait plus dangereuse pour l'oreille gauche.

3.3.5. Durée d'exposition

Les études de **Schubert et al. (1963)** (44), de **Cantwell et al. (1965)** (45) et de **Harold C. Kilpatrick (1981)** (32) illustrent le fait que les pièces à main sont utilisées en continu pendant 12 à 45 minutes en moyenne sur une journée de 8 heures. Le niveau sonore qu'une pièce à main devrait émettre pour être considérée comme dangereuse, pendant 12 à 45 minutes d'utilisation, devrait être aux alentours de 105 dB (A) jusqu'à 140 dB (A), ce qui n'est pas le cas. Ces valeurs ont été trouvées en se référant à la Figure 4 de l'étude menée par **Susanna Storm Bono (2006)** (Figure 23) (31) :

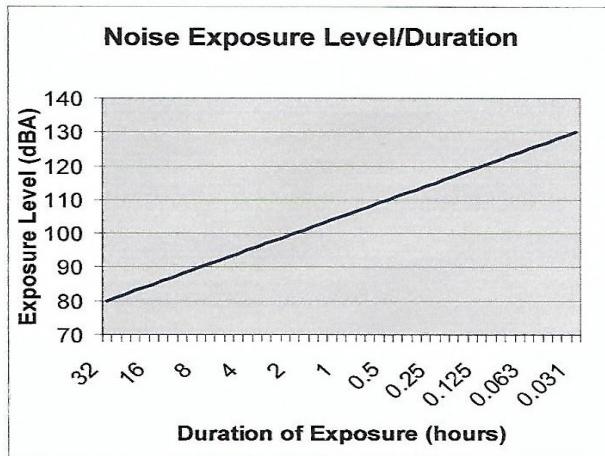


Figure 23 : Courbe de corrélation entre le niveau d'exposition sonore en dB(A) et la durée d'exposition sonore (en heures) (46)

La Figure 23 montre les niveaux d'exposition maximum à ne pas dépasser en fonction du temps d'exposition. Plus le temps d'exposition diminue et plus le niveau maximal d'exposition à ne pas dépasser augmente.

En plus de la durée journalière d'exposition aux nuisances sonores, le nombre d'années d'exposition est aussi un paramètre à prendre en compte. Pour cela, l'étude de **Khaimook et al. (2014)** (47) a justement inclus ce paramètre dans ses critères d'inclusion.

Dans cette étude prospective, **Khaimook et al.** (47) ont étudié la prévalence de la perte d'audition dans une population de 76 professionnels dentaires (31 dentistes, 41 assistant(es) dentaires et 4 techniciens dentaires) d'une faculté dentaire en Asie, âgés de moins de 50 ans et séparés en 2 groupes : un de moins de 15 ans d'expérience professionnelle et un autre de plus de 15 ans d'expérience. Cette étude a aussi le mérite de s'appuyer sur une forte représentation féminine de la profession puisque 70 des 76 CD qu'elle inclut sont des femmes. Dans ce personnel dentaire l'étude révèle une prévalence de perte d'audition de 15,7% sans différence avec le groupe contrôle ne travaillant pas dans le milieu dentaire, ce qui signifie qu'il n'est pas possible d'affirmer que travailler dans le domaine dentaire ait un impact sur l'audition. Ce travail met en avant plusieurs facteurs de risque avec la perte d'audition chez les professionnels dentaires, dont celui d'une expérience de plus de 15 ans. Par contre ils précisent que, dans le passé, les instruments dentaires étaient plus bruyants mais restaient sans danger pour l'audition humaine. La cause de la baisse d'audition observée ici pourrait s'expliquer par l'âge ou par des activités extra-professionnelles bruyantes et dangereuses pour l'audition. A l'inverse des études menées par **Schubert et al. (1963)** (44), **Cantwell et al. (1965)** (45), **Kilpatrick (1981)** (32) et **Susanna Bono Storm** (31), cette étude ne prend pas en considération le nombre d'heures travaillées par jour. Il est donc

là aussi difficile de conclure sur le lien de cause à effet entre le nombre d'années d'expérience et la baisse d'audition liée à un environnement sonore professionnel trop bruyant. Associer le nombre d'heures de travail par jour avec le nombre d'années d'expérience dans une étude permettrait d'obtenir des résultats plus représentatifs de leurs conséquences auditives.

Des études scientifiques passées ont montré que pour des CD d'âge égal, plus le nombre d'années d'exercice augmente et plus la perte auditive est importante (23), (48).

3.3.6. *Les pathologies observées*

Dans un premier temps la pathologie de l'acouphène sera abordée. Le nombre d'études ayant étudié la présence d'acouphènes au sein de la population des CD est très restreint. Parmi ces études, celle de **J. Myers et al. (2017)** (36) dévoile quelques chiffres (Figure 24) :

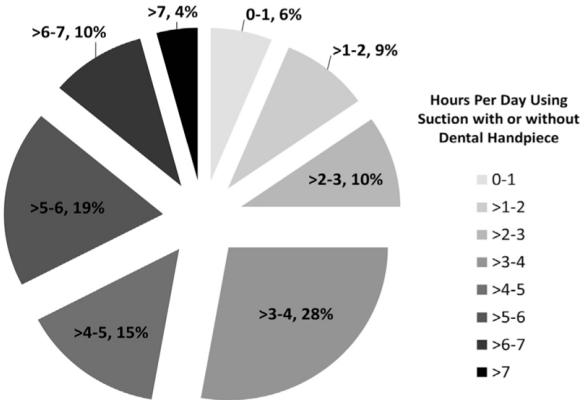


Figure 24 : Schéma de prévalence des acouphènes chez les chirurgiens-dentistes en fonction de la durée d'utilisation quotidienne (en heures) d'aspiration, avec ou sans pièce à main (36)

Ce graphe indique que le risque d'avoir des acouphènes augmente avec la durée d'utilisation quotidienne des aspirations et pièces à main. 395 mails ont été envoyés aux membres de la Oklahoma Dental Association (ODA) et 144 ont eu une réponse. Ces mails contenaient des questionnaires relatifs à la baisse d'audition liée au travail, aux acouphènes, à l'âge des CD ayant répondu... Près d'un sujet ayant répondu sur 3 a déclaré avoir déjà eu des acouphènes. Parmi eux, 2% sont des acouphènes dits « très gênants », 31% dits « quelque peu gênants », 64% comme constant. 17,8% des CD acouphéniques de l'étude prétendent avoir un acouphène plus gênant en fin de journée, c'est à dire après une journée passée dans l'environnement sonore de leur cabinet dentaire. 26,7% associent leur acouphène comme une conséquence de leur exercice dentaire et 53,3% des sondés, c'est à dire la majorité, déclarent ne pas

être sûr que leur acouphène soit dû à la pratique dentaire. Bien sûr que ces résultats, issus d'un questionnaire sont loin d'être exhaustifs mais ils donnent un premier aperçu de l'impact des acouphènes dans la pratique dentaire.

Les synaptopathies constituent le deuxième type de pathologies observées. Les récents travaux de **Kujawa et Liberman (2009)** (49) ont montré que sur les souris les surexpositions sonores provoquent une surélévation transitoire du seuil d'audition mais n'entraînent pas de perte primaire de cellules ciliées. Cette perte des cellules ciliées est secondaire. Elles entraînent une perte irréversible de synapses entre les cellules ciliées internes et les fibres nerveuses cochléaires en moins de 24h. Une perte décalée dans le temps et plus périphérique du nerf cochléaire intervient à la suite de cette perte synaptique. L'étude récente de **Liberman et al. (2015)** (50) constitue une avancée dans la recherche sur le fonctionnement des synapses en étudiant leur fonctionnement sur les souris. **Liberman et al. (2015)** montrent ici, qu'après une surexposition sonore des souris à 98dB(SPL) pendant 2h, celles-ci subissent en effet des pertes de synapses entre les CCI et les fibres nerveuses du nerf cochléaire mais qu'il existe une régulation négative avec une sous-expression des R au Glutamate post-synaptiques, comme un moyen de défense des neurones auditifs. Ils montrent aussi que la réorganisation neuronale qui en découle est irréversible et touche principalement les fibres nerveuses à bas seuils de déclenchement de potentiel d'action et d'activité spontanée élevée ($>0,5$ potentiel d'action par seconde). Il reste à chercher des similarités chez l'homme afin de mieux comprendre comment fonctionne notre audition et de mieux nous prémunir des risques auditifs.

En conclusion de tous ces travaux, il apparaît difficile d'établir un lien direct entre la pratique dentaire et des troubles auditifs associés, même si cette pratique semble pour le moins les aggraver. Ces études sont difficilement comparables du fait des différences de taille des échantillons, des différences dans le matériel de mesure audiométrique utilisé, des différences d'exposition sonore entre les CD testés, des différences d'âge et d'habitude de vie des CD... Réaliser une étude surveillant l'audition des CD sur une plus longue durée dans le temps et avec un échantillon plus important de CD inclus dans cette étude permettrait d'obtenir des informations plus précises sur l'origine professionnelle ou pas de la perte d'acuité auditive dans le milieu professionnel dentaire. Les assistant(e)s dentaires pourraient également être inclus(es) dans cette étude car nous pouvons supposer qu'ils ou elles sont confronté(e)s aux mêmes risques auditifs que le CD, travaillant aussi au fauteuil autour du patient. Après avoir passé en revue la littérature scientifique traitant des risques auditifs auxquels sont confrontés les CD, nous allons maintenant aborder les différents moyens de prévention et de protection dont disposent les CD pour protéger leur acuité auditive.

III LES DIFFERENTS MOYENS DE PREVENTION ET DE PROTECTION

Tout au long de ce travail nous avons tenté de mettre en avant les risques auditifs encourus par les CD dans leur pratique quotidienne. Nous allons maintenant dans une dernière partie discuter des moyens dont ils disposent pour s'en prémunir. Nous parlerons dans un premier temps du contrôle à réaliser sur leurs instruments, puis de la gestion de leur « espace » au cabinet. Par la suite, nous présenterons les différents types de protections auditives disponibles sur le marché aujourd'hui, puis enfin nous finirons par recueillir les données de la littérature scientifique.

1) Le contrôle des instruments utilisés par le chirurgien-dentiste

Le CD attend de son matériel qu'il soit performant, fiable, qu'il respecte les conditions d'asepsie, qu'il soit ergonomique... Il doit cependant prendre en considération d'autres critères comme celui du niveau sonore délivré par ses instruments rotatifs ou autres équipements bruyants comme l'aspiration au fauteuil. Il faut donc agir sur l'émission du bruit afin de la réduire, sur la perception des sons par le CD (par des protections auditives) et sur la propagation des ondes sonores dans les locaux du cabinet (réverbération acoustique).

L'arrivée sur le marché des turbines à air (dans les années 1960) a diminué le niveau sonore de 10dB par rapport à celui délivré par les turbines à roulement à bille (1957). Il est donc aujourd'hui préférable de privilégier les turbines à air qui sont moins bruyantes (51). Outre le risque concernant l'intensité sonore des turbines, celles-ci constituent aussi un risque pour l'audition du fait de leur large spectre d'émission fréquentiel (de 3900Hz à plus de 12500Hz) qui va dégrader l'audition sur une plus large bande de fréquence que d'autres instruments bruyants. L'utilisation des contre angles bagues rouges peut aussi être une alternative aux turbines car ils sont moins bruyants.

La littérature scientifique a aussi montré que l'association pièces à main/turbines avec les aspirations atteint des intensités sonores dangereuses pour l'audition, même si le CD n'est pas exposé 8 heures en continu par jour (32), (44) et (45). Pour cela, le CD doit veiller autant que possible à raccrocher l'aspiration au plus tôt après son utilisation pour diminuer son temps d'utilisation et donc réduire les nuisances sonores.

En ce qui concerne le compresseur, il est préférable qu'il soit dans une salle autre que la salle de soins, dans un caisson insonorisé afin de réduire son niveau d'émission sonore.

2) Un aménagement optimisé des locaux

L'isolation acoustique semble ici être de rigueur afin de feutrer le fond sonore au cabinet et d'instaurer une ambiance de travail calme. Dans ce but, le CD peut faire appel à des entreprises de « design sonore » afin de gérer :

- La **propagation** du son dans le cabinet
- L'**isolation acoustique** des murs, des fenêtres, du plafond et des sols
- Le **temps de réverbération** de la salle de soin
- Le choix d'une instrumentation la moins bruyante possible...

Le schéma qui suit (Figure 25) permet de mieux comprendre la manière dont le son se propage devant un mur :

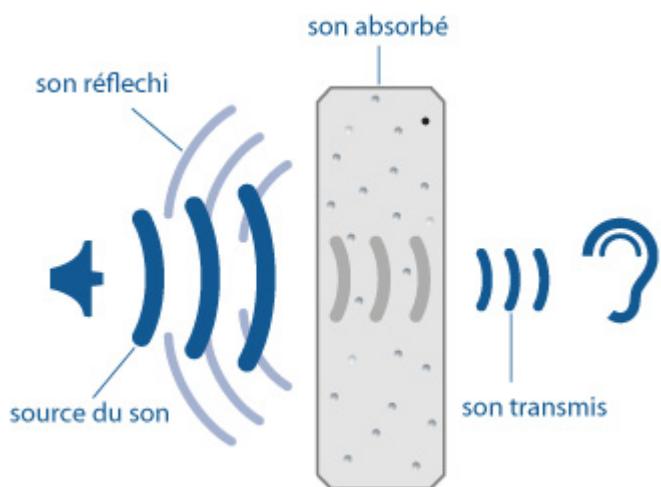


Figure 25 : Schéma représentant les différents types de propagation d'une onde sonore sur un mur (d'après le site internet <https://www.cellumat.fr>)

Une partie du son émis est réfléchie, une autre est transmise et la dernière partie est absorbée par le mur.

La partie du son qui est transmise peut-être atténuée par un mur avec des propriétés d'isolation acoustique.

Le schéma ci-dessous (Figure 26) explique le principe d'isolation acoustique d'une paroi séparative :

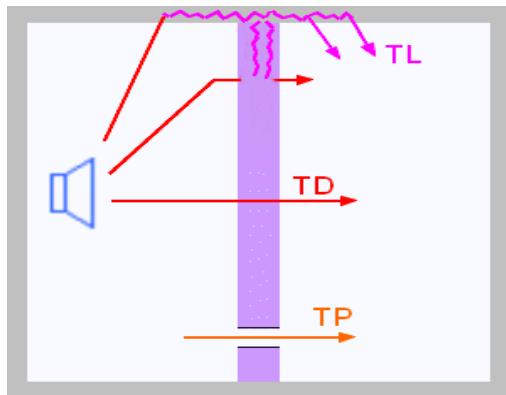


Figure 26 : Schéma explicatif pour comprendre le degré d'isolation acoustique d'un mur (d'après le site internet <http://www.gramme.be>)

Il est montré ici que lorsqu'un son est émis dans un local d'émission (à gauche sur le schéma), il sera transmis de 3 façons différentes dans le local de réception (à droite sur le schéma) :

- Par TD = transmission directe à travers la paroi séparative principale
- Par TL = transmission latérale via les parois liées à la paroi séparative principale
- Par des TP = transmissions parasites par accident (joint sous la porte, canalisation...)

L'isolation acoustique (Ia) est alors :

$$Ia \text{ (en dB)} = L2 - L1, \text{ avec } L2 \text{ (niveau sonore du local de réception)}$$

et L1 (niveau sonore du local d'émission)

Cette isolation acoustique de la paroi séparative dépend alors de la masse volumique du matériau choisi et de sa fréquence critique (fréquence où se produit un phénomène de résonance, en coïncidence avec la fréquence du son émis), sachant que plus la paroi est dense et plus elle absorbe le son, c'est à dire plus son indice d'affaiblissement acoustique est élevé. La fréquence critique de la paroi doit tomber dans une zone inaudible par l'oreille humaine pour que l'effet d'atténuation sonore soit ressenti, car la fréquence critique est la fréquence où l'indice d'affaiblissement acoustique chute (52).

La notion de **réverbération** est aussi importante pour comprendre le comportement des ondes sonores dans une pièce. Lorsqu'un son est émis depuis une source sonore dans une pièce, les ondes sonores se propagent alors dans toutes les directions et l'auditeur va d'abord percevoir l'onde sonore principale puis des échos de cette même onde sonore. Cela s'explique par le phénomène de réflexion sur les différentes surfaces présentes dans cette pièce. Le temps de réverbération d'une pièce (T_R) est le temps que met un

son émis pour être atténué de 60dB lorsque l'on arrête la source sonore. Ce temps dépend essentiellement de la taille de la pièce (nombre de réflexions) et du coefficient d'absorption des parois de cette pièce (53) :

$$T_R = (0,16V) / (\alpha \cdot A) \text{ avec } V = \text{volume de la pièce (en m}^3\text{)},$$

α = coefficient d'absorption de la paroi (pas d'unité),

A = Aire d'absorption de la paroi (en m^2)

Pour gérer tous ces paramètres acoustiques lors de la création d'un cabinet dentaire, faire appel à une entreprise spécialisée en acoustique peut s'avérer être un choix crucial. Elle pourra alors conseiller sur le choix des matériaux, sur l'agencement du cabinet et sur la mise en place d'écrans acoustiques, atténuant les sons émis, sur les murs de la salle de soin.

3) Les protections auditives existantes

Le choix du type de protection auditive dépend de plusieurs paramètres tels que :

- Le **type de bruit** dont nous cherchons à nous protéger (fréquence, impulsif, continu...)
- La **durée d'exposition au bruit**
- Les **aspects pratique et esthétique** (besoin de communiquer avec une tierce personne ou pas, notions d'hygiène et d'asepsie...)

Le CD dispose d'un choix varié de protections auditives (54). Il existe tout d'abord 3 types de **bouchons** : des **Boules Quiès en cire**, des **bouchons anti-bruit en mousse condensée** dont l'utilisation semble peu adaptée et peu hygiénique pour une utilisation avec des gants, ou des **bouchons auditifs réalisés sur-mesure** chez un audioprothésiste (après une prise d'empreinte des CAE). Le CD peut également trouver sur le marché des **casques anti-bruit**, des **protections auditives sur-mesure** en silicone et avec fil de préhension qui contiennent des filtres auditifs et des **bouchons montés sur arceau**. Les images suivantes (Figure 27) illustrent ces différents types de protections auditives :



*Figure 27 : Les différents types de protections auditives possibles pour le chirurgien-dentiste
 (d'après les sites internet <https://www.equipement-chantier.fr/protection-auditive>;
<https://www.usinenouvelle.com/expo/protecteurs-auditifs-filtres-gamme.html>;
<http://www.auditive.fr/436-casque-antibruit-enfant-smiley-muffy.html>;
<https://www.solostocks.ma/vente-produits/fournitures-securite-le-travail/bouchons-protecteurs-oreilles/protections-auditives-sur-mesure-micra-3d-1514146>;
<https://prosafety.com/fr/arceaux-auditifs/1534-portwest-bouchons-d-oreille-sur-arceau--ep16.html>)*

L'image en haut à gauche montre des bouchons anti-bruit en mousse condensée qui permettent une atténuation sur toutes les fréquences, en particulier sur les fréquences graves. Le ressenti auditif est ici un son caverneux et atténué. Les conversations avec l'assistant(e) ou le patient peuvent être compliquées. Ces protections auditives peuvent être utilisées plusieurs fois mais elles restent jetables. Le fil de préhension est indispensable car il permet au CD d'éviter de mettre les doigts dans ses oreilles.

Les bouchons auditifs réalisés sur-mesure (sur l'image en haut à droite de la Figure 27) fonctionnent de la même manière que ceux en mousse condensée mais ils sont plus efficaces car ils ont une meilleure étanchéité dans le CAE, étant réalisés après une prise d'empreinte des CAE chez l'audioprothésiste. Ils sont ainsi mieux adaptés à l'anatomie du CAE. Ils sont lavables et peuvent s'utiliser sur plusieurs années.

L'intérêt des filtres auditifs dans ce type de protection auditive (sur l'image à droite du casque anti-bruit jaune) est d'avoir une atténuation sélective dans les fréquences perçues par l'oreille. Le filtre est un filtre passe-bande qui atténue l'intensité sonore que sur une bande de fréquence, choisie en fonction du type d'utilisation souhaitée. Ce type de protection apporte un meilleur confort auditif car celui qui les porte peut facilement avoir une conversation avec un interlocuteur.

Le gros avantage d'avoir des protections auditives montées sur arceau (cf dernière image en bas de la Figure 27) est la facilité de manipulation de l'arceau qui permet une mise en place et un retrait plus facile, sans avoir besoin de mettre les doigts dans les oreilles. Les règles d'hygiène sont ainsi mieux respectées.

4) Autres recommandations

L'article de **H. Fritz Hinze et al. (1999)** (55) montre que le métier de CD est une profession à risque pour l'audition, à cause de l'exposition prolongée devant des sons intenses. Selon cet article, les CD doivent se protéger les oreilles avec par exemple des Boules Quièst customisées. Dans cet article, il est rappelé que plusieurs études ont déjà été conduites pour montrer que les instruments rotatifs utilisés en cabinet produisent un environnement sonore dangereux pour l'audition et que, lorsque la presbyacusie est couplée à des expositions sonores élevées prolongées, les CD sont alors exposés à des dommages auditifs irréversibles. Pour s'en prémunir ils peuvent :

- Se placer à distance des sources sonores en utilisant des loupes binoculaires et adopter une bonne posture de travail.
- Entretenir correctement le matériel utilisé (maintenance régulière, lubrification...) car des instruments rotatifs mal entretenus peuvent produire plus de 90dB de bruit.
- La meilleure solution est le port de protections auditives qui va réduire le risque de dommage

de l'oreille interne.

- Réduire le temps d'exposition au fauteuil (c'est de la théorie car dans la réalité cela n'est pas applicable)
- Un contrôle régulier de l'audition du personnel soignant au cabinet (audiométrie tonale)

CONCLUSION

Tout au long de ce travail, il aura été tenté de déterminer si oui ou non les CD sont exposés à des nuisances sonores pendant leur exercice en cabinet dentaire. Pour répondre à cette problématique, de nombreuses autres questions ont été soulevées. Tout d'abord, les CD évoluent dans un environnement sonore complexe, où l'association de plusieurs sources sonores, avec notamment l'aspiration, rend le niveau sonore ambiant très élevé, au risque de dépasser les 85dB, qui selon la législation européenne, entraîne l'obligation de prendre des précautions avec des protections auditives qui sont multiples (54). L'audition des CD hommes semblent plus touchée que celle des CD femmes. Une hypoacusie prédominante sur la fréquence du 4000Hz a également été mise en avant, de même que les hautes fréquences semblent plus touchées que les basses fréquences. Le CD développe souvent des acouphènes et il a vraisemblablement un vieillissement prématûr de son système auditif, par rapport à la population générale. Il doit veiller à l'entretien de ses instruments rotatifs (ce qui réduit le niveau d'émission sonore de ceux-ci) et préférer les contre-angles aux turbines, souvent plus bruyantes. De plus, il a été montré que l'atteinte auditive, lorsqu'elle est présente chez le CD, est souvent asymétrique avec un côté préférentiellement atteint : le côté opposé à la main travaillante.

Des effets extra-auditifs peuvent affecter le CD au cours de sa carrière professionnelle : des troubles du sommeil, une perte d'attention et de productivité, une certaine irritabilité sur le plan émotionnel....

De nombreuses questions restent néanmoins en suspens. Il serait intéressant que des études plus poussées sur les synapses du système auditif humain ou des projets de recherche clinique plus stricts des CD (classés dans des tranches d'âge plus précises) voient le jour. Il est délicat de comparer objectivement l'audition des CD entre eux car les habitudes auditives des êtres humains sont d'abord très variées et que les organisations internes propres à chaque cabinet dentaire sont très différentes (le temps d'utilisation des instruments rotatifs varie entre chaque CD). L'étude de l'isolation acoustique pourrait aussi être bénéfique à l'ensemble de la profession dentaire, pour construire des salles de soin moins bruyantes.

Ce qu'il faut retenir de ce travail est que l'exercice de la profession dentaire présente de nombreux risques, tant sur le plan auditif que sur le plan psychique. En effet, selon une enquête du Conseil national de l'Ordre des chirurgiens-dentistes, rendue publique en avril 2018 (56), plus d'un praticien sur trois se déclare en burn-out. Ce chiffre est bien sûr à prendre avec des pincettes mais il en est de la responsabilité des CD de se prémunir contre les nombreux risques auxquels ils sont exposés tout au long de leur carrière professionnelle.

BIBLIOGRAPHIE

1. Larousse É. Encyclopédie Larousse en ligne. (page consultée le 4/02/19). Maladie professionnelle, [en ligne]. http://www.larousse.fr/encyclopedie/divers/maladie_professionnelle/83395
2. OMS. (page consultée le 15/12/18). Protection de la santé des travailleurs, [en ligne]. <https://www.who.int/fr/news-room/fact-sheets/detail/protecting-worker-health>
3. INRS. (page consultée le 4/02/19). Colloque « Bruit et Vibrations au Travail », [en ligne]. <http://www.inrs.fr/footer/agenda/colloque-bruit-vibrations.html>
4. INRS. (page consultée le 4/02/19). Cabinets dentaires - Votre métier, [en ligne]. <http://www.inrs.fr/metiers/sante-aide-personne/cabinet-dentaire.html>
5. Ginisty J. Résultats de l'enquête relative aux maladies professionnelles des chirurgiens-dentistes. Bull. Acad. Natle Chir. Dent.. 2002;45(4):107-13.
6. Shokry E, Filho NRA. Insights into cerumen and application in diagnostics: past, present and future prospective. Biochem Medica. 2017 Oct;27(3).
7. Wiener FM, Ross DA. The Pressure Distribution in the Auditory Canal in a Progressive Sound Field. Journal Ac Soc of Am. 1946;401-8.
8. Unglaub Silverthorn D, Ober WC, Garrison CW, Silverthorn AC, Johnson BR, editors. Physiologie humaine: une approche intégrée. 4rd ed. Paris: Pearson Education; 2007.
9. Ohresser M. Les acouphènes: Diagnostic, prise en charge et thérapeutique. Paris: Elsevier Masson; 2017.
10. Lars Holm N, Pontus L. Le son et l'audition. 3è ed. Cochlear Bone Anchored Solutions AB, et P.C. Werth Ltd.: Widex; 2007.
11. Portmann M, Portmann C. Précis d'audiométrie clinique. 6è ed. Paris: Masson; 1988.
12. Gelis C, Stanko J, Zylberberg P, Chery-Croze S, Jantzem B, Tardy M, et al. L'audition, guide complet. Paris: J.Lyon; 2012. p. 311.
13. Wikipedia. (page consultée le 18/03/19). Organe de Corti, [en ligne]. https://fr.wikipedia.org/wiki/Organe_de_Corti
14. Audry JC, Azema B, Bancons J, Bizaguet E. Précis d'audioprothèse, L'appareillage de l'adulte, le bilan d'orientation prothétique, Tome 1. Paris : Collège national d'audioprothèse; 1997.
15. Centre National d'information sur la surdité. (page consultée le 17/02/19). Le fonctionnement de l'audition. [en ligne]. www.surdi.info/l-oreille-et-son-fonctionnement/le-fonctionnement-de-l-audition/
16. Frachet B, Geoffray B, Chery Croze S, Puel J-L, Coulvier C. Acouphènes aspects fondamentaux et clinique. Montfermeil : Les monographies d'Amplifon;2004.
17. Ameli. (page consultée le 17/02/19). Définition et types de surdité, [en ligne]. <https://www.ameli.fr/assure/sante/themes/perte-acuite-auditive/definition-causes>
18. Christensen GJ. Are electric handpieces an improvement? J Am Dent Assoc. 2002 Oct;133(10):1433-4.
19. Nizard J. Le traumatisme sonore en milieu professionnel : l'exemple des chirurgiens-dentistes. Cah Audit. 2010 Juil;23(4):13-7.

20. UVMT-Université Virtuelle de Médecine du Travail. (page consultée le 16/02/19), [en ligne]. <http://www.uvmt.org/Formation/05/Cadre.htm>
21. UVMT-Université Virtuelle de Médecine du Travail. (page consultée le 16/02/19), [en ligne]. <https://www.uvmt.org/sections.php?op=printpage&artid=571>
22. Ma K, Wong H, Mak C. Dental Environmental Noise Evaluation and Health Risk Model Construction to Dental Professionals. *Int J Environ Res Public Health.* 2017 Sept;14(9):1084.
23. Weatherton MA, Melton RE. The Effects of Dental Drill Noise On the hearing of Dentists. *J Tenn State Dent Assoc.* 1972;52(4):305-8.
24. Lehto TU, Laurikainen ET, Aitasalo KJ, Pietila TJ, Helenius HYM, Johansson R. Hearing of dentists in the long run:a 15-year follow-up study. *Community Dent Oral Epidemiol.* 1989 Août;17(4):207-11.
25. Bali N, Acharya S, Anup N. An assessment of the effect of sound produced in a dental clinic on the hearing of dentists. *Oral Health Prev Dent.* 2007;5(3):187-91.
26. Willershausen B, Callaway A, Wolf TG, Ehlers V, Scholz L, Wolf D, *et al.* Hearing assessment in dental practitioners and other academic professionals from an urban setting. *Head Face Med.* 2014 Dec;10(1).
27. Theodoroff SM, Folmer RL. Hearing loss associated with long-term exposure to high-speed dental handpieces. *Pract Manag:*6.
28. Ünlü A, Böke B, Belgin E, Sarmadi H. Effect of equipment used in laboratory environment on dental technicians' hearing threshold. *J Islam Ac Sc.* 1994;7(4):237-40.
29. Hyson JM. The air turbine and hearing loss. *J Am Dent Assoc.* 2002 Déc;133(12):1639-42.
30. Ward WD, Holmberg CJ. Effects of high-speed drillnoise and gunfireon dentists' hearing. *Jada.* 1969 Déc;1383-7.
31. Bono Storm S. Are there hazardous auditory effects of high-frequency turbines and ultrasonic dental scalers on dental professionals:56.
32. Kilpatrick HC. Decibel ratings of dental office sounds. *J Prosthet Dent.* 1981 Fév;45(2):175-8.
33. Bahamann S, Bahnassy A. Noise level of dental handpieces and laboratory engines. 1993;5.
34. Mueller HJ, Sabri ZI, Suchak AJ, McGill S, Stanford JW. Noise level evaluation of dental handpieces. *J Oral Rehabil.* 1986 Mai;13(3):279-92.
35. Center for Disease Control and Prevention. (page consultee le 6/04/19). Noise and hearing loss prevention. [en ligne]. www.cdc.gov/niosh/topics/noise.
36. Myers J, John AB, Kimball S, Fruits T. Prevalence of Tinnitus and Noise-induced Hearing Loss in Dentists. *Noise Health.* 2016;18(85):347-54.
37. Gijbels F, Jacobs R, Princen K, Nackaerts O, Debruyne F. Potential occupational health problems for dentists in Flanders, Belgium. *Clin Oral Investig.* 2006 Mar;10(1):8-16.
38. Rahko AA-L, Karma PH, Rahko KT, Kataja MJ. High-frequency hearing of dental personnel Occupational Hazards. *Community Dent Oral Epidemiol.* 1988 Oct;16(5):268-70.
39. Smart ER. High-speed drill noise and hearing: audiometric survey of 70 dentists. *J Dent.* 1979 Mar;7(1):82.
40. Lopes A, de Melo A, Santos C. A study of the high-frequency hearing thresholds of dentistry professionals. *Int Arch Otorhinolaryngol.* 2012 Avr;16(02):226-31.

41. Taylor W, Pearson J, Mair A. The hearing threshold levels of dental practitioners exposed to air turbine drill noise. *Br Dent J.* 1965;(18):206-10.
42. Bander MA, Raneem IA, May AA, Lamya IA, Maram SA, Nada AS, *et al.* Hearing loss and its association with occupational noise exposure among Saudi dentists : a cross-sectional study. *BDJ Open.* 2016 Déc;2(1)
43. Zubick HH, Tolentino AT, Boffa J. Hearing loss and the high speed dental handpiece. *Am J Public Health.* 1980 Juin;70(6):633-5.
44. Schubert ED, Glorig A. Noise exposure from dental drills. *J Am Dent Assoc.* 1963 Juin;66(6):751-7.
45. Cantwell KR, Tunturi AR, Sorenson FM. Noise levels of a newly designed handpiece. *J Prosthet Dent.* 1965 Mar;15(2):356-9.
46. Sheldon N, Sokol H. Dental drill noise and hearing conservation. *NY State Dent J.* 1984;50:559-61.
47. Khaimook W, Suksamae P, Choos T, Chayarpham S, Tantisarasart R. The Prevalence of Noise-Induced Occupational Hearing Loss in Dentistry Personnel. *Workplace Health Saf.* 2014 Sept;62(9):357-60.
48. Cerrone R, Robin O. Les nuisances sonores au cabinet dentaire et leurs répercussions sur la santé du chirurgien-dentiste [Thèse de Doctorat en Chirurgie Dentaire]. Lyon: Université Claude Bernard Lyon I; 2011.
49. Kujawa SG, Liberman MC. Adding Insult to Injury: Cochlear Nerve Degeneration after “Temporary” Noise-Induced Hearing Loss. *J Neurosci.* 2009 Nov;29(45):14077-85.
50. Liberman LD, Suzuki J, Liberman MC. Dynamics of cochlear synaptopathy after acoustic overexposure. *JARO.* 2015;(16):205-19.
51. Setcos J, James C, Mahyuddin A. Noise Levels Encountered in Dental Clinical and Laboratory Practice. *Int J Prosthodont.* 1998 Avr;11(2):150-7.
52. Génie civil. (page consultée le 1/05/19). Notions d'acoustique, [en ligne]. http://www.cours-genie-civil.com/wp-content/uploads/acoustique_cours_procedes-generaux-de-construction.pdf
53. dB Acoustique et vibrations. (page consultée le 5/04/19). Notions d'acoustique, Contrôle dB, [en ligne]. <http://www.controle-db.com/Notions.htm>
54. Bernard-Masse C. L'acoustique du cabinet dentaire: enquête d'opinion auprès de chirurgiens dentistes de Meurthe et Moselle et étude d'un cas particulier [thèse de Doctorat en Chirurgie Dentaire]. Nancy: Henri Poincaré Nancy I, Faculté de Chirurgie dentaire;2011.
55. Hinze HF, Deleon C, Mitchell WC. Dentists at high risk for hearing loss:Protection with custom earplugs. *Acad Gen Dent.* 1999 Déc;47(6):600-3.
56. Editions cdp. (page consultée le 6/04/19). Burn-out, [en ligne]. <http://www.editionscdp.fr/actualites/actualites/actualites-professionnelles/180405-burn-out.html>

MALI Yannick – Les troubles auditifs du chirurgien-dentiste en cabinet dentaire

(Thèse : Chir. Dent. : Lyon : 2019.000)

N°2019 LYO 1D 030

Résumé :

Dans le cadre de l'activité de la chirurgie dentaire en cabinet, les chirurgiens-dentistes (CD) et leurs assistant(e)s sont exposés à plusieurs types de risques selon l'Institut National de Recherche et de Sécurité (INRS), qu'ils soient biologiques (risques infectieux...), ou liés aux produits-gaz dangereux-poussières (allergies...), ou liés à l'irradiation de rayonnements ionisants. Ils sont également exposés à des risques de brûture, à des risques de piqûre, à des risques de stress, ou encore à des risques liés à une mauvaise posture de travail.

Le but de ce travail est d'étudier un autre type de risque qui touche le CD : un risque de troubles auditifs face au bruit omniprésent en cabinet dentaire. Après quelques rappels sur le fonctionnement du système auditif et quelques notions de psychoacoustique, cette thèse vise à mettre en avant les effets auditifs (hypoacusie, traumatisme sonore, acouphènes, hyperacusie, fatigue auditive...) et extra-auditifs (troubles du sommeil, perte de productivité...) sur les CD, après passage en revue de la littérature scientifique. Elle vise également à identifier les bruits du cabinet dentaire les plus nocifs pour l'audition humaine.

Il apparaît que les CD ont plusieurs moyens de se protéger face à ces bruits (d'intensité élevée et parfois dangereux) : il existe différents types de protections auditives ou encore les CD peuvent apporter certaines modifications dans leurs pratiques quotidiennes de la chirurgie dentaire.

Mots clés :

- Perte auditive
- Bruit
- Protection auditive

Mots clés en anglais :

- Hearing loss
- Noise
- Hearing protection

Jury :**Président :**

Monsieur le Professeur Jean-Jacques MORRIER

Assesseurs :

Monsieur le Docteur Christophe JEANNIN

Monsieur le Docteur Maxime DUCRET

Monsieur le Docteur Théo FILLOZ

Invité :

Monsieur Jean Baptiste MELKI

Adresse de l'auteur :

Yannick MALI
125 grande rue
69600 OULLINS