



Impact de l'environnement sonore du nouveau système d'arme rafale : étude rétrospective des audiogrammes des personnels navigants

Elodie Carme

► To cite this version:

Elodie Carme. Impact de l'environnement sonore du nouveau système d'arme rafale : étude rétrospective des audiogrammes des personnels navigants. Sciences du Vivant [q-bio]. 2012. hal-01770614

HAL Id: hal-01770614

<https://hal.univ-lorraine.fr/hal-01770614>

Submitted on 7 Feb 2023

HAL is a multi-disciplinary open access archive for the deposit and dissemination of scientific research documents, whether they are published or not. The documents may come from teaching and research institutions in France or abroad, or from public or private research centers.

L'archive ouverte pluridisciplinaire **HAL**, est destinée au dépôt et à la diffusion de documents scientifiques de niveau recherche, publiés ou non, émanant des établissements d'enseignement et de recherche français ou étrangers, des laboratoires publics ou privés.



AVERTISSEMENT

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

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

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

Contact : ddoc-thesesexercice-contact@univ-lorraine.fr

LIENS

Code de la Propriété Intellectuelle. articles L 122. 4

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

http://www.cfcopies.com/V2/leg/leg_droi.php

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

THÈSE

Pour obtenir le grade de

DOCTEUR EN MÉDECINE

Présentée et soutenue publiquement le 14 juin 2012

Dans le cadre du troisième cycle de Médecine Générale

Par

CARME Elodie

Née le 26 avril 1985 à Metz

Élève de l'École du Val-de-Grâce – Paris

Ancienne élève de l'École du Service de Santé des Armées de
Bordeaux

IMPACT DE L'ENVIRONNEMENT SONORE DU NOUVEAU SYSTÈME D'ARME RAFALE : ÉTUDE RETROSPECTIVE DES AUDIOGRAMMES DES PERSONNELS NAVIGANTS

Examineur de la thèse :

M. B. CHENUÉL	Professeur	Président
M. C. BEYAERT	Professeur	}
Mme C. PARIETTI-WINKLER	Professeur	} Juge
M. M. KOSSOWSKI	Professeur agrégé de l'EVDG	}
M. J-P BARBEROT	Docteur en Médecine	}

UNIVERSITÉ DE LORRAINE
FACULTÉ DE MÉDECINE DE NANCY

Administrateur Provisoire de l'Université de Lorraine : Professeur Jean-Pierre FINANCE

Doyen de la Faculté de Médecine : Professeur Henry COUDANE

Vice Doyen « Pédagogie » : Professeur Karine ANGIOI
Vice Doyen *Mission « sillon lorrain »* : Professeur Annick BARBAUD
Vice Doyen *Mission « Campus »* : Professeur Marie-Christine BÉNÉ
Vice Doyen *Mission « Finances »* : Professeur Marc BRAUN
Vice Doyen *Mission « Recherche »* : Professeur Jean-Louis GUÉANT

Assesseurs :

- 1 ^{er} Cycle :	Professeur Bruno CHENUEL
- « Première année commune aux études de santé (PACES) et universitarisation études para-médicales »	M. Christophe NÉMOS
- 2 ^{ème} Cycle :	Professeur Marc DEBOUVERIE
- 3 ^{ème} Cycle :	
« DES Spécialités Médicales, Chirurgicales et Biologiques »	Professeur Jean-Pierre BRONOWICKI
« DES Spécialité Médecine Générale »	Professeur Francis RAPHAËL
- Filières professionnalisées :	M. Walter BLONDEL
- Formation Continue :	Professeur Hervé VESPIGNANI
- Commission de Prospective :	Professeur Pierre-Edouard BOLLAERT
- Recherche :	Professeur Didier MAINARD
- Développement Professionnel Continu :	Professeur Jean-Dominique DE KORWIN
Assesseurs Relations Internationales	Professeur Jacques HUBERT

DOYENS HONORAIRES

Professeur Adrien DUPREZ – Professeur Jean-Bernard DUREUX
Professeur Jacques ROLAND – Professeur Patrick NETTER

=====

PROFESSEURS HONORAIRES

Pierre ALEXANDRE – Jean-Marie ANDRE - Daniel ANTHOINE - Alain BERTRAND - Pierre BEY – Patrick BOISSEL
Jacques BORRELLY - Michel BOULANGE - Jean-Claude BURDIN - Claude BURLET - Daniel BURNEL
Claude CHARDOT - Jean-Pierre CRANCE - Gérard DEBRY - Jean-Pierre DELAGOUTTE - Emile de LAVERGNE
Jean-Pierre DESCHAMPS - Michel DUC - Jean DUHEILLE - Adrien DUPREZ - Jean-Bernard DUREUX - Gérard FIEVE
Jean FLOQUET - Robert FRISCH - Alain GAUCHER - Pierre GAUCHER - Hubert GERARD
Jean-Marie GILGENKRANTZ - Simone GILGENKRANTZ - Oliéro GUERCI - Pierre HARTEMANN - Claude HURIET
Christian JANOT – Michèle KESSLER - Jacques LACOSTE - Henri LAMBERT - Pierre LANDES - Alain LARCAN
Marie-Claire LAXENAIRE - Michel LAXENAIRE - Jacques LECLERE - Pierre LEDERLIN - Bernard LEGRAS
Michel MANCIAUX - Jean-Pierre MALLIÉ – Philippe MANGIN - Pierre MATHIEU - Denise MONERET-VAUTRIN
Pierre MONIN - Pierre NABET - Jean-Pierre NICOLAS - Pierre PAYSANT - Francis PENIN - Gilbert PERCEBOIS
Claude PERRIN - Guy PETIET - Luc PICARD - Michel PIERSON - Jean-Marie POLU – Jacques POUREL
Jean PREVOT - Antoine RASPILLER - Michel RENARD - Jacques ROLAND - René-Jean ROYER - Daniel SCHMITT
Michel SCHWEITZER – Claude SIMON - Jean SOMMELET - Danièle SOMMELET – Jean-François STOLTZ
Michel STRICKER - Gilbert THIBAUT - Augusta TREHEUX - Hubert UFFHOLTZ - Gérard VAILLANT - Paul VERT
Colette VIDAILHET - Michel VIDAILHET - Michel WAYOFF - Michel WEBER

=====

**PROFESSEURS DES UNIVERSITÉS
PRATICIENS HOSPITALIERS**

(Disciplines du Conseil National des Universités)

42^{ème} Section : MORPHOLOGIE ET MORPHOGENÈSE

1^{ère} sous-section : (Anatomie)

Professeur Gilles GROSDIDIER

Professeur Pierre LASCOMBES – Professeur Marc BRAUN

2^{ème} sous-section : (Cytologie et histologie)

Professeur Bernard FOLIGUET

3^{ème} sous-section : (Anatomie et cytologie pathologiques)

Professeur François PLENAT – Professeur Jean-Michel VIGNAUD

43^{ème} Section : BIOPHYSIQUE ET IMAGERIE MÉDICALE

1^{ère} sous-section : (Biophysique et médecine nucléaire)

Professeur Gilles KARCHER – Professeur Pierre-Yves MARIE – Professeur Pierre OLIVIER

2^{ème} sous-section : (Radiologie et imagerie médicale)

Professeur Denis REGENT – Professeur Michel CLAUDON – Professeur Valérie CROISÉ-LAURENT

Professeur Serge BRACARD – Professeur Alain BLUM – Professeur Jacques FELBLINGER

Professeur René ANXIONNAT

44^{ème} Section : BIOCHIMIE, BIOLOGIE CELLULAIRE ET MOLÉCULAIRE, PHYSIOLOGIE ET NUTRITION

1^{ère} sous-section : (Biochimie et biologie moléculaire)

Professeur Jean-Louis GUÉANT – Professeur Jean-Luc OLIVIER – Professeur Bernard NAMOUR

2^{ème} sous-section : (Physiologie)

Professeur François MARCHAL – Professeur Bruno CHENUUEL – Professeur Christian BEYAERT

3^{ème} sous-section : (Biologie Cellulaire)

Professeur Ali DALLOUL

4^{ème} sous-section : (Nutrition)

Professeur Olivier ZIEGLER – Professeur Didier QUILLIOT - Professeur Rosa-Maria RODRIGUEZ-GUEANT

45^{ème} Section : MICROBIOLOGIE, MALADIES TRANSMISSIBLES ET HYGIÈNE

1^{ère} sous-section : (Bactériologie – virologie ; hygiène hospitalière)

Professeur Alain LE FAOU - Professeur Alain LOZNIEWSKI

3^{ème} sous-section : (Maladies infectieuses ; maladies tropicales)

Professeur Thierry MAY – Professeur Christian RABAUD

46^{ème} Section : SANTÉ PUBLIQUE, ENVIRONNEMENT ET SOCIÉTÉ

1^{ère} sous-section : (Épidémiologie, économie de la santé et prévention)

Professeur Philippe HARTEMANN – Professeur Serge BRIANÇON - Professeur Francis GUILLEMIN

Professeur Denis ZMIROU-NAVIER – Professeur François ALLA

2^{ème} sous-section : (Médecine et santé au travail)

Professeur Christophe PARIS

3^{ème} sous-section : (Médecine légale et droit de la santé)

Professeur Henry COUDANE

4^{ème} sous-section : (Biostatistiques, informatique médicale et technologies de communication)

Professeur François KOHLER – Professeur Éliane ALBUISSON

47^{ème} Section : CANCÉROLOGIE, GÉNÉTIQUE, HÉMATOLOGIE, IMMUNOLOGIE

1^{ère} sous-section : (Hématologie ; transfusion)

Professeur Thomas LECOMPTE – Professeur Pierre BORDIGONI

Professeur Jean-François STOLTZ – Professeur Pierre FEUGIER

2^{ème} sous-section : (Cancérologie ; radiothérapie)

Professeur François GUILLEMIN – Professeur Thierry CONROY

Professeur Didier PEIFFERT – Professeur Frédéric MARCHAL

3^{ème} sous-section : (Immunologie)

Professeur Gilbert FAURE – Professeur Marie-Christine BENE

4^{ème} sous-section : (Génétique)

Professeur Philippe JONVEAUX – Professeur Bruno LEHEUP

**48^{ème} Section : ANESTHÉSIOLOGIE, RÉANIMATION, MÉDECINE D'URGENCE,
PHARMACOLOGIE ET THÉRAPEUTIQUE**

1^{ère} sous-section : (Anesthésiologie et réanimation chirurgicale ; médecine d'urgence)

Professeur Claude MEISTELMAN – Professeur Hervé BOUAZIZ

Professeur Paul-Michel MERTES – Professeur Gérard AUDIBERT – Professeur Thomas FUCHS-BUDER

2^{ème} sous-section : (Réanimation médicale ; médecine d'urgence)

Professeur Alain GERARD - Professeur Pierre-Édouard BOLLAERT

Professeur Bruno LÉVY – Professeur Sébastien GIBOT

3^{ème} sous-section : (Pharmacologie fondamentale ; pharmacologie clinique ; addictologie)

Professeur Patrick NETTER – Professeur Pierre GILLET

4^{ème} sous-section : (Thérapeutique ; médecine d'urgence ; addictologie)

Professeur François PAILLE – Professeur Gérard GAY – Professeur Faiez ZANNAD - Professeur Patrick ROSSIGNOL

49^{ème} Section : PATHOLOGIE NERVEUSE ET MUSCULAIRE, PATHOLOGIE MENTALE, HANDICAP et RÉÉDUCATION

1^{ère} sous-section : (Neurologie)

Professeur Gérard BARROCHE – Professeur Hervé VESPIGNANI
Professeur Xavier DUCROCQ – Professeur Marc DEBOUVERIE – Professeur Luc TAILLANDIER

2^{ème} sous-section : (Neurochirurgie)

Professeur Jean-Claude MARCHAL – Professeur Jean AUQUE – Professeur Olivier KLEIN
Professeur Thierry CIVIT

3^{ème} sous-section : (Psychiatrie d'adultes ; addictologie)

Professeur Jean-Pierre KAHN – Professeur Raymund SCHWAN

4^{ème} sous-section : (Pédopsychiatrie ; addictologie)

Professeur Daniel SIBERTIN-BLANC – Professeur Bernard KABUTH

5^{ème} sous-section : (Médecine physique et de réadaptation)

Professeur Jean PAYSANT

50^{ème} Section : PATHOLOGIE OSTÉO-ARTICULAIRE, DERMATOLOGIE et CHIRURGIE PLASTIQUE

1^{ère} sous-section : (Rhumatologie)

Professeur Isabelle CHARY-VALCKENAERE – Professeur Damien LOEUILLE

2^{ème} sous-section : (Chirurgie orthopédique et traumatologique)

Professeur Daniel MOLE - Professeur Didier MAINARD
Professeur François SIRVEAUX – Professeur Laurent GALOIS

3^{ème} sous-section : (Dermato-vénéréologie)

Professeur Jean-Luc SCHMUTZ – Professeur Annick BARBAUD

4^{ème} sous-section : (Chirurgie plastique, reconstructrice et esthétique ; brûlologie)

Professeur François DAP – Professeur Gilles DAUTEL

51^{ème} Section : PATHOLOGIE CARDIORESPIRATOIRE et VASCULAIRE

1^{ère} sous-section : (Pneumologie ; addictologie)

Professeur Yves MARTINET – Professeur Jean-François CHABOT – Professeur Ari CHAOUAT

2^{ème} sous-section : (Cardiologie)

Professeur Etienne ALIOT – Professeur Yves JUILLIERE – Professeur Nicolas SADOUL
Professeur Christian de CHILLOU

3^{ème} sous-section : (Chirurgie thoracique et cardiovasculaire)

Professeur Jean-Pierre VILLEMOT

4^{ème} sous-section : (Chirurgie vasculaire ; médecine vasculaire)

Professeur Denis WAHL – Professeur Sergueï MALIKOV

52^{ème} Section : MALADIES DES APPAREILS DIGESTIF et URINAIRE

1^{ère} sous-section : (Gastroentérologie ; hépatologie ; addictologie)

Professeur Marc-André BIGARD - Professeur Jean-Pierre BRONOWICKI – Professeur Laurent PEYRIN-BIROULET

3^{ème} sous-section : (Néphrologie)

Professeur Dominique HESTIN – Professeur Luc FRIMAT

4^{ème} sous-section : (Urologie)

Professeur Jacques HUBERT – Professeur Pascal ESCHWEGE

53^{ème} Section : MÉDECINE INTERNE, GÉRIATRIE et CHIRURGIE GÉNÉRALE

1^{ère} sous-section : (Médecine interne ; gériatrie et biologie du vieillissement ; médecine générale ; addictologie)

Professeur Jean-Dominique DE KORWIN – Professeur Pierre KAMINSKY
Professeur Athanase BENETOS - Professeur Gisèle KANNY – Professeur Christine PERRET-GUILLAUME

2^{ème} sous-section : (Chirurgie générale)

Professeur Laurent BRESLER - Professeur Laurent BRUNAUD – Professeur Ahmet AYAV

54^{ème} Section : DÉVELOPPEMENT ET PATHOLOGIE DE L'ENFANT, GYNÉCOLOGIE-OBSTÉTRIQUE, ENDOCRINOLOGIE ET REPRODUCTION

1^{ère} sous-section : (Pédiatrie)

Professeur Jean-Michel HASCOET - Professeur Pascal CHASTAGNER
Professeur François FEILLET - Professeur Cyril SCHWEITZER – Professeur Emmanuel RAFFO

2^{ème} sous-section : (Chirurgie infantile)

Professeur Michel SCHMITT – Professeur Pierre JOURNEAU – Professeur Jean-Louis LEMELLE

3^{ème} sous-section : (Gynécologie-obstétrique ; gynécologie médicale)

Professeur Jean-Louis BOUTROY - Professeur Philippe JUDLIN – Professeur Patricia BARBARINO

4^{ème} sous-section : (Endocrinologie, diabète et maladies métaboliques ; gynécologie médicale)

Professeur Georges WERYHA – Professeur Marc KLEIN – Professeur Bruno GUERCI

55^{ème} Section : PATHOLOGIE DE LA TÊTE ET DU COU

1^{ère} sous-section : (*Oto-rhino-laryngologie*)

Professeur Roger JANKOWSKI – Professeur Cécile PARIETTI-WINKLER

2^{ème} sous-section : (*Ophthalmologie*)

Professeur Jean-Luc GEORGE – Professeur Jean-Paul BERROD – Professeur Karine ANGIOI-DUPREZ

3^{ème} sous-section : (*Chirurgie maxillo-faciale et stomatologie*)

Professeur Jean-François CHASSAGNE – Professeur Etienne SIMON

=====

PROFESSEURS DES UNIVERSITÉS

64^{ème} Section : BIOCHIMIE ET BIOLOGIE MOLÉCULAIRE

Professeur Sandrine BOSCHI-MULLER

PROFESSEURS DES UNIVERSITÉS DE MÉDECINE GÉNÉRALE

Professeur Jean-Marc BOIVIN

=====

MAÎTRES DE CONFÉRENCES DES UNIVERSITÉS - PRATICIENS HOSPITALIERS

42^{ème} Section : MORPHOLOGIE ET MORPHOGENÈSE

1^{ère} sous-section : (*Anatomie*)

Docteur Bruno GRIGNON – Docteur Thierry HAUMONT – Docteur Manuela PEREZ

2^{ème} sous-section : (*Cytologie et histologie*)

Docteur Edouard BARRAT - Docteur Françoise TOUATI – Docteur Chantal KOHLER

3^{ème} sous-section : (*Anatomie et cytologie pathologiques*)

Docteur Aude BRESSENOT

43^{ème} Section : BIOPHYSIQUE ET IMAGERIE MÉDICALE

1^{ère} sous-section : (*Biophysique et médecine nucléaire*)

Docteur Marie-Hélène LAURENS – Docteur Jean-Claude MAYER

Docteur Pierre THOUVENOT – Docteur Jean-Marie ESCANYE

2^{ème} sous-section : (*Radiologie et imagerie médicale*)

Docteur Damien MANDRY

44^{ème} Section : BIOCHIMIE, BIOLOGIE CELLULAIRE ET MOLÉCULAIRE, PHYSIOLOGIE ET NUTRITION

1^{ère} sous-section : (*Biochimie et biologie moléculaire*)

Docteur Jean STRACZEK – Docteur Sophie FREMONT

Docteur Isabelle GASTIN – Docteur Marc MERTEN – Docteur Catherine MALAPLATE-ARMAND

Docteur Shyue-Fang BATTAGLIA

3^{ème} sous-section : (*Biologie Cellulaire*)

Docteur Véronique DECOT-MAILLERET

45^{ème} Section : MICROBIOLOGIE, MALADIES TRANSMISSIBLES ET HYGIÈNE

1^{ère} sous-section : (*Bactériologie – Virologie ; hygiène hospitalière*)

Docteur Francine MORY – Docteur Véronique VENARD – Docteur Hélène JEULIN

2^{ème} sous-section : (*Parasitologie et mycologie*)

Docteur Nelly CONTET-AUDONNEAU – Madame Marie MACHOUART

46^{ème} Section : SANTÉ PUBLIQUE, ENVIRONNEMENT ET SOCIÉTÉ

1^{ère} sous-section : (*Epidémiologie, économie de la santé et prévention*)

Docteur Alexis HAUTEMANIÈRE – Docteur Frédérique CLAUDOT – Docteur Cédric BAUMANN

2^{ème} sous-section (*Médecine et Santé au Travail*)

Docteur Isabelle THAON

3^{ème} sous-section (*Médecine légale et droit de la santé*)

Docteur Laurent MARTRILLE

4^{ème} sous-section : (*Biostatistiques, informatique médicale et technologies de communication*)

Docteur Nicolas JAY

47^{ème} Section : CANCÉROLOGIE, GÉNÉTIQUE, HÉMATOLOGIE, IMMUNOLOGIE
2^{ème} sous-section : (*Cancérologie ; radiothérapie : cancérologie (type mixte : biologique)*)

Docteur Lina BOLOTINE

3^{ème} sous-section : (*Immunologie*)

Docteur Marcelo DE CARVALHO BITTENCOURT

4^{ème} sous-section : (*Génétique*)

Docteur Christophe PHILIPPE – Docteur Céline BONNET

**48^{ème} Section : ANESTHÉSIOLOGIE, RÉANIMATION, MÉDECINE D'URGENCE,
PHARMACOLOGIE ET THÉRAPEUTIQUE**

3^{ème} sous-section : (*Pharmacologie fondamentale ; pharmacologie clinique*)

Docteur Françoise LAPICQUE – Docteur Marie-José ROYER-MORROT – Docteur Nicolas GAMBIER

50^{ème} Section : RHUMATOLOGIE

1^{ère} sous-section : (*Rhumatologie*)

Docteur Anne-Christine RAT

3^{ème} sous-section : (*Dermato-vénéréologie*)

Docteur Anne-Claire BURSZTEJN

53^{ème} Section : MÉDECINE INTERNE, GÉRIATRIE et CHIRURGIE GÉNÉRALE

1^{ère} sous-section : (*Médecine interne ; gériatrie et biologie du vieillissement ; médecine générale ; addictologie*)

Docteur Laure JOLY

**54^{ème} Section : DÉVELOPPEMENT ET PATHOLOGIE DE L'ENFANT, GYNÉCOLOGIE-OBSTÉTRIQUE,
ENDOCRINOLOGIE ET REPRODUCTION**

3^{ème} sous-section :

Docteur Olivier MOREL

5^{ème} sous-section : (*Biologie et médecine du développement et de la reproduction ; gynécologie médicale*)

Docteur Jean-Louis CORDONNIER

=====

MAÎTRE DE CONFÉRENCE DES UNIVERSITÉS DE MÉDECINE GÉNÉRALE

Docteur Elisabeth STEYER

=====

MAÎTRES DE CONFÉRENCES

5^{ème} section : SCIENCE ÉCONOMIE GÉNÉRALE

Monsieur Vincent LHUILLIER

40^{ème} section : SCIENCES DU MÉDICAMENT

Monsieur Jean-François COLLIN

60^{ème} section : MÉCANIQUE, GÉNIE MÉCANIQUE ET GÉNIE CIVILE

Monsieur Alain DURAND

61^{ème} section : GÉNIE INFORMATIQUE, AUTOMATIQUE ET TRAITEMENT DU SIGNAL

Monsieur Jean REBSTOCK – Monsieur Walter BLONDEL

64^{ème} section : BIOCHIMIE ET BIOLOGIE MOLÉCULAIRE

Mademoiselle Marie-Claire LANHERS – Monsieur Pascal REBOUL – Mr Nick RAMALANJAONA

65^{ème} section : BIOLOGIE CELLULAIRE

Mademoiselle Françoise DREYFUSS – Monsieur Jean-Louis GELLY
Madame Ketsia HESS – Monsieur Hervé MEMBRE – Monsieur Christophe NEMOS - Madame Natalia DE ISLA
Madame Nathalie MERCIER

66^{ème} section : PHYSIOLOGIE

Monsieur Nguyen TRAN

67^{ème} section : BIOLOGIE DES POPULATIONS ET ÉCOLOGIE

Madame Nadine MUSSE

PROFESSEURS ASSOCIÉS

Médecine Générale

Professeur associé Francis RAPHAEL

MAÎTRES DE CONFÉRENCES ASSOCIÉS

Médecine Générale

Docteur Jean-Louis ADAM
Docteur Paolo DI PATRIZIO
Docteur Sophie SIEGRIST
Docteur Arnaud MASSON

=====

PROFESSEURS ÉMÉRITES

Professeur Jean-Marie ANDRÉ - Professeur Daniel ANTHOINE - Professeur Pierre BEY – Professeur Patrick BOISSEL
Professeur Jean-Pierre DELAGOUTTE – Professeur Jean-Marie GILGENKRANTZ
Professeur Simone GILGENKRANTZ - Professeur Michèle KESSLER - Professeur Henri LAMBERT
Professeur Alain LARCAN - Professeur Denise MONERET-VAUTRIN – Professeur Pierre MONIN
Professeur Jean-Pierre NICOLAS - Professeur Luc PICARD - Professeur Michel PIERSON
Professeur Jacques POUREL – Professeur Jean-François STOLTZ - Professeur Michel STRICKER
Professeur Gilbert THIBAUT - Professeur Hubert UFFHOLTZ – Professeur Paul VERT
Professeur Colette VIDAILHET - Professeur Michel VIDAILHET

DOCTEURS HONORIS CAUSA

Professeur Norman SHUMWAY (1972)
Université de Stanford, Californie (U.S.A)
Professeur Paul MICHIELSEN (1979)
Université Catholique, Louvain (Belgique)
Professeur Charles A. BERRY (1982)
Centre de Médecine Préventive, Houston (U.S.A)

Professeur Pierre-Marie GALETTI (1982)
Brown University, Providence (U.S.A)
Professeur Mamish Nisbet MUNRO (1982)
Massachusetts Institute of Technology (U.S.A)

Professeur Mildred T. STAHLMAN (1982)
Vanderbilt University, Nashville (U.S.A)

Harry J. BUNCKE (1989)
Université de Californie, San Francisco (U.S.A)
Professeur Daniel G. BICHET (2001)
Université de Montréal (Canada)
Professeur Brian BURCHELL (2007)
Université de Dundee (Royaume Uni)

Professeur Théodore H. SCHIEBLER (1989)
Institut d'Anatomie de Würzburg (R.F.A)
Professeur Maria DELIVORIA-PAPADOPOULOS (1996)
Université de Pennsylvanie (U.S.A)
Professeur Mashaki KASHIWARA (1996)
Research Institute for Mathematical Sciences de Kyoto (JAPON)

Professeur Ralph GRÄSBECK (1996)
Université d'Helsinki (FINLANDE)
Professeur James STEICHEN (1997)
Université d'Indianapolis (U.S.A)
Professeur Duong Quang TRUNG (1997)
Centre Universitaire de Formation et de Perfectionnement des Professionnels de Santé d'Hô Chi Minh-Ville (VIÊTNAM)
Professeur Marc LEVENSTON (2005)
Institute of Technology, Atlanta (USA)

ÉCOLE DU VAL DE GRACE

A Monsieur le Médecin Général Inspecteur Maurice VERGOS

Directeur de l'École du Val de Grâce

Professeur Agrégé du Val de Grâce

Officier de la Légion d'Honneur

Officier de l'Ordre National du Mérite

Récompenses pour travaux scientifiques et techniques – échelon vermeil

Médaille d'honneur du Service de Santé des Armées

A Monsieur le Médecin Général Jean-Didier CAVALLO

Directeur adjoint de l'École du Val de Grâce

Professeur Agrégé du Val de Grâce

Chevalier de la Légion d'Honneur

Officier de l'Ordre National du Mérite

Chevalier des Palmes Académiques

Récompenses pour travaux scientifiques et techniques – échelon argent

Médaille d'honneur du Service de Santé des Armées

A notre Maître et Président
Monsieur le Professeur CHENUEL Bruno

Professeur des universités - Praticien hospitalier
Professeur à l'université Nancy I Henry Poincaré
Professeur de Physiologie

Vous m'avez fait l'honneur d'accepter de juger ce travail et de présider ce jury. Veuillez trouver ici l'expression de ma considération et de mes remerciements.

A notre Maître et Juge
Monsieur le Professeur BEYAERT Christian

Professeur des universités - Praticien hospitalier
Professeur à l'université Nancy I Henry Poincaré
Professeur de Physiologie

Je vous remercie de l'attention que vous avez bien voulu porter à ce travail. Soyez assuré de ma profonde reconnaissance.

A notre Maître et Juge

Madame le Professeur PARIETTI-WINKLER Cécile

Professeur des universités - Praticien hospitalier

Professeur à l'université Nancy I Henry Poincaré

Professeur d'ORL

Je vous remercie de l'intérêt que vous avez porté à ce travail. Soyez assurée de toute ma gratitude.

A notre Maître et Juge
Médecin en Chef KOSSOWSKI Michel

Professeur agrégé du Val de Grâce
Chef du service ORL de l'HIA Percy

Je vous remercie de l'honneur que vous me faites en acceptant de juger cette thèse. Veuillez trouver ici l'expression de mon profond respect et de ma gratitude.

A notre Maître et Juge
Médecin en Chef BARBEROT Jean-Paul

Docteur en Médecine
Médecin des Hôpitaux des Armées
Chef du service ORL de l'HIA Legouest

Je suis très sensible à l'honneur que vous me faites en acceptant de juger cette thèse. Veuillez trouver ici l'expression de mon profond respect et de ma sincère reconnaissance.

A notre Directeur de thèse
Monsieur le Docteur GROS Ludovic

Médecin en Chef

Commandant le Centre Médical des Armées et Médecin-Chef de la Base de Défense de Saint-Dizier - Chaumont

Vous avez eu la gentillesse de me proposer le sujet de cette thèse. Je vous remercie de la confiance dont vous m'avez témoignée. Vous avez toujours su m'orienter, m'encourager, et faire preuve à mon égard de patience et de disponibilité. J'espère vous avoir donné satisfaction. Soyez assuré de mes plus sincères remerciements.

Je remercie vivement tous ceux qui m'ont aidé à réaliser ce travail et tout particulièrement :

- **Monsieur le Professeur CRANCE Jean-Pierre** : Merci pour votre aide précieuse, votre disponibilité et votre gentillesse. Soyez assuré de tout mon respect et de ma profonde gratitude.
- **Médecin Principal MAILLEUCHET Philippe** : Merci pour votre aide précieuse dans le recueil des questionnaires.
- **Médecin en Chef RAINGEVAL Jean-Baptiste** : Merci pour votre aide précieuse dans le recueil des questionnaires.
- **Médecin Principal KEREUN Elena** : Merci pour votre aide précieuse dans le recueil des questionnaires.
- **Médecin en Chef VERRET Catherine** : Merci pour vos précieux conseils en épidémiologie. Soyez assurée de mes plus sincères remerciements.
- **TRICHÉREAU Julie** : Merci pour vos précieux conseils en épidémiologie et pour votre œil averti pour la relecture.
- Merci à **l'équipe des secrétaires des services ORL du CPEMPN et du CEMPN** pour leur contribution dans le recueil des questionnaires. J'ai gagné un temps précieux grâce à vous.
- **Médecin Principal SAMY Gérald, Médecin Principal MICHAUD Ariane, Médecin des Armées BERTRAND Laetitia** : Merci à tous pour votre accueil, votre enseignement, et votre envie de faire partager vos connaissances.

A Jérôme : Merci pour ton soutien, ton amour et pour tous ces kilomètres réalisés sur les voies ferrées.

A mes Parents : Merci pour votre amour et votre soutien. Vous m'avez toujours encouragé à réaliser mes rêves.

A ma sœur Amélie, A mon frère Jean-Sébastien, A mon frère Vincent, Malgré les kilomètres vous savez répondre présents quand quelque chose ne va pas. Sachez que je serai toujours là pour vous aider.

A Mamie Elisabeth : Merci pour toutes tes petites attentions qui ont bercées mes années « Lycée ».

A Papi Pierre et Mamie Marie-Jeanne : Merci pour votre soutien sans faille.

A ma famille : Merci pour vos encouragements.

A la promotion 2003 Médecin Général George Clerc : Sans vous toutes ses années d'études n'auraient pas été les mêmes. « 2003, tous ensemble on y arrivera »

SERMENT

"Au moment d'être admise à exercer la médecine, je promets et je jure d'être fidèle aux lois de l'honneur et de la probité. Mon premier souci sera de rétablir, de préserver ou de promouvoir la santé dans tous ses éléments, physiques et mentaux, individuels et sociaux. Je respecterai toutes les personnes, leur autonomie et leur volonté, sans aucune discrimination selon leur état ou leurs convictions. J'interviendrai pour les protéger si elles sont affaiblies, vulnérables ou menacées dans leur intégrité ou leur dignité. Même sous la contrainte, je ne ferai pas usage de mes connaissances contre les lois de l'humanité. J'informerai les patients des décisions envisagées, de leurs raisons et de leurs conséquences. Je ne tromperai jamais leur confiance et n'exploiterai pas le pouvoir hérité des circonstances pour forcer les consciences. Je donnerai mes soins à l'indigent et à quiconque me les demandera. Je ne me laisserai pas influencer par la soif du gain ou la recherche de la gloire.

Admise dans l'intimité des personnes, je tairai les secrets qui me sont confiés. Reçue à l'intérieur des maisons, je respecterai les secrets des foyers et ma conduite ne servira pas à corrompre les mœurs. Je ferai tout pour soulager les souffrances. Je ne prolongerai pas abusivement les agonies. Je ne provoquerai jamais la mort délibérément.

Je préserverai l'indépendance nécessaire à l'accomplissement de ma mission. Je n'entreprendrai rien qui dépasse mes compétences. Je les entretiendrai et les perfectionnerai pour assurer au mieux les services qui me seront demandés.

J'apporterai mon aide à mes confrères ainsi qu'à leurs familles dans l'adversité.

Que les hommes et mes confrères m'accordent leur estime si je suis fidèle à mes promesses ; que je sois déshonorée et méprisée si j'y manque".

Table des matières

Remerciements	Page IX
Serment d'Hippocrate	Page XVII
Table des matières	Page XVIII
Liste des abréviations et des unités utilisées	Page XXII
Liste des figures	Page XXIII
Liste des tableaux	Page XXIV

I. Introduction :	Page 1
1. Anatomie de l'appareil auditif :	Page 1
a. Oreille externe :	Page 1
• <i>Pavillon de l'oreille :</i>	Page 1
• <i>Canal auditif externe :</i>	Page 1
b. Oreille moyenne :	Page 2
• <i>Trompe auditive :</i>	Page 2
• <i>Caisse du tympan :</i>	Page 2
• <i>Annexes mastoïdiennes :</i>	Page 3
c. Oreille interne :	Page 4
• <i>Labyrinthe osseux :</i>	Page 4
• <i>Labyrinthe membraneux :</i>	Page 4
d. Nerf cochléaire :	Page 5
• <i>Innervation afférente :</i>	Page 5
• <i>Innervation efférente :</i>	Page 6
2. Physiologie de l'appareil auditif :	Page 6
a. Oreille externe :	Page 6
b. Oreille moyenne :	Page 6
• <i>Transmission des ondes sonores :</i>	Page 7
• <i>Protection de l'oreille interne :</i>	Page 7
c. Oreille interne :	Page 7
• <i>Propagation de l'onde mécanique dans les fluides cochléaires :</i>	Page 8

• <i>Stimulation des cellules ciliées externes :</i>	Page 8
• <i>Mise en jeu des mécanismes actifs :</i>	Page 8
• <i>Stimulation des cellules ciliées internes :</i>	Page 9
• <i>Libération du neurotransmetteur :</i>	Page 9
d. Centres auditifs :	Page 9
• <i>Analyse fréquentielle :</i>	Page 10
• <i>Théorie duplex de la localisation :</i>	Page 10
• <i>Sonie :</i>	Page 10
• <i>Discrimination entre deux sons :</i>	Page 11
3. Rappel audiométrie et audiogramme :	Page 11
a. Principes de l'audiométrie tonale :	Page 11
• <i>Conduction aérienne :</i>	Page 12
• <i>Conduction osseuse :</i>	Page 12
b. Audiogramme :	Page 12
4. Bases physiques du bruit :	Page 13
a. Définitions :	Page 13
b. Grandeurs physiques :	Page 13
• <i>Pression acoustique :</i>	Page 13
• <i>Fréquence :</i>	Page 14
• <i>Durée d'exposition :</i>	Page 15
c. Effets du bruit sur l'organisme :	Page 15
• <i>Effets auditifs :</i>	Page 15
• <i>Effets extra-auditifs :</i>	Page 15
5. Bruit et maladie professionnelle :	Page 16
a. Maladie professionnelle :	Page 16
b. Législation relative à l'exposition au bruit dans l'industrie :	Page 19
c. Cas particuliers des pensions militaires d'invalidité :	Page 20
6. Les différents types d'aéronefs :	Page 23
a. RAFALE :	Page 23
b. Mirage 2000 :	Page 24
c. Etude de la nuisance sonore engendrée par les deux avions :	Page 25
II. Matériels et méthodes :	Page 27
1. Population étudiée : critères d'inclusion dans l'étude :	Page 27

a. Les Cas :	Page 27
b. Les témoins :	Page 27
2. Déroulement de l'étude :	Page 27
a. Questionnaire :	Page 27
b. Recueil des audiogrammes :	Page 28
c. Critère de jugement principal	Page 30
3. Analyses statistiques des données :	Page 30
III. Résultats :	Page 31
1- Analyse descriptive de la population :	Page 31
a. Age :	Page 31
b. Poste :	Page 31
c. Durée d'engagement :	Page 32
d. Durée d'affectation :	Page 33
e. Nombre d'heures de vol total :	Page 33
f. Port de bouchons anti-bruit :	Page 34
g. Analyse des antécédents et habitudes de vie pouvant influencer l'audition :	
• <i>Antécédents</i> :	Page 35
• <i>Habitudes de vie</i> :	Page 36
2- Analyse descriptive selon le type d'avion :	Page 36
a. Age :	Page 36
b. Poste :	Page 36
c. Durée moyenne d'engagement :	Page 36
d. Durée d'affectation :	Page 37
e. Nombre moyen d'heures de vol total :	Page 37
f. Port de bouchons :	Page 37
g. Analyse des antécédents et habitudes de vie pouvant influencer l'audition :	
• <i>Antécédents</i> :	Page 37
• <i>Habitudes de vie</i> :	Page 39
3- Analyse du « Ressenti auditif » :	Page 39
a. Baisse de l'audition :	Page 39
b. Acouphènes :	Page 39
c. Fatigue auditive :	Page 39
d. Ressenti auditif :	Page 39

e. Résultats en fonction du type d'aéronef :	Page 40
4- Analyse des audiogrammes :	Page 42
5- Analyse du « Ressenti auditif » chez les personnels navigants ayant une perte d'audition :	Page 45
IV. Discussion :	Page 47
1. Questionnaire :	Page 47
a. Les limites :	Page 47
b. Les améliorations :	Page 47
2. Audiogrammes :	Page 48
3. Etude:	Page 49
a. Description de la population :	Page 49
b. Analyse descriptive de la population selon le type d'avion :	Page 51
c. Etude du « Ressenti auditif » :	Page 51
d. Etude de la perte d'audition :	Page 51
V. Conclusion :	Page 53
 Références bibliographiques	 Page 54
Annexe : Questionnaire	Page 57
Résumé	Page 62

Liste des abréviations et unités utilisées

- ° : degré.
- AFNOR : Association Française de NORmalisation.
- CEMPN : Centre d'Expertise Médicale du Personnel Navigant.
- CPEMPN : Centre Principal d'Expertise Médicale du Personnel Navigant.
- dB : décibel.
- dB (A) : décibel pondéré par la courbe A.
- dB (B) : décibel pondéré par la courbe B.
- dB (C) : décibel pondéré par la courbe C.
- dB HL : décibel hearing level.
- dB SPL : décibel sound pressure level.
- DGA : Direction Générale pour l'Armement
- DMAO : Département de Médecine Aéronautique Opérationnelle
- EPI : Equipements de Protection Individuelle
- Hz : hertz.
- kHz : kilohertz.
- $L_{EX, 40h}$: niveau d'exposition hebdomadaire au bruit.
- $L_{EX, 8h}$: niveau d'exposition quotidienne au bruit.
- $L_{p,c}$: niveau de pression acoustique de crête.
- mm : millimètre.
- ms : millisecondes.
- ORL : Oto-Rhino-Laryngologie.
- Pa : pascal.
- PA : Perte Auditive.
- SUMER : acronyme de surveillance médicale des risques professionnels.
- VC : Voix Chuchotée.
- VH : Voix Haute.
- μPa : micropascal.

Liste des figures

- *Figure n°1 : Population étudiée*
- *Figure N°2 : Répartition de la population par tranche d'âge.*
- *Figure N°3 : Répartition de la population par poste.*
- *Figure N°4 : Répartition de la population par durée d'engagement.*
- *Figure N°5 : Répartition de la population par durée d'affectation.*
- *Figure N°6 : Répartition de la population par nombre total d'heures de vol.*
- *Figure N°7 : Répartition de la population en fonction du port de bouchons anti-bruit.*
- *Figure N°8 : Répartition de la perte d'audition dans la population.*

Liste des tableaux

- Tableau N°1 : Conditions graphiques recommandés pour les audiogrammes.
- Tableau N°2 : Tableau n°42 annexé au Code de la Sécurité Sociale « Atteinte auditive provoquée par les bruits lésionnels » fixé par le décret du 10 avril 1963.
- Tableau N°3 : Tableau d'évaluation du taux d'invalidité en fonction de la diminution de l'acuité auditive.
- Tableau N°4 : Fréquence des antécédents dans la population.
- Tableau N°5 : Fréquence des habitudes de vie dans la population.
- Tableau n°6 : Analyse descriptive en fonction de l'aéronef.
- Tableau N°7 : Etude des déterminants du « Ressenti auditif ».
- Tableau N°8 : Répartition de la population en fonction du nombre de fréquence atteinte.
- Tableau N°9 : Répartition des atteintes fréquentielles.
- Tableau N°10 : Etude des déterminants de la perte d'audition.
- Tableau N°11 : Déterminants de la perte d'audition de 10 dB chez les personnels navigants présentant un « Ressenti auditif ».

I. Introduction :

De nombreux facteurs de risques professionnels sont répertoriés en législation française et font l'objet d'une surveillance médicale particulière pour les travailleurs exposés. Parmi ces facteurs de risques, le bruit a fait l'objet d'une réglementation spécifique qui vise à protéger les travailleurs contre les risques liés à une exposition prolongée. Selon l'étude SUMMER 2003 ^[1], près d'un tiers de la population active française est exposée à des nuisances sonores professionnelles.

Au sein de l'Armée Française, il existe de nombreuses sources d'exposition au bruit. Le système d'arme RAFALE fait partie de ces sources d'exposition dont les effets sont aujourd'hui mal connus, notamment sur l'audition des personnels navigants.

1. Anatomie de l'appareil auditif :

L'appareil auditif est un organe neurosensoriel pair et symétrique ayant deux fonctions : audition et équilibration. Il est composé de trois parties :

- L'oreille externe,
- L'oreille moyenne,
- L'oreille interne.

a. Oreille externe ^[2] :

Elle comprend le pavillon de l'oreille et le canal auditif externe.

• Pavillon de l'oreille :

Le pavillon de l'oreille est une lame cartilagineuse recouverte de peau adhérente. Il est situé en arrière de l'articulation temporo-mandibulaire et de la région parotidienne, en avant de la mastoïde, et au-dessous de la région temporale.

• Canal auditif externe :

Le canal auditif externe est un canal cylindrique fermé par la membrane tympanique. Il se dirige dans un axe oblique de dehors en dedans et d'arrière en

avant. Il se compose d'une partie fibrocartilagineuse dans son tiers externe et d'une partie osseuse dans ses deux tiers internes, formée par la portion sous-zygomatique de l'écaille de l'os temporal, et par l'os tympanal. Seule la portion fibrocartilagineuse est dotée d'un revêtement pourvu de glandes sébacées et cérumineuses.

b. Oreille moyenne ^[3] :

Elle est composée d'avant en arrière par la trompe auditive, la caisse du tympan, et les annexes mastoïdiennes.

- **Trompe auditive :**

La trompe auditive ou trompe d'Eustache relie la paroi antérieure de la caisse du tympan à la paroi latérale du rhinopharynx. Elle se dirige en bas, en avant et en dedans et est composée d'une partie osseuse et d'une partie cartilagineuse. Elle s'ouvre de façon active grâce à l'action des muscles péri-tubaires comprenant le muscle élévateur du voile du palais et le muscle tenseur du voile du palais.

- **Caisse du tympan :**

La caisse du tympan est une cavité parallélépipédique irrégulière.

La paroi latérale, ou paroi membraneuse, est formée par le tympan. Le tympan est une membrane fibroélastique de 10 mm de diamètre, inclinée d'environ 45° vers l'avant, le bas et le dehors. Il est présente deux segments de taille et de composition différente : la pars tensa représente ses trois quart inférieurs et la pars flaccida son quart supérieur.

La paroi médiale, ou paroi labyrinthique, est séparée en deux étages par un linteau neuromusculaire composé en avant par le canal du muscle tenseur du tympan et en arrière par le relief de la deuxième portion du canal facial. Elle est centrée par une forte saillie, le promontoire. Le promontoire est surmonté d'un sillon formé par le nerf tympanique émergeant dans le canal tympanique de Jacobson. Les fenêtres vestibulaire (ou ovale) et cochléaire (ou ronde) sont situées en arrière par rapport au promontoire.

La paroi supérieure, ou paroi tegmentale, compose le toit de la caisse du tympan et est oblique en avant et en bas rendant la caisse du tympan plus étroite en avant.

La paroi inférieure, ou paroi jugulaire, constitue le plancher de la caisse du tympan moulé sur le golfe de la veine jugulaire.

La paroi antérieure, ou paroi carotidienne, est occupée en grande partie par l'orifice de la trompe d'Eustache. Elle comporte également l'entrée du canal du muscle du marteau et est en rapport étroit avec le canal carotidien.

La paroi postérieure, ou paroi mastoïdienne, délimite la frontière avec la mastoïde.

La caisse du tympan contient trois osselets formant la chaîne ossiculaire entre la membrane tympanique et la fenêtre vestibulaire. Le marteau est l'osselet le plus externe et le plus antérieur. Il est composé d'une tête articulée avec le corps de l'enclume, d'un col et d'un manche encre dans la membrane tympanique. L'enclume se situe entre le marteau et l'étrier. L'étrier est le plus petit et le plus léger des osselets. Il est situé entre l'enclume et la fenêtre ovale.

Le marteau et l'étrier sont tous deux le siège d'insertion de muscles dont la contraction a pour effet de bloquer la chaîne ossiculaire et de limiter l'amplification des sons :

- Le muscle tenseur du tympan est innervé par une branche de la V^{ème} paire crânienne (nerf mandibulaire) et s'insère sur le col du marteau. En se contractant, il attire le manche du marteau vers l'intérieur de la caisse du tympan et tend la membrane tympanique diminuant ainsi sa capacité de vibration.
- Le muscle stapédien est innervé par une branche de la VII^{ème} paire crânienne (nerf du muscle de l'étrier) et s'insère sur le col de l'étrier. En se contractant, il fait basculer l'étrier en arrière ce qui diminue la pression intravestibulaire et détend le tympan.

• **Annexes mastoïdiennes :**

Les annexes mastoïdiennes sont constituées de cellules aérifères creusées à l'intérieur de la portion mastoïdienne de l'os temporal. Dans tous les cas, on distingue une cellule plus grande de localisation anatomique constante, l'antre mastoïdienne, autour de laquelle sont disposées les cellules mastoïdiennes. Le nerf

facial pénètre dans la mastoïde au niveau du plancher de l'antre et forme le massif facial de Gellé.

c. Oreille interne ^[4] :

Elle est située dans la pyramide pétreuse de l'os temporal et se compose d'un ensemble de cavités osseuses, le labyrinthe osseux, contenant le labyrinthe membraneux dont il est séparé par un compartiment liquidien : la périlymphe.

- **Labyrinthe osseux :**

Le vestibule correspond à la cavité centrale du labyrinthe osseux. Il est placé entre l'oreille moyenne avec laquelle il communique par la fenêtre ovale et le conduit auditif interne.

Les canaux semi-circulaires occupent la partie postéro-supérieure du labyrinthe. Ils sont au nombre de trois : latéral, supérieur et postérieur et sont formés d'un anneau creux d'un diamètre d'environ 0,8 mm. L'extrémité des canaux est formée d'une dilatation, l'ampoule, qui s'ouvre dans le vestibule et contient l'épithélium sensitif du vestibule. L'orientation des canaux se fait dans les trois plans de l'espace définis par un axe de référence donné par la ligne orbito-méatale. Le canal semi-circulaire latéral fait un angle de 30° ouvert en avant avec cet axe et détermine le plan physiologique de la tête. Les canaux semi-circulaires antérieur et postérieur sont dans un plan perpendiculaire au plan du canal semi-circulaire latéral.

La cochlée est située dans la partie antérieure du labyrinthe osseux. Elle forme un tube osseux comprenant deux tours et demi d'hélice et enroulé autour d'un axe appelé columelle.

- **Labyrinthe membraneux :**

Il comprend le labyrinthe membraneux postérieur, destiné à l'équilibration, composé des canaux semi-circulaires, de l'utricule, de la saccule et des voies endolymphatiques, et le labyrinthe membraneux antérieur, destiné à l'audition, composé du canal cochléaire.

Le canal cochléaire est un tube long de 30 mm composé de deux segments. Il est triangulaire à la coupe. Sa paroi supérieure est constituée de la membrane de Reissner et sépare le canal cochléaire de la rampe vestibulaire. Sa paroi externe est constituée par la strie vasculaire, épithélium vascularisé sécrétant l'endolymphe. Sa paroi inférieure sépare le canal cochléaire de la rampe tympanique et est constituée de la membrane basilaire sur laquelle repose l'organe de Corti.

L'organe de Corti est composé de cellules de soutien et de cellules ciliées de deux types, les cellules ciliées internes disposées en une seule rangée, et les cellules ciliées externes disposées en trois rangées. Les cellules ciliées présentent à leur apex des stéréocils rangés par taille décroissante de l'extérieur vers l'intérieur. Ils sont disposés en W et ancrés dans la membrane tectoriale pour les cellules ciliées externes et en V pour les cellules ciliées internes.

d. Nerf cochléaire ^[4,5] :

La VIII^{ème} paire crânienne se divise en une branche antérieure le nerf cochléaire et en une branche postérieure, le nerf vestibulaire.

Le nerf cochléaire est constitué de fibres afférentes dirigées vers les noyaux cochléaires et de fibres efférentes partant du tronc cérébral vers les cellules ciliées.

- **Innervation afférente :**

L'innervation afférente provient de neurones auditifs primaires dont les corps cellulaires sont situés au niveau du ganglion spiral de Corti. Ils sont bipolaires avec un prolongement périphérique qui se termine au contact des cellules ciliées et d'un prolongement central qui se termine au niveau des noyaux cochléaires dans le tronc cérébral. Il existe deux types de neurones auditifs primaires : les neurones ganglionnaires de type I et les neurones ganglionnaires de type II.

Les neurones de type I constituent 95% des neurones du ganglion spiral de Corti. Ils sont myélinisés et innervent les cellules ciliées internes. Un neurone de type I se connecte à une cellule ciliée interne par un bouton dendritique unique, mais une cellule ciliée interne est innervée par plusieurs neurones ganglionnaires de type I.

Les neurones ganglionnaires de type II constituent 5% des neurones du ganglion spiral de Corti. Ils ne sont pas myélinisés et innervent les cellules ciliées externes. Un neurone ganglionnaire de type II se connecte à plusieurs cellules ciliées externes.

- **Innervation efférente :**

Il provient de neurones dont les corps cellulaires sont originaires de l'olive bulbaire et forment les systèmes olivocochléaires efférents latéral et médial. Le système efférent latéral innerve les dendrites des neurones ganglionnaires de type I tandis que le système efférent médian innerve directement les cellules ciliées externes.

2. Physiologie de l'appareil auditif ^[5]:

Chaque partie de l'appareil auditif possède un rôle dans le codage des sons :

- L'oreille externe a un rôle de capteur du son,
- L'oreille moyenne a un rôle d'adaptateur d'impédance,
- Et l'oreille interne a un rôle de transducteur.

a. Oreille externe :

L'oreille externe capte les sons au niveau du pavillon. Elle permet la localisation des sons et a un rôle d'amplification via le cornet acoustique pour les fréquences de 2000 à 5000 Hz.

b. Oreille moyenne :

L'oreille moyenne a une double fonction : la transformation d'une onde sonore aérienne en variation de pression au niveau de l'oreille moyenne et la protection de l'oreille interne.

- **Transmission des ondes sonores :**

L'onde sonore met en vibration la membrane tympanique qui mobilise à son tour la chaîne des osselets par l'intermédiaire du manche du marteau intégré dans la membrane tympanique. La platine de l'étrier mise en mouvement crée des déplacements de périlymphe en faisant vibrer la fenêtre ovale.

La transmission des sons d'un milieu aérien de faible résistance à un milieu liquidien de forte résistance devrait entraîner une perte de 30 dB. L'oreille moyenne possède un mécanisme d'adaptation d'impédance qui limite cette perte.

Ce mécanisme met en jeu :

- Un système de bras de levier de la chaîne ossiculaire marteau-enclume,
- Le rapport de surface entre la membrane tympanique et la platine de l'étrier de 1/17.

- **Protection de l'oreille interne :**

Elle correspond au réflexe acoustique souvent assimilé au seul réflexe stapédien. Il met en jeu la contraction de deux muscles : le muscle du marteau et le muscle de l'étrier. Cette contraction entraîne une augmentation de la rigidité de la chaîne ossiculaire. L'arc réflexe est polysynaptique. La contraction du muscle de l'étrier est mise en jeu par une boucle acoustico-faciale passant par le noyau cochléaire ventral et le noyau du nerf facial. Celle du muscle du marteau est mise en jeu par une boucle acoustico-trigéminal.

Son rôle de protection est limité par :

- Sa fatigabilité lors de stimuli répétés,
- Le temps de latence du réflexe stapédien d'environ 7 à 10 ms,
- La fréquence du stimulus : le seuil sera plus élevé pour des fréquences aiguës que pour des fréquences graves.

c. Oreille interne :

Le rôle de l'audition est assuré par la cochlée, responsable de la transduction mécano-électrique, et par le nerf auditif. La transduction mécano-électrique peut être divisée en cinq phases :

- Propagation de l'onde mécanique dans les fluides cochléaires,
- Stimulation des cellules ciliées externes,
- Mise en jeu des mécanismes actifs,
- Stimulation des cellules ciliées internes,
- Libération du neurotransmetteur.

- **Propagation de l'onde mécanique dans les fluides cochléaires :**

La mise en action de l'étrier provoque des variations de pression intra-cochléaire. L'onde de pression se propage alors le long de la membrane basilaire de la base à l'apex de la cochlée.

Il existe un gradient de rigidité de l'apex à la base de la cochlée, ce qui conduit à une fréquence de résonance spécifique en fonction de la localisation sur la cochlée (= tonotopie passive). La description de cette tonotopie cochléaire a valu à Georg Von Bekesy le Prix Nobel de Médecine en 1962.

- **Stimulation des cellules ciliées externes :**

Le mouvement de cisaillement de la membrane tectoriale créé par les variations de pression intra-cochléaire provoque la déflexion des stéréocils des cellules ciliées externes. Cette bascule des stéréocils provoque l'ouverture de canaux cationiques non spécifiques qui laissent entrer le potassium de l'endolymphe dans les cellules ciliées externes. Celles-ci sont alors dépolarisées.

- **Mise en jeu des mécanismes actifs :**

Les cellules ciliées externes dépolarisées se contractent, ce qui est la base du mécanisme actif. Ce mécanisme amplifie la vibration de la membrane basilaire et accorde cette vibration sur une portion très étroite de l'organe de Corti, ce qui permet une sélectivité en fréquence fine (= tonotopie active). Cette électromotilité dépend d'une protéine du cytosquelette des cellules ciliées externes : la prestine. Il existe comme pour la tonotopie passive un gradient décroissant de la base à l'apex qui explique que les mécanismes actifs sont plus importants pour les fréquences aiguës et moyennes.

L'existence de cellules capables de produire une énergie mécanique a été mise en évidence par Gold dès 1948, puis David Kemp a découvert le phénomène d'otoémission acoustique en 1978. L'otoémission acoustique ^[6] correspond à une émission sonore liée à l'électromotilité des cellules ciliées externes. Elle est enregistrable dans le méat acoustique externe en dehors de toute stimulation sonore (otoémission spontanée) ou en réponse à une stimulation sonore (otoémission provoquée).

- **Stimulation des cellules ciliées internes :**

Les cellules ciliées internes sont excitées lorsque leurs stéréocils sont déplacés par la membrane tectoriale. Ce déplacement provoque l'ouverture de canaux mécanosensibles et entraîne la dépolarisation de la cellule par entrée de potassium. Cette stimulation permet également une sélectivité fréquentielle : une cellule ciliée interne présente davantage de synapse avec les neurones ganglionnaires de type I dans la région la plus sensible à la fréquence.

- **Libération du neurotransmetteur :**

La dépolarisation de la cellule provoque l'ouverture de canaux calciques. L'afflux de calcium dans la cellule entraîne la fusion de vésicules avec la membrane cellulaire et provoque la libération de glutamate dans la synapse. Ce dernier se fixe sur les récepteurs des fibres du nerf auditif et permet l'envoi d'un message nerveux.

d. Centres auditifs ^[5,7]:

L'intégration du message sonore met en jeu des mécanismes complexes et intriqués. Elle se fait par un codage sous forme de potentiel d'action se propageant le long des neurones formant le nerf cochléaire. Le nerf cochléaire relie la cochlée aux noyaux du tronc cérébral. Il existe plusieurs décussations au cours du trajet du nerf cochléaire permettant une analyse comparative et synthétique de l'information des deux oreilles.

- **Analyse fréquentielle :**

Comme expliqué plus haut, il existe une tonotopie active et une tonotopie passive permettant une sélectivité fréquentielle de la cochlée. La mise en résonance fine d'un endroit spécifique de la spirale cochléaire correspondant à une fréquence caractéristique induit une activité plus intense des neurones faisant synapse à cet endroit.

L'intensité du signal spectral est codée en taux de potentiel d'action par unité de temps. Il existe un seuil de saturation à 40 dB lié au taux de potentiel d'action maximal réalisable par le neurone. Pour dépasser ce seuil de 40 dB, il existe deux types de neurones : les neurones de bas seuil qui sont les premiers stimulés et les neurones de haut seuil activés quand les neurones de bas seuil sont dépassés. Si les neurones de bas et de haut seuils sont dépassés, les cellules les plus proches des neurones spécifiques de la fréquence sont activés. Ainsi plus l'intensité est élevée, plus la fréquence acoustique est aspécifique.

- **Théorie duplex de la localisation :**

Le codage et l'analyse bilatérale des sons par les centres auditifs permettent d'évaluer la provenance d'un son. Lorsque l'origine du son est latérale, il existe un retard de perception (différence interaurale de temps) par l'oreille contralatérale et une différence interaurale d'intensité liée à l'effet d'ombre de la tête.

Il résulte de ces deux paramètres la théorie duplex de la localisation : l'écart interaural d'intensité code pour l'azimut d'une source sonore au dessus de 2 kHz et l'écart interaural de temps code pour l'azimut d'une source sonore au dessous de 3 kHz.

- **Sonie :**

Elle représente avec la hauteur et le timbre les trois attributs fondamentaux d'un son. Elle est codée par le nombre total de potentiels d'action véhiculés par le nerf cochléaire. Deux lois modélisent la croissance de la sonie. La loi de Stevens estime que la sonie double à chaque fois que le niveau sonore augmente de 10 dB. La loi de Fechner décrit une croissance logarithmique de la sonie. L'évaluation de la sonie est

mal connue.

- **Discrimination entre deux sons :**

La notion de discrimination des sons dans une ambiance sonore repose sur les notions de masquage et de bande critique.

Le masquage correspond à la capacité de l'oreille de privilégier une fréquence par rapport à une autre. Il repose sur la notion de ligne occupée de Fletcher. Les neurones impliqués dans le codage d'un son X peuvent se situer dans une zone répondant à un son Y. Dans ce cas, les potentiels d'action générés par la réponse au son X vont être noyés dans ceux dus au son Y, ou alors le neurone saturé ou en période réfractaire ne pourra répondre au son X.

La bande critique correspond au non masquage d'un son mélangé dans une ambiance sonore à large spectre. La largeur d'une bande critique est proportionnelle à sa fréquence centrale

3. Rappel audiométrie et audiogramme ^[8,9]:

L'audiométrie fait partie des explorations fonctionnelles du nerf cochléaire comprenant également les otoémissions acoustiques et les potentiels évoqués auditifs.

L'audiométrie est la méthode d'examen universelle pour mesurer l'audition. La qualité du recueil dépend des conditions d'examen dont les normes sont définies par une recommandation établie par l'Association Française de Normalisation (AFNOR).

Elle doit être précédée d'un examen otoscopique pour mettre en évidence un obstacle dans le conduit auditif ou une malformation. L'audiomètre doit être étalonné régulièrement et l'examen doit se dérouler dans une cabine insonorisée.

Il existe deux types d'audiométrie : l'audiométrie vocale et l'audiométrie tonale qui sera la seule abordée dans ce chapitre.

a. Principes de l'audiométrie tonale :

L'audiométrie tonale utilise des sons purs allant de 125 Hz à 8000 Hz, d'intensité croissante de 0 à 120 dB, pour préciser le seuil de détection des sons pour chaque

oreille. Du fait de l'atteinte auditive asymétrique, il est important d'effectuer un masquage de l'oreille controlatérale.

L'examen comporte deux temps, le premier temps correspond à la détermination de la conduction aérienne, le deuxième à celui de la conduction osseuse.

- **Conduction aérienne :**

Le test en conduction aérienne est débuté à 1000 Hz pour l'oreille la moins sourde. Les premières intensités de stimulation doivent être fortes afin que le sujet comprenne les principes du test. La recherche des seuils peut être réalisée selon deux principes :

- la méthode à intensité croissante : la stimulation débute par des intensités sonores faibles augmentées jusqu'à perception du signal.
- ou celle à intensité décroissante : la stimulation débute par des intensités sonores fortes diminuées jusqu'à disparition de la perception du signal.

Les fréquences testées se font par pas d'une ou d'une demi-octave. Elles sont dans l'ordre la fréquence 1000 Hz, puis les fréquences aiguës et enfin les fréquences graves.

Le patient signale la détection ou la disparition du son par un moyen déterminé à l'avance. Ce seuil de détection des sons correspond au niveau le plus faible auquel le son est perçu pour chaque fréquence testée.

- **Conduction osseuse :**

Le test est poursuivi par la conduction osseuse pour les mêmes fréquences en plaçant un vibreur sur le processus mastoïde concerné. La recherche des seuils est identique à celle réalisée en conduction aérienne.

b. Audiogramme :

L'audiogramme représente la mesure de la perte auditive par rapport au seuil normal (0 dB) pour chaque fréquence du champ auditif.

Les points obtenus lors du test sont reportés sur une grille comportant :

- En abscisse : les fréquences du champ auditif de 125 à 8000 Hz,
- En ordonnée descendante : la perte auditive en décibels de -10 à -120 dB HL

Les résultats sont indiqués par des signes admis par la nomenclature internationale.

(Tableau N°1)

Méthode de représentation	Oreille droite	Oreille gauche
Seuil aérien sans masquage	O	×
Seuil aérien avec masquage		■
Seuil osseux sans masquage	<	>
Seuil osseux avec masquage	[	]
Pas de réponse	↙	↘

Tableau N°1 : Conditions graphiques recommandés pour les audiogrammes.

4. Bases physiques du bruit ^[10]:

a. Définitions :

Le son est la sensation auditive engendrée par une vibration acoustique.

L'onde sonore correspond à la vibration mécanique des molécules d'air déplacées par vague de proche en proche. La vitesse de propagation du son dans l'air est de 340 mètres par seconde.

Le bruit correspond à un ensemble de sons produits par des vibrations et perceptibles à l'oreille. Le terme de bruit sous-entend une sensation désagréable à l'oreille.

b. Grandeurs physiques :

• Pression acoustique :

Elle correspond à la variation de pression générée dans la pression atmosphérique par l'onde sonore. Elle s'exprime en Pascal.

L'oreille humaine est sensible à une large gamme de variation de pression (de 20 μ Pa à 20 Pa). L'étendue de ces variations a conduit à créer le Décibels qui

correspond à une transformation logarithmique du Pascal suivant le loi de Weber-Fechner.

Plusieurs types de décibels existent pour prendre en compte la sensibilité de perception de l'oreille :

- dB SPL (Sound Pressure Level) correspond au dB de base. 0 dB SPL correspond à une intensité acoustique de 10^{-12} W/m² et à une pression acoustique de 20 µPa,
- dB HL (Hearing Level) correspond au décibel pondéré par une courbe audiométrique de normo entendant,
- dB (A) correspond au décibel du rapport pondéré en fréquence en suivant la courbe A. La courbe de pondération est adaptée à la réponse de l'oreille à des niveaux faibles de pression acoustique de 40 dB SPL,
- dB (B) correspond au décibel du rapport pondéré en fréquence suivant la courbe B. La courbe de pondération est adaptée à la réponse de l'oreille à des niveaux de pression acoustique de 70 dB SPL,
- dB (C) correspond au décibel du rapport pondéré en fréquence suivant la courbe C. La courbe de pondération est adaptée à la réponse de l'oreille à des niveaux élevés de pression acoustique de 90 dB.

La sonie correspond à l'intensité de la sensation sonore en rapport avec la pression acoustique. Elle est maximale à la source et diminue avec l'éloignement. Dans l'air, l'intensité sonore diminue de 6 dB chaque fois que la distance double.

• **Fréquence :**

Elle correspond au nombre de fluctuations de la pression par seconde et est exprimée en hertz (Hz). Elle est en corrélation avec la hauteur du son : plus la fréquence est élevée plus les sons sont aigus.

L'oreille humaine est sensible à des fréquences comprises entre 16 et 20 000 Hz.

Un signal sonore est souvent complexe, formé par une superposition de sons purs. Le spectre du son correspond à l'analyse des différentes composantes en terme de fréquence.

- **Durée d'exposition :**

Elle est prise en compte de deux façons :

- La variation des niveaux sonores en fonction du temps définit les bruits continus, fluctuants et impulsifs.,
- La variation en fonction du temps d'exposition définit les normes réglementaires d'exposition aux bruits sur le lieu de travail.

c. Effets du bruit sur l'organisme ^[11]:

- **Effets auditifs :**

Ils sont au nombre de quatre : l'effet masque, la fatigue auditive, la surdité et le traumatisme sonore aigu.

L'effet masque correspond à l'absence de perception d'un son en cas de présence simultanée d'un bruit parasite.

La fatigue auditive correspond à l'élévation temporaire du seuil de l'audition. Elle ne se manifeste qu'à partir d'une intensité déterminée de bruit et augmente avec l'intensité. Elle est d'autant plus marquée que la surdité est moindre.

La surdité liée au bruit est une surdité symétrique, irréversible et cessant d'évoluer après l'arrêt de l'exposition. Elle comporte quatre stades :

- Stade I : encoche à la fréquence 4000 Hz avec une perte supérieure à 30 dB,
- Stade II : extension à la fréquence 2000 Hz, le sujet fait répéter,
- Stade III : extension du déficit aux fréquences 1000 et 8000 Hz, les difficultés de compréhension deviennent socialement gênantes,
- Stade IV : toutes les fréquences sont atteintes.

- **Effets extra-auditifs :**

Ils sont de plusieurs types : troubles du sommeil, effets cardio-vasculaires, effets sur l'équilibre, effets neuropsychiques et cognitifs.

Le bruit provoque des modifications de la structure du sommeil avec des difficultés d'endormissement et un raccourcissement de certains stades de sommeil, notamment le stade de sommeil profond qui intervient dans la récupération physique.

Le bruit serait un facteur de risque d'hypertension artérielle sans lien de causalité démontré. Il induit une augmentation de la fréquence cardiaque et de la pression artérielle.

Les effets sur l'équilibre résultent de l'influence des bruits intenses sur les canaux semi-circulaires.

Les effets neuropsychiques et cognitifs sont nombreux. Les sujets exposés au bruit sont irritables, agressifs. Il existe également une perte de performance.

5. Bruit et maladie professionnelle :

a. Maladie professionnelle :

Une maladie peut être reconnue comme maladie professionnelle si elle figure dans les tableaux annexés au Code de la Sécurité Sociale. Depuis 1963, la Caisse Nationale d'Assurance Maladie reconnaît comme maladie professionnelle les affections provoquées par le bruit au travail. Ces affections sont inscrites au tableau n°42 des maladies professionnelles du régime général sous l'intitulé « Atteinte auditive provoquée par des bruits lésionnels ». (*Tableau N°2*)

Il existe deux types de déficits auditifs :

- Le déficit auditif temporaire correspondant à la fatigue auditive. Ce déficit est récupérable après cessation de l'exposition sonore. Il n'est donc pas reconnu comme maladie professionnelle,
- Le déficit auditif permanent survient lors d'une exposition d'intensité élevée, répétée et de longue durée.

Pour être reconnu comme maladie professionnelle, le déficit auditif doit être bilatéral et mesuré par une audiométrie tonale liminaire et une audiométrie vocale, réalisées en cabine insonorisée avec un audiomètre calibré.

Cette audiométrie doit être réalisée après une cessation d'exposition au bruit lésionnel d'au moins 3 jours et doit faire apparaître un déficit d'au moins 35 dB sur la meilleure oreille. Ce déficit est calculé par une moyenne des fréquences 500, 1000, 2000, et 4000 Hz.

Désignation des maladies	Délai de prise en charge	Liste limitative des travaux susceptibles de provoquer ces maladies
Hypoacousie de perception par lésion cochléaire irréversible, accompagnée ou non d'acouphènes. Cette hypoacousie est caractérisée par un déficit audiométrique bilatéral, le plus souvent symétrique et affectant préférentiellement les fréquences élevées. Le diagnostic de cette hypoacousie est établi : - par une audiométrie tonale liminaire et une audiométrie vocale qui doivent être concordantes ; - en cas de non-concordance par une impédancemétrie et recherche du réflexe stapédien ou à défaut par l'étude du suivi audiométrique professionnel. Ces examens doivent être réalisés en cabine insonorisée, avec un audiomètre calibré. Cette audiométrie diagnostique est réalisée après une cessation d'exposition au bruit lésionnel d'au moins 3 jours et doit faire apparaître sur la meilleure oreille un déficit d'au moins 35 dB. Ce déficit est la moyenne des déficits mesurés sur les fréquences 500, 1 000, 2 000 et 4 000 Hertz. Aucune aggravation de cette surdité professionnelle ne peut être prise en compte, sauf en cas de nouvelle	1 an (sous réserve d'une durée d'exposition d'un an, réduite à 30 jours en ce qui concerne la mise au point des propulseurs, réacteurs et moteurs thermiques).	Exposition aux bruits lésionnels provoqués par : 1. Les travaux sur métaux par percussion, abrasion ou projection, tels que : - le décolletage, l'emboutissage, l'estampage, le broyage, le fraisage, le martelage, le burinage, le rivetage, le laminage, l'étirage, le tréfilage, le découpage, le sciage, le cisailage, le tronçonnage ; - l'ébarbage, le grenaillage manuel, le sablage manuel, le meulage, le polissage, le gougeage et le découpage par procédé arc-air, la métallisation. 2. Le câblage, le toronnage, le bobinage de fils d'acier. 3. L'utilisation de marteaux et perforateurs pneumatiques. 4. La manutention mécanisée de récipients métalliques. 5. Les travaux de verrerie à proximité des fours, machines de fabrication, broyeurs et concasseurs ; l'embouteillage. 6. Le tissage sur métiers ou machines à tisser, les travaux sur peigneuses, machines à filer incluant le passage sur bancs à broches, retordeuses, moulineuses, bobineuses de fibres textiles. 7. La mise au point, les essais et l'utilisation des propulseurs, réacteurs, moteurs thermiques, groupes électrogènes, groupes hydrauliques, installations de compression ou de détente fonctionnant à des pressions différentes de la pression atmosphérique, ainsi que des

exposition au bruit lésionnel.		moteurs électriques de puissance comprise entre 11 kW et 55 kW s'ils fonctionnent à plus de 2 360 tours par minute, de ceux dont la puissance est comprise entre 55 kW et 220 kW s'ils fonctionnent à plus de 1320 tours par minute et de ceux dont la puissance dépasse 220 kW. 8. L'emploi ou la destruction de munitions ou d'explosifs. 9. L'utilisation de pistolets de scellement. 10. Le broyage, le concassage, le criblage, le sablage manuel, le sciage, l'usinage de pierres et de produits minéraux. 11. Les procédés industriels de séchage de matières organiques par ventilation. 12. L'abattage, le tronçonnage et l'ébranchage mécaniques des arbres. 13. L'emploi des machines à bois en atelier : scies circulaires de tous types, scies à ruban, dégauchisseuses, raboteuses, toupies, machines à fraiser, tenonneuses, mortaiseuses, moulurières, plaqueuses de chants intégrant des fonctions d'usinage, défonceuses, ponceuses, cloueuses.
--------------------------------	--	--

Tableau N°2 : Tableau n°42 annexé au Code de la Sécurité Sociale « Atteinte auditive provoquée par les bruits lésionnels » fixé par le décret du 10 avril 1963.

b. Législation relative à l'exposition au bruit dans l'industrie ^[12,13] :

La législation relative à l'exposition professionnelle au bruit repose sur la directive européenne N°2003/10/CE du 6 février 2003, transposée en droit français par le décret n°2006-892 du 19 juillet 2006. Ce décret modifie le Code du travail en créant une section « Prévention du risque d'exposition au bruit » (Articles R. 231-125 à R. 231-135). Il est relatif aux prescriptions de sécurité et de santé applicables en cas d'exposition des travailleurs aux risques dus au bruit.

Cette législation définit les paramètres physiques utilisés comme indicateurs du risque :

- Niveau de pression acoustique de crête ($L_{p,c}$): niveau de la valeur maximale de la pression acoustique instantanée mesurée avec pondération fréquentielle C, exprimé en dB (C). Il correspond aux bruits impulsifs,
- Niveau d'exposition quotidienne et hebdomadaire au bruit ($L_{EX, 8 \text{ heures}}$ et $L_{EX, 40 \text{ heures}}$) : moyenne pondérée dans le temps des niveaux d'exposition au bruit pour une journée de travail nominale de 8 h et pour une semaine nominale de 5 journées de travail de 8 h, exprimé en dB (A). Il correspond à des bruits stables ou fluctuants.

Elle fixe les valeurs limites d'exposition :

- Les valeurs limites d'exposition des travailleurs au bruit à ne pas dépasser, en prenant en compte l'atténuation par la protection individuelle, sont un niveau d'exposition quotidienne au bruit de 87 dB (A) ou un niveau de pression acoustique de crête de 140 dB (C),
- Les valeurs d'exposition supérieures déclenchant l'action de prévention sont un niveau d'exposition quotidienne au bruit de 85 dB (A) ou un niveau de pression acoustique de crête de 137 dB (C),
- Les valeurs d'exposition inférieures déclenchant l'action de prévention sont un niveau d'exposition quotidienne au bruit de 80 dB (A) ou un niveau de pression acoustique de crête de 135 dB (C).

Les valeurs d'exposition déclenchant l'action de prévention correspondent à des valeurs seuils à partir desquels l'employeur doit mettre en œuvre une liste de mesures spécifiques (Art R. 231-131) :

- Valeurs d'exposition inférieures déclenchant l'action : mise à disposition d'équipements de protection individuelle (EPI) appropriés et adaptés,
- Valeurs d'exposition supérieures déclenchant l'action : obligation et contrôle du port d'équipements de protection individuelle.

Le code du travail (Art R. 231-133) prévoit une obligation pour l'employeur d'information et de formation sur :

- La nature des risques,
- Les mesures prises,
- Les valeurs limites,
- Les résultats des mesures,
- L'utilisation correcte des protections,
- L'utilité et la façon de dépister l'altération de l'ouïe,
- Les conditions dans lesquelles les travailleurs ont droit à une surveillance de santé,
- Les pratiques professionnelles sûres afin de réduire l'exposition au minimum.

c. Cas particuliers des pensions militaires d'invalidité ^[14]:

Pour les militaires, le Code des pensions militaires d'invalidité et des victimes de la guerre fixe les règles d'indemnisation des surdités professionnelles provoquées par le fait ou à l'occasion du service.

Il incombe au militaire de prouver l'imputabilité au service et à l'Etat d'apporter la preuve contraire s'il y a lieu.

L'imputabilité au service est apportée par preuve (inscription au registre des constatations) ou présomption d'origine.

Contrairement à la réglementation civile, il n'existe ni liste limitative des postes de travail, ni durée minimale d'exposition au bruit, ni délai de prise en charge.

Le déficit auditif doit être irréversible mais peut-être unilatéral. La perte auditive moyenne (PA) est calculée par la formule de Fournier :

$$PA = \frac{\text{déficit sur 500 Hz} + 2 \text{ fois déficit sur 1000 Hz} + \text{le déficit sur 2000 Hz.}}{4}$$

La perte auditive moyenne pour laquelle une indemnisation est possible est de 30 dB. Le pourcentage d'invalidité est calculé à partir de la perte auditive des deux oreilles par un tableau à double entrée. (*Tableau N°3*)

Comme pour toutes les invalidités liées au service, la perte auditive est indemnisable à partir d'un pourcentage d'invalidité supérieur ou égal à 10%.

Dans le cadre d'une perte de sélectivité importante (scotome), une indemnisation est possible si le seuil de fréquence 4000 Hz présente une différence de 50 dB avec le seuil de fréquence 1000 Hz sur la meilleure oreille. Dans ce cas, le taux affecté majore le taux de perte auditive et correspond à un taux de 10% dit de « perte de sélectivité ». Ce taux majore le taux de base à condition que la perte auditive moyenne de la meilleure oreille soit inférieure à 60 dB, car la perte de sensibilité est peu aggravée par la perte de sélectivité.

Les acouphènes sont également indemnisés par un taux qui varie de 10 à 30%. Il ne peut être inférieur à 10% et peut s'appliquer dans le cas d'une surdité inférieure au minimum indemnisable.

L'aggravation éventuelle est prise en compte par des révisions.

					Audition normale	1 ^{er} degré		2 ^e degré		3 ^e degré	4 ^e degré
						Faible	Fort	Faible	Fort		
					VH > 9 m	VH de 9m à > 3m	VH de 3 m à > 1 m	VH de 1 m à > 0,30 m	VH de 0,30 m à > 0,10 m	VH de 0,10 m à contact	VH non perçue
					VC > 0,90 m	VC de 0,90 m à > 0,30 m	VC de 0,30 à > 0,10 m	VC de 0,10 m au voisinage du pavillon	VC voisinage du pavillon ou non perçue		
PA en dB 0 à 29	PA en dB 30 à 39	PA en dB 40 à 49	PA en dB 50 à 59	PA en dB 60 à 69	PA en dB 70 à 79	PA en dB > 80					
Audition normale		VH > 9 m	VC > 0,90 m	PA en dB 0 à 29	0	2	4	7	10	12	15
1 ^e degré	Faible	VH de 9m à > 3m	VC de 0,90 m à > 0,30 m	PA en dB 30 à 39	2	5	10	15	20	25	30
	Fort	VH de 3 m à > 1 m	VC de 0,30 à > 0,10 m	PA en dB 40 à 49	4	10	15	25	30	35	40
2 ^e degré	Faible	VH de 1m à > 0,30 m	VC de 0,10 m au voisinage du pavillon	PA en dB 50 à 59	7	15	25	35 30	40 35	45 40	55 50
	Fort	VH de 0,30 m à > 0,10 m	VC voisinage du pavillon	PA en dB 60 à 69	10	20	30	40 35	50 45	60 55	70 65
3 ^e degré	VH de 0,10 m à contact			PA en dB 70 à 79	12	25	35	45 40	60 55	75 70	85 80
4 ^e degré	VH non perçue			PA en dB > 80	15	30	40	55 50	70 65	85 80	100

Tableau N°3 : Tableau d'évaluation du taux d'invalidité en fonction de la diminution de l'acuité auditive.

6. Les différents types d'aéronefs :

a. RAFALE :

Le programme RAFALE a été mené par la Délégation Générale pour l'Armement (DGA) au profit des Etats Major de l'Armée de l'Air et de la Marine afin de disposer d'un appareil polyvalent, capable par tout temps, de jour comme de nuit, d'assurer une large gamme de missions (supériorité et défense aérienne, attaque air-surface, reconnaissance) avec les armements (actuels et à venir) et un système d'arme unique quelque soit la version.

C'est le premier appareil à avoir été conçu dès l'origine pour opérer aussi bien à partir de la terre que d'un porte-avion. Cela a permis d'obtenir une « communalité » entre les deux versions de près de 80% pour la structure et de pratiquement 100% pour le système d'armes. Il remplacera à terme 6 types d'avion (Mirage IV, Jaguar, Mirage F1, Mirage 2000, Etendard IVP, Super-Etendard) en trois versions : le monoplace embarqué M pour la Marine, le monoplace C et le biplace B pour l'Armée de l'Air.

La première flotille de la Marine (au standard F1) est opérationnelle depuis juin 2004.

Le RAFALE équipe :

- La flotille 12F de la base aéronavale de Landivisiau,
- L'escadron de chasse 01.007 « Provence » et l'escadron de chasse 01.091 « Gascogne » sur la base aérienne de Saint-Dizier,
- L'escadron de chasse et d'expérimentation 05.330 « Côte d'Argent » et l'escadron de chasse 02.030 « Normandie Niemen » sur la base aérienne de Mont de Marsan,
- L'escadron de chasse 01.030 « Lorraine » sur la base aérienne 104 d'Al Dhafra aux Emirats Arabes Unis,
- L'escadron de transformation RAFALE 02.092 « Aquitaine », véritable organe d'instruction et d'entraînement. Il s'inscrit dans la révolution menée par le RAFALE dans le monde de l'aéronautique.

Centre d'expertise en ce qui concerne le RAFALE, il permet l'entraînement par le simulateur au profit des personnels navigants, la standardisation de l'utilisation de l'avion, l'étude de nouvelles tactiques, l'analyse et la validation des concepts/programmes.

Concentrée de technologie, la base aérienne 113 « Commandant Antoine de Saint-Exupéry » accueille l'unique centre offrant de telles possibilités et bien plus à venir. L'escadron est né le 1^{er} juin 2010, regroupant la Marine et l'Armée de l'Air, il devient un outil indispensable dans la formation de tous les pilotes de RAFALE.

Ses missions comportent :

- La défense aérienne,
- Les frappes air-sol de précision,
- La lutte anti-navire,
- La reconnaissance,
- La dissuasion nucléaire aéroportée.

b. Mirage 2000 :

Le Mirage 2000 été conçu par l'avionneur Dassault Aviation.

Il s'agit d'un avion de chasse à aile delta, propulsé par un seul turboréacteur à post-combustion. Il existe cinq versions dans les forces armées françaises :

- Mirage 2000B : avion biplace de défense aérienne,
- Mirage 2000C : avion monoplace de défense aérienne,
- Mirage 2000N : avion biplace employé pour la mission de dissuasion nucléaire,
- Mirage 2000D : avion biplace d'attaque air-sol,
- Mirage 2000-5F : avion monoplace de défense aérienne.

Le Mirage 2000 équipe :

- L'escadron de chasse 01.003 « Navarre », l'escadron de chasse 02.003 « Champagne » et l'escadron de chasse 03.003 « Ardennes » sur la base aérienne de Nancy Ochey (Mirage 2000D),
- L'escadron de chasse 02.005 « Ile de France » sur la base aérienne d'Orange (Mirage 2000B et Mirage 2000C),
- L'escadron de chasse 02.004 « La Fayette » sur la base aérienne d'Istres. (Mirage 2000N) Il correspond à la fusion des escadrons de chasse 02.004 basé auparavant à Luxeuil-Les-Bains et 03.004 « Limousin » basé auparavant à Istres et dissous à l'été 2011,

- L'escadron de chasse 01.012 « Cambrésis » sur la base aérienne de Cambrai, fermé en avril 2012 (Mirage 2000C),
- L'escadron de chasse 03.011 « Corse » sur la base aérienne de Djibouti (Mirage 2000C et Mirage 2000D),
- L'escadron de chasse 01.002 « Cigognes » sur la base aérienne de Luxeuil-Les-Bains. (Mirage 2000-5)

Ses missions comportent :

- La défense aérienne (Mirage 2000-5, Mirage 2000C, Mirage 2000B),
- Les frappes air-sol (Mirage 2000D),
- La mission nucléaire (Mirage 2000N).

d. Etude de la nuisance sonore engendrée par les deux avions ^[15] :

Cette étude a été réalisée sur la base aérienne de Mont de Marsan au cours de l'année 2001. Elle comportait plusieurs volets : l'étude de l'exposition au bruit à régime constant sur le parking et en hangare, l'étude de l'exposition au bruit lors du démarrage, l'étude des nuisances engendrées par les décollages en centre ville de Mont de Marsan.

L'étude de l'exposition au bruit à régime constant sur le parking et en hangare montre :

- Des niveaux sonores pouvant atteindre 123 dB (A) pour le RAFALE et 124 dB (A) pour le Mirage 2000 par endroit sur le parking et en hangare,
- Une utilisation de protection auditive individuelle est alors nécessaire en cas d'exposition prolongée sur le parking ou en hangare.

L'étude de l'exposition au bruit de la phase de démarrage montre :

- Des niveaux de crête dans la hangare proche de 140 dB pour les deux aéronefs. Cela implique une notion de danger acoustique pour les personnes non protégées se situant à proximité lors de la phase de démarrage,
- Des niveaux de crête sur le parking proche de 130 dB pour les deux aéronefs,
- Les durées maximales d'exposition sur le parking sont de plus de 8 heures avec port de protection auditive pour les deux aéronefs,

- Les durées maximales d'exposition en hangarette sont de 1 heure 35 minutes pour le RAFALE et de 2 heures pour le Mirage 2000. La durée étant courte pour cette phase de démarrage, le mécanicien équipé est protégé.

Une étude réalisée en 2011 a montrée un niveau de pression acoustique équivalent en cabine RAFALE de 102 dB (A) en post-combustion minimum. Une étude complémentaire est en cours pour permettre d'isoler au mieux le personnel navigant des bruits ambiants.

II. Matériels et méthodes :

1. Population étudiée : critères d'inclusion dans l'étude :

a. Les Cas :

Il s'agit des personnels navigants de l'Armée Française ayant plus de deux ans d'activité aéronautique sur l'avion RAFALE des bases aériennes de Saint Dizier, Mont de Marsan et de la base aéronavale de Landivisiau entre novembre 2010 et juillet 2011.

b. Les témoins :

Il s'agit des personnels navigants de l'Armée Française ayant plus de deux ans d'activité aéronautique sur l'avion Mirage 2000 des bases aériennes de Nancy, Luxeuil-Les-Bains et Istres entre novembre 2010 et juillet 2011.

2. Déroulement de l'étude :

a. Questionnaire (Annexe 1) :

Le questionnaire a été rédigé avec l'aide des ORL de l'hôpital Legouest. Ce questionnaire a été distribué aux personnels navigants des bases aériennes de Saint Dizier, Nancy, Luxeuil-Les-Bains, Istres, Mont de Marsan et de la base aéronavale de Landivisiau entre novembre 2010 et juillet 2011 sans distinction d'ancienneté.

Il comprend des informations permettant de :

- Caractériser les populations concernées en terme d'âge,
- Quantifier l'ancienneté de l'exposition,
- Evaluer le ressenti auditif des personnels navigants en terme de fatigue auditive, d'acouphènes, et de ressenti de perte d'audition,
- Evaluer le niveau de protection auditive,
- Connaître les antécédents médicaux et les facteurs de risque surajoutés.

Au total, 124 questionnaires ont été recueillis :

- 89 concernaient des personnels navigants ayant plus de deux ans d'ancienneté sur l'avion concerné,
- 31 concernaient des personnels navigants ayant moins de deux ans d'ancienneté sur l'avion concerné,
- 4 étaient inexploitable car anonymes.

Sur les questionnaires concernant des personnels navigants ayant plus de deux ans d'ancienneté :

- 53 concernaient des personnels navigants sur RAFALE.
- 36 concernaient des personnels navigants sur Mirage 2000.

(Figure N°1)

b. Recueil des audiogrammes

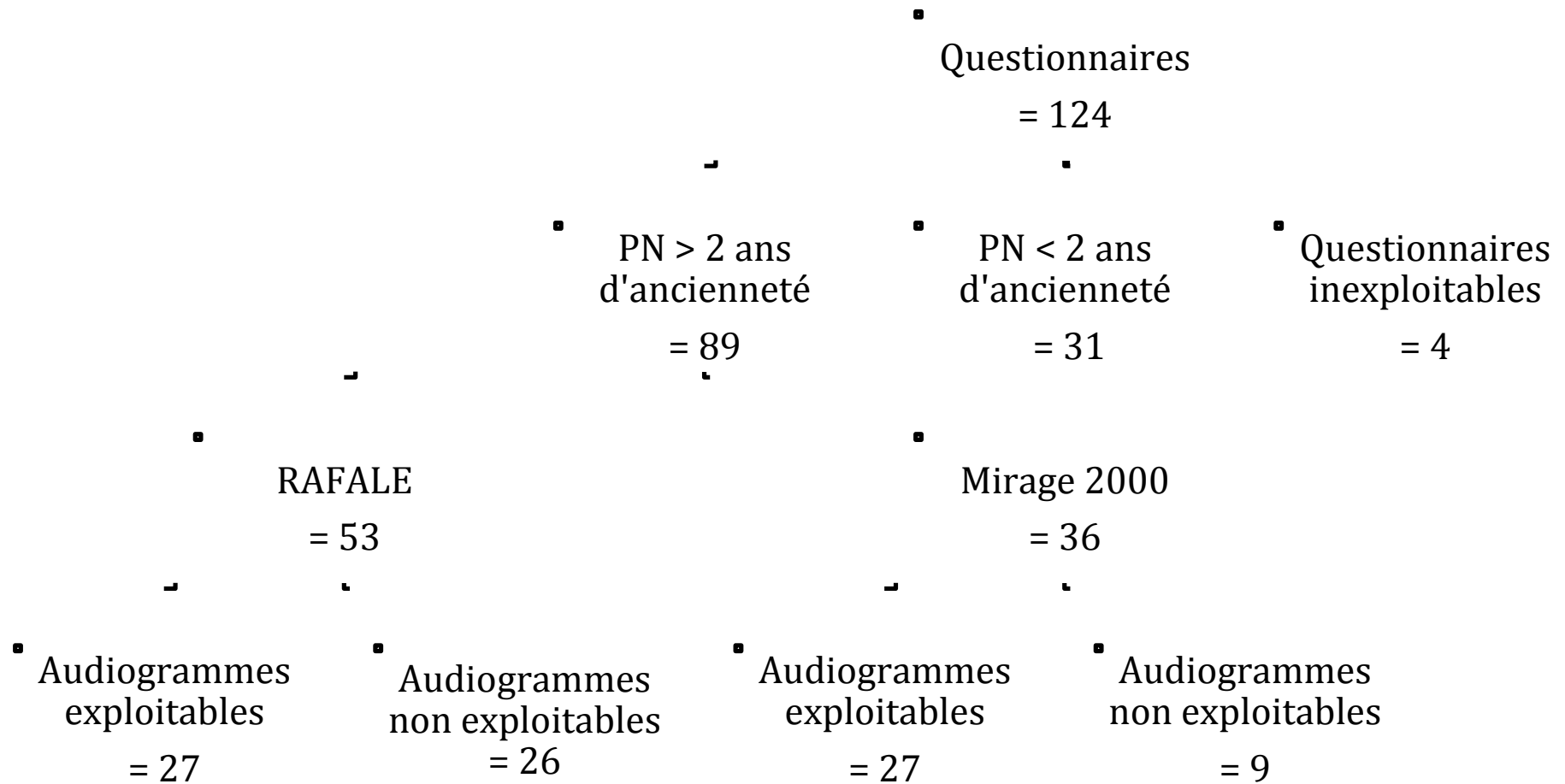
Les personnels navigants de l'Armée de l'Air effectuent chaque année une visite au centre d'expertise médicale du personnel navigant (CEMPN) ou centre principal d'expertise médicale du personnel navigant (CPEMPN) dans le cadre de l'aptitude au vol. Les personnels navigants de la Marine effectuent une visite tous les 2 ans.

Cette visite d'expertise comporte un examen médical général, un examen ophtalmologique, un examen ORL. Lors de l'expertise ORL, les personnels navigants sont soumis à un examen clinique ORL et à une audiométrie tonale.

Nous avons récupéré rétrospectivement les audiogrammes des personnels navigants ayant répondu au questionnaire et ayant plus de deux ans d'affectation sur l'avion concerné, réalisés avant l'affectation sur RAFALE ou Mirage 2000 et deux ans révolus après le début de l'activité aéronautique, au CEMPN de Toulon et au CPEMPN de Percy.

Ils n'ont pu être récupérés pour tous les personnels navigants ayant répondu au questionnaire du fait de l'absence de dossier au CEMPN, de l'absence d'audiogramme réalisé avant l'affectation ou deux ans plus tard.

Figure n°1 : Population étudiée.



3. Critère de jugement principal :

Le critère de jugement principal était une différence de 10 dB sur une même fréquence pour la même oreille entre le début de l'activité aéronautique sur l'avion concerné et deux ans plus tard. Il était alors considéré qu'il existait une perte de l'audition.

4. Analyses statistiques des données

Les données ont été saisies dans deux fichiers :

- un fichier permettant l'analyse des données du questionnaire avec anonymisation des données,
- un fichier anonyme comprenant les audiogrammes avant l'arrivée sur l'avion concerné et deux ans après l'arrivée sur l'avion concerné.

L'analyse a été réalisée à l'aide du logiciel Stata/SE9.0 (College Station, TX, USA). Tous les tests sont bilatéraux et le seuil de significativité est fixé à : $\alpha = 5 \%$.

Une description de la population de l'étude a d'abord été réalisée puis les différentes variables ont été comparées selon le type d'aéronef. Les comparaisons de proportions ont été réalisées à l'aide du test du Chi2 ou du test exact de Fisher selon les conditions d'application des tests.

Un modèle de régression logistique multivariée a permis d'étudier les facteurs de risques du ressenti auditif, les variables introduites dans ce modèle étant associées à la variable « ressenti auditif » en régression logistique univariée avec un degré de significativité inférieur ou égal à 25%.

Un modèle de régression logistique multivariée étudiant les facteurs de risque de la perte effective d'audition chez les pilotes ressentant une baisse d'audition a également été réalisé sur le même principe.

III. Résultats :

1. Analyse descriptive de la population :

a. Age :

La population était composée de 54 personnels navigants ayant une moyenne d'âge de 34 ans avec un écart-type de 4,7 ans. Les sujets avaient moins de 31 ans dans 18% des cas, 39% avaient entre 31 et 35 ans, et 43% avaient plus de 35 ans. (*Figure N°2*)

□

Répartition de la population par tranche d'âge

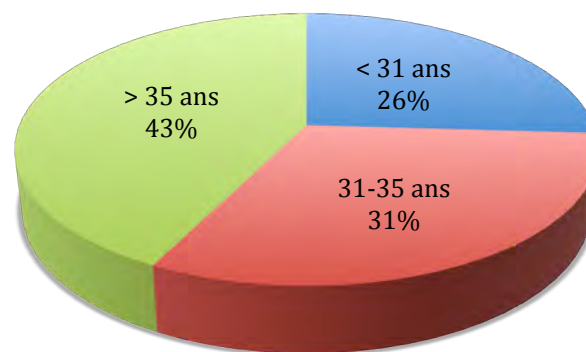


Figure N°2 : Répartition de la population par tranche d'âge.

b. Poste :

Les sujets étaient pilotes de chasse dans 61% des cas et navigateurs de combat dans 39% des cas. (*Figure N°3*)

□

Répartition de la population par poste

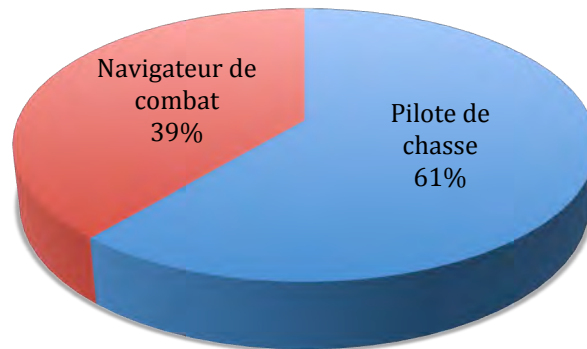


Figure N°3 : Répartition de la population par poste.

c. Durée d'engagement :

La durée moyenne d'engagement pour la population était de 13,8 ans avec un écart-type de 4,6 ans. La plus courte durée d'engagement était de 5 ans et la plus longue de 25 ans. Les sujets étaient engagés depuis moins de 11 ans dans 24% des cas, et depuis plus de 15 ans dans 32% des cas. (Figure N°4)

□

Répartition de la population par durée d'engagement

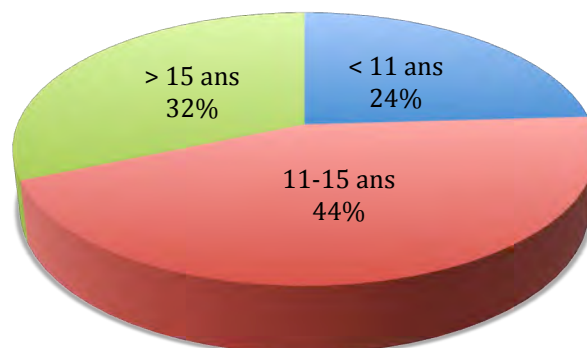


Figure N°4 : Répartition de la population par durée d'engagement.

d. Durée d'affectation :

La durée d'affectation sur l'avion concerné était de 6 ans avec un écart-type de 4 ans. La durée d'affectation minimale était de 2 ans (critère d'inclusion). La durée d'affectation maximale était de 18 ans. Les sujets étaient engagés depuis moins de 4 ans dans 24% des cas, entre 4 et 5 ans dans 37% des cas et depuis plus de 5 ans dans 39% des cas. (Figure N°5)

□

Répartition de la population par durée d'affectation

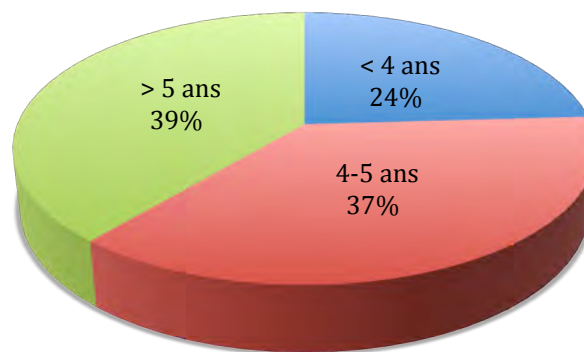


Figure N°5 : Répartition de la population par durée d'affectation.

e. Nombre d'heures de vol total :

Le nombre moyen d'heures de vol quelque soit l'aéronef était de 2097,9 heures avec un écart-type de 1067 heures. Le nombre d'heures de vol minimal était de 200 heures, le nombre d'heures de vol maximal était de 4600 heures. Dans 30% des cas, les personnels navigants avaient effectué moins de 1500 heures de vol, 40% avaient effectués entre 1500 et 2500 heures, et 30% avaient plus de 2500 heures de vol. (Figure N°6)

□

Répartition de la population par nombre total d'heures de vol

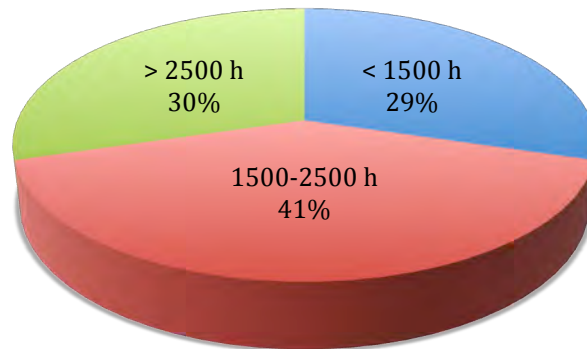


Figure N°6 : Répartition de la population par nombre total d'heures de vol.

f. Port de bouchons anti-bruit :

Les sujets ne portaient pas de bouchons anti-bruit dans 80% des cas. (Figure N°7) La majorité portait des bouchons anti-bruit en mousse (64%). Aucun ne portait de bouchons anti-bruit fait sur mesure.

Il n'existe pas de différence significative pour le port de bouchons entre les pilotes et les navigateurs : 25% des pilotes de chasse et 14% des navigateurs de combat portaient des bouchons anti-bruit ($p=0,49$).

□

Répartition de la population en fonction du port de bouchons anti-bruit

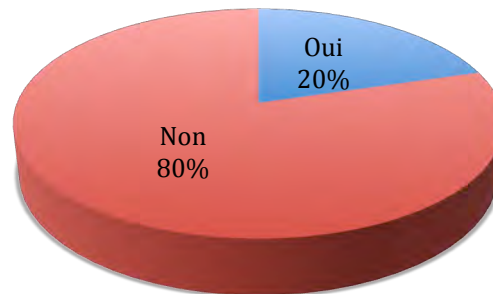


Figure N°7 : Répartition de la population en fonction du port de bouchons anti-bruit.

g. Analyse des antécédents et habitudes de vie pouvant influencer l'audition :

• Antécédents :

Il existait au moins un antécédent pouvant influencer l'audition chez 70,4% des personnels navigants. Les otites barotraumatiques étaient retrouvées chez 37% de la population. (Tableau N°4)

Antécédent	Fréquence	Pourcentage
Otites	19	35%
Aérateur trans-tympanique	1	2%
Otite barotraumatique	20	37%
Traumatisme sonore aiguë	3	6%
Antibiothérapie oto-toxique	2	4%
Prédisposition familiale	3	6%

Tableau N°4 : Fréquence des antécédents dans la population.

- **Habitudes de vie :**

Il existait au moins une habitude de vie susceptible d'influencer l'audition chez 11% de la population. (Tableau N°5)

Habitude de vie	Fréquence	Pourcentage
Tuning	0	0%
Tir	2	4%
Trajet à moto > 2h	3	6%
Plongée	2	4%
Chute libre	1	2%

Tableau N°5 : Fréquence des habitudes de vie dans la population.

2. **Analyse descriptive selon le type d'avion (Tableau N°6) :**

a. **Age :**

Il existe une différence statistiquement significative lorsque nous comparons l'âge moyen des personnels navigants sur RAFALE et des personnels navigants sur Mirage 2000 ($p=0,02$). Les personnels navigants sur RAFALE étaient en moyenne plus âgés (moyenne : 36,2 ans, écart-type : 4 ans) que ceux navigants sur Mirage 2000 (moyenne : 32,3 ans, écart-type : 4 ans).

b. **Poste :**

Il n'existe pas de différence statistiquement significative dans la répartition des postes entre les deux groupes ($p=0,2$).

c. **Durée moyenne d'engagement :**

La durée moyenne d'engagement était plus longue chez les personnels navigants sur RAFALE (moyenne : 15,7 ans, écart-type : 4,5 ans) que chez les personnels navigants sur Mirage 2000 (moyenne : 11,9 ans, écart-type : 4 ans) ($p=0,002$).

d. Durée d'affectation :

La durée moyenne d'affectation était plus longue chez les personnels navigants sur Mirage 2000 (moyenne : 7,5 ans, écart-type : 4 ans) que chez les personnels navigants sur RAFALE (moyenne : 4,7 ans, écart-type : 3 ans) ($p=0,01$).

e. Nombre moyen d'heures de vol total :

Les personnels navigants sur RAFALE avaient effectués en moyenne plus d'heures de vol quelque soit l'aéronef concerné (moyenne : 2435 heures, écart-type : 1089 heures) que les personnels navigants sur Mirage 2000 (moyenne : 1761 heures, écart-type : 951 heures) ($p=0,02$).

f. Port de bouchons :

Il existe une différence significative pour le port de bouchons anti-bruit. La majorité des personnels navigants portant des bouchons anti-bruit volait sur RAFALE : 37% des personnels navigants sur RAFALE contre 4% des personnels navigants sur Mirage 2000 ($p=0,005$).

g. Analyse des antécédents et habitudes de vie pouvant influencer l'audition :

- **Antécédents :**

Il n'existe pas de différence significative pour les antécédents pouvant influencer l'audition entre les deux groupes : 67% des personnels navigants sur RAFALE et 74% des personnels navigants sur Mirage 2000 présentaient au moins un antécédent pouvant influencer l'audition ($p=0,5$).

	Type d'aéronef				p
	RAFALE (N = 27)		Mirage 2000 (N = 27)		
	n	%	n	%	
Age					0,02
< 31 ans	3	11%	11	41%	
31-35 ans	8	30%	9	33%	
> 35 ans	16	59%	7	26%	
Poste					0,2
Pilote de chasse	19	70%	14	52%	
Navigateur de combat	8	30%	13	48%	
Durée d'engagement					0,067
< 11 ans	3	11%	10	37%	
11-15 ans	13	48%	11	41%	
> 15 ans	11	41%	6	22%	
Durée d'affectation					0,01
< 4 ans	6	22%	7	26%	
4-5 ans	15	56%	5	19%	
> 5 ans	6	22%	15	56%	
Heures de vol					0,04
< 1500 h	5	19%	11	41%	
1500-2500 h	10	37%	12	44%	
> 2500 h	12	44%	4	15%	
Port de bouchons					0,005
Oui	10	37%	1	4%	
Non	17	63%	26	96%	
Antécédents					0,5
Oui	18	67%	20	74%	
Non	9	33%	7	26%	
Habitude de vie					0,7
Oui	2	7%	4	15%	
Non	25	93%	23	85%	

Tableau n°6 : Analyse descriptive en fonction de l'aéronef.

- **Habitudes de vie :**

Il n'existe pas de différence significative pour les habitudes de vie pouvant influencer l'audition entre les deux groupes : 7% des personnels navigants sur RAFALE et 15% des personnels navigants sur Mirage 2000 présentaient au moins un antécédent pouvant influencer l'audition ($p=0,7$).

3. Analyse du « Ressenti auditif » :

a. Baisse de l'audition :

Il s'agit de la sensation de perte auditive par les personnels navigants sans argumentation audiométrique.

Une baisse de l'audition était ressentie chez 29,6% des personnels navigants. Deux questionnaires n'étaient pas renseignés.

b. Acouphènes :

Les sujets étaient interrogés sur l'existence d'acouphènes après explication du terme et sur la persistance de ces acouphènes. Des acouphènes étaient perçus par 37 % des personnels navigants. La majorité des acouphènes (90%) étaient temporaires.

c. Fatigue auditive :

Les sujets étaient interrogés sur l'existence d'une fatigue auditive et sur la cessation de cette fatigue au cours des vacances ou au domicile. La majorité des sujets ne présentaient pas de fatigue auditive. Si elle existait, celle-ci disparaissait au repos dans la majorité des cas. (93,75%).

d. Ressenti auditif :

Il existait un ressenti auditif chez 57 % des sujets.

Parmi les sujets ayant un ressenti auditif :

- 7% ne ressentait qu'une fatigue auditive.
- 13% ne présentaient que des acouphènes.
- 2% ne ressentait qu'une baisse de l'audition.
- 11% ressentait une baisse de l'audition et une fatigue auditive
- 11% ressentait une baisse de l'audition et des acouphènes.
- 5,5% ressentait une fatigue auditive et des acouphènes.
- 5,5% ressentait une baisse de l'audition, une fatigue auditive et des acouphènes.
- 2% présentaient des acouphènes mais n'avaient pas répondu à la question de la baisse d'audition.

e. Résultats en fonction du type d'aéronef (Tableau N°7) :

L'étude statistique est réalisée sur 53 sujets, un sujet étant écarté car il n'avait pas répondu à la question de la baisse de l'audition. L'analyse est effectuée à partir de la variable « Ressenti auditif ».

Les personnels navigants sur RAFALE présentaient plus de « Ressenti auditif » que les personnels sur Mirage 2000 : 64,5 % des personnels navigants sur RAFALE contre 35,5 % des personnels navigants sur Mirage 2000 ($p=0,01$).

L'analyse univariée mettait en évidence un risque plus important de « Ressenti auditif » chez les personnels navigants sur RAFALE que chez les personnels navigants sur Mirage 2000 (OR = 4,8, $p=0,01$, IC95% [1,5-16,0]). Elle mettait également en évidence une tendance à présenter un « Ressenti auditif » dans les quatre premières années d'affectation (OR = 12,1, $p=0,08$, IC95% [1,3-111,3]).

Ajustés sur la durée d'affectation et les antécédents, les personnels navigants sur RAFALE présentaient un risque plus important de présenter un « Ressenti auditif » que les personnels navigants sur Mirage 2000 (OR = 43,2, $p<0,01$, IC95% [3,5-536,6]).

	Ressenti auditif				Analyse univariée			Analyse multivariée		
	Oui (N = 31)		Non (N = 22)							
	n	%	n	%	OR	IC 95 %	p	OR	IC 95 %	p
Type d'aéronef							0,01			< 0,01
Rafale	20	64,5	6	27,3	4,8	1,5-16,0		43,2	3,5-536,6	
Mirage 2000	11	35,5	16	72,7	1	-		1	-	
Age							0,03			
< 31 ans	9	29,0	5	22,7	0,6	0,2-2,7				
31-35 ans	5	16,1	11	50,0	0,2	0,04-0,7				
> 35 ans	17	54,8	6	27,3	1	-				
Durée d'affectation							0,08			0,01
< 4 ans	11	35,5	1	4,5	12,1	1,3-111,3		23,3	1,7-318,4	
4-5 ans	10	32,3	10	45,5	1,1	0,3-3,7		0,2	0,02-1,7	
> 5 ans	10	32,3	11	50,0	1	-		1	-	
Heures de vol							0,2			
< 1500 h	9	29,0	6	27,3	1	-				
1500-2500 h	10	32,3	12	54,5	0,6	0,1-2,1				
> 2500 h	12	38,7	4	18,2	2	0,4-9,3				
Antécédents							0,02			0,02
Oui	18	58,1	20	90,9	1	-		1	-	
Non	13	41,9	2	9,1	7,2	1,4-36,5		14,5	1,6-133,8	
Habitude de vie							0,2			
Oui	2	6,5	4	18,2	1	-				
Non	29	93,5	18	81,8	3,2	0,5-19,4				

Tableau N°7 : Etude des déterminants du « Ressenti auditif ».

4. Analyse des audiogrammes :

L'étude statistique a été réalisée sur les 54 sujets. Il existait une perte d'audition chez 61% des sujets. (*Figure N°8*)

□

Répartition en fonction de la perte d'audition

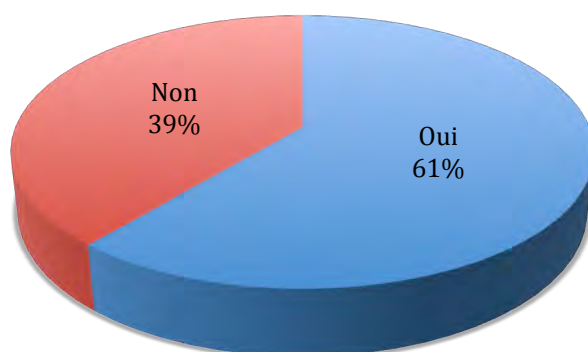


Figure N°8 : Répartition de la perte d'audition dans la population.

L'analyse en fonction de l'avion concerné ne trouvait pas de différence significative entre les deux groupes. : 45,5% des personnels navigants sur RAFALE présentaient une perte d'audition contre 54,6% des personnels navigants sur Mirage 2000 ($p=0,4$).

Il n'existe pas de différence significative entre les variables et la perte d'audition. (*Tableau N°11*)

L'analyse des audiogrammes trouve 33 personnels qui présentent une perte d'audition. Un personnel présentant une perte d'audition peut présenter plusieurs fréquences atteintes. Une fréquence est considérée comme atteinte s'il existe une perte d'audition sur une des deux oreilles voire les deux. Le nombre moyen de fréquences atteintes était de 2,6 avec un écart-type de 1,9. Le plus grand nombre de fréquences atteintes était de 7. (*Tableau N°8*)

Nombre de fréquences atteintes	0	1	2	3	4	5	6	7
Fréquence	21	15	6	2	4	1	4	1
Pourcentage	39%	28%	11%	4%	7%	2%	7%	2%

Tableau N°8 : Répartition de la population en fonction du nombre de fréquences atteintes.

L'étude des fréquences atteintes montre que les fréquences aiguës sont plus souvent atteintes que les fréquences graves. (Tableau N°9)

	Nombre de patient présentant une perte de 10 dB pour chaque fréquence en Hz							
Fréquence	250	500	1000	2000	3000	4000	6000	8000
Nombre	6	4	7	12	10	15	12	19
Pourcentage	11%	7%	13%	22%	19%	28%	22%	35%

Tableau N°9 : Répartition des atteintes fréquentielles.

	Perte d'audition				p
	OUI (N = 33)		NON (N = 21)		
	n	%	n	%	
	Type d'aéronef				0,4
RAFALE	15	45%	12	57%	
Mirage 2000	18	55%	9	43%	
	Age				0,952
< 31 ans	9	27%	5	24%	
31-35 ans	10	30%	7	33%	
> 35 ans	14	42%	9	43%	
	Poste				0,924
Pilote de chasse	20	61%	13	62%	
Navigateur de combat	13	39%	8	38%	
	Durée d'engagement				0,9
< 11 ans	8	24%	5	24%	
11-15 ans	14	42%	10	48%	
> 15 ans	11	33%	6	29%	
	Durée d'affectation				0,992
< 4 ans	8	24%	5	24%	
4-5 ans	12	36%	8	38%	
> 5 ans	13	39%	8	38%	
	Heures de vol				0,52
< 1500 h	10	30%	6	29%	
1500-2500 h	15	45%	7	33%	
> 2500 h	8	24%	8	38%	
	Port de bouchons				0,8
Oui	7	22%	4	19%	
Non	25	78%	17	81%	
	Antécédents				0,63
Oui	24	73%	14	67%	
Non	9	27%	7	33%	
	Habitude de vie				0,66
Oui	3	9%	3	14%	
Non	30	91%	18	86%	

Tableau N°10 : Etude des déterminants de la perte d'audition.

5. Analyse du « Ressenti auditif » chez les personnels navigants ayant une perte d'audition :

La comparaison entre perte auditive et « Ressenti auditif » montrait que 58% des sujets ayant un « Ressenti auditif » présentaient une perte d'audition objective et que 68% des sujets n'ayant pas de « Ressenti auditif » présentait une perte d'audition avérée.

Une étude statistique sur 31 sujets recherchait les déterminants du « Ressenti auditif » chez les sujets présentant une baisse avérée.

L'analyse univariée et l'analyse multivariée mettaient en évidence une tendance à présenter un « Ressenti auditif » plus la durée d'affectation est longue (OR = 1, p = 0,11).

	Perte d'audition				Analyse univariée			Analyse multivariée		
	Oui		Non							
	(N = 18)		(N = 13)							
	n	%	n	%	OR	IC 95 %	p	OR	IC 95 %	p
Type d'aéronef							0,7			0,64
Rafale	12	66,7%	8	61,5%	1,3	0,3-5,5		1,5	0,3-9,4	
Mirage 2000	6	33,3%	5	38,5%	1	-		1	-	
Age							0,18			
< 31 ans	5	27,8%	4	30,8%	1	-				
31-35 ans	1	5,6%	4	30,8%	0,2	0,01-2,6				
> 35 ans	12	66,7%	5	38,5%	1,9	0,4-10,3				
Durée d'affectation							0,11			0,11
< 4 ans	5	27,8%	4	30,8%	0,3	0,03-2,1		0,3	0,03-2,7	
4-5 ans	4	22,2%	7	53,8%	0,1	0,2-0,9		0,1	0,02-0,9	
> 5 ans	9	50,0%	2	15,4%	1	-		1	-	

Tableau N°11 : Déterminants de la perte d'audition de 10 dB chez les personnels navigants présentant un « Ressenti auditif ».

IV. Discussion :

1. Questionnaire :

a. Les limites :

Le questionnaire a été diffusé via les médecins des services médicaux d'unité dans les différents escadrons de chasse. Ce mode de diffusion ne permet pas de toucher toute la population concernée du fait des opérations extérieures. Il était demandé à chaque personnel navigant appartenant à ces escadrons de répondre à ce questionnaire. La mise à disposition de ces questionnaires sans recueil immédiat a très probablement conduit à l'absence de réponse de certains personnels navigants créant un biais de sélection.

Le questionnaire n'a pu être diffusé sur toutes les bases aériennes ou aéronavales équipées par les deux avions, pour des raisons de contraintes de lieux et de temps. De fait, il existe un biais de sélection.

La multiplicité des lieux de recueil et l'absence de récupération immédiate des données ont conduit au remplissage double du questionnaire par certains personnels. Ces questionnaires n'ont pu être pris en compte du fait de la différence des réponses entre les deux questionnaires, notamment concernant le port de bouchons.

Le questionnaire a été créé à partir d'un modèle de réponse binaire par oui ou par non. L'absence de réponse à certaines questions laisse supposer l'absence de compréhension de certaines questions. Pour maîtriser ses absences de réponses, une variable « Non connu » a été créée lors de l'analyse statistique.

Dans la partie habitude de vie, toutes les habitudes de vie n'ont pu être listées. Quelques personnels avaient ajoutés d'eux-mêmes une réponse non citée. Ces réponses n'ont pas été prises en compte.

b. Les améliorations :

Le questionnaire nous permettait de dater le début de l'activité aéronautique sur l'avion concerné et donc de sélectionner l'audiogramme correspondant à l'année 0. Cependant, la question portée sur l'année d'affectation sur l'avion concerné. La réalisation de la visite systématique au centre d'expertise médicale des personnels

navigants (CEMPN) ou centre principal d'expertise des personnels navigants (CPEMPN) ayant lieu tous les ans, une précision du mois d'affectation est nécessaire pour permettre la détermination des audiogrammes A0 avant affectation sur l'avion concerné et A2 deux ans plus tard. Pour limiter les erreurs, les audiogrammes sélectionnés étaient pris sur un intervalle de quatre ans autour de l'année donnée par le personnel navigant. (Ex : année d'affectation 2008 : audiogramme 0 année 2007, audiogramme 2 : 2011).

Pour permettre un meilleur taux de remplissage du questionnaire, deux pistes auraient pu être étudiées :

- Le recueil du questionnaire lors de la visite systématique d'unité réalisée au service médical tous les ans pour les personnels navigants de l'Armée de l'Air. Ce mode de recueil peut-être mis en place pour les personnels navigants de la Marine.
- Le recueil du questionnaire lors de la visite systématique ayant lieu au centre d'expertise médicale des personnels navigants ou centre principal d'expertise des personnels navigants CEMPN ou CPEMPN annuellement pour l'Armée de l'Air et tous les deux ans pour les personnels navigants de la Marine Nationale.
- Ces deux modes de recueil devraient permettre de maximiser le taux de réponse car le passage est obligatoire au cours de l'année. Il permet également de toucher les personnels navigants en opérations extérieures. Il impose nécessairement un suivi sur plus d'une année.

Le recueil des questionnaires permet essentiellement d'obtenir une analyse du « Ressenti auditif » des personnels navigants. L'utilisation d'un fichier Armée de l'Air permettant de déterminer l'année d'affectation sur l'avion concerné pourrait éviter la phase de recueil des questionnaires.

2. Audiogrammes :

Bien que l'audiométrie soit la méthode d'examen universelle pour mesurer l'audition, il existe un biais de reproductibilité en fonction du moment de réalisation, de la fatigue, de l'attention et de la volonté du patient.

Les audiogrammes étaient recueillis de manière rétrospective pour tous les personnels navigants ayant plus de deux ans d'ancienneté dans les différents centres d'expertise médicale des personnels navigants. Le recueil rétrospectif ne permet pas de récupérer tous les audiogrammes des personnels navigants du fait de la perte de certains dossiers, du

transfert entre deux centres de certains dossiers, de personnels navigants non connus dans le système.

3. Etude:

a. Description de la population :

L'étude porte sur une population jeune sélectionnée et bénéficiant d'un suivi médical régulier et important sans antécédents auditifs majeurs. Le port de bouchons ne représente que 20% des personnels navigants.

En environnement militaire, il est nécessaire d'adapter la forme des protections auditives individuelles au poste de combat. Un fantassin doit être protégé des bruits d'armes, bruits impulsifs mais doit dans le même temps être capable de percevoir et de localiser des bruits provenant de son environnement. Les protections les plus adaptées sont alors des bouchons à atténuation linéaire. Dans le cas des personnels navigants, ils sont exposés à des bruits essentiellement continus. Une étude réalisée en 2011 a montrée un niveau de pression acoustique équivalent en cabine RAFALE de 102 dB (A) en post-combustion minimum. Une étude complémentaire est en cours pour permettre d'isoler au mieux le personnel navigant des bruits ambiants. Le niveau ambiant trop élevé conduit également à des effets extra-auditifs notamment la diminution de l'efficacité. Dans un environnement sonore bruyant, l'intelligibilité de la parole est diminuée. Lors des vols cette intelligibilité est importante pour les communications. Buck et al. ^[16] rapporte qu'une meilleure intelligibilité conduit à un meilleur taux de réussite des missions.

Un équipement par casque de vol est préféré dans les Armées. De nombreux personnels considérant que la protection auditive n'était pas suffisante se sont équipés spontanément en protections auditives passives. La principale plainte des personnels navigants concerne le volume sonore des alarmes en cours de vol. Cependant, il ne faut pas oublier qu'il ne s'agit pas de la seule exposition sonore à laquelle ils sont confrontés. De nombreux personnels navigants rejoignent leur avion sans protection auditive. Ils réalisent de même le « Tour avion ». Lors de ces phases, d'autres aéronefs peuvent être en cours de mise en route ou au roulage. L'étude réalisée sur le parking et en hangarete concernant l'exposition sonore des deux aéronefs concernés montre des

seuils d'exposition importants. Le port du casque est alors recommandé pour réduire l'exposition sonore.

Le port de protection auditive individuelle au cours des vols sur les différents aéronefs peut poser un problème concernant la sécurité des vols. Une étude^[17] réalisée en 2011 par le Département de Médecine Aéronautique Opérationnelle (DMAO) concernait la tolérance et la performance des bouchons testés : bouchons anti-bruits en mousse, bouchons non moulés à l'oreille Alpine, bouchons moulés à l'oreille. Les conclusions de l'étude favorisaient les bouchons moulés. Les bouchons anti-bruit en mousse ne sont pas recommandés car jugés trop filtrants et trop étanches face aux variations rapides de pression. L'avantage des bouchons moulés est de pouvoir améliorer l'intelligibilité. Des critères de sélection des bouchons moulés ont été préconisés :

- Filtre d'atténuation de type linéaire avec renforcement de l'atténuation en basse fréquence,
- Présence d'un évent pour limiter les barotraumatismes,
- Silicone pour la tolérance,
- Kit de nettoyage et de stockage fourni,
- Garantie sur plusieurs années,
- Absence de poignet ou d'ergot de préhension,
- Attache renforcée d'un cordon,
- Profondeur d'insertion réduite,
- Identification gauche-droite marquée.

Il est intéressant de noter qu'il existe une perte d'audition chez 61% des personnels navigants après deux ans d'activité aéronautique. Rappelons que l'audiométrie est un examen subjectif qui peut présenter des biais dans la reproductibilité. De plus, nous avons choisi comme critère de jugement principal une perte de 10 dB entre les deux audiogrammes quelque soit la fréquence atteinte. Les surdités professionnelles^[10] sont classées par stades. Le stade I ou stade de surdité latente correspond approximativement aux trois premières années. L'audiogramme présente une encoche à la fréquence 4000 Hz avec une perte supérieure à 30 dB. Les pertes auditives considérées ne rentrent pas dans ce cadre et sont probablement majorées par la prise en compte de toutes les fréquences.

b. Analyse descriptive de la population selon le type d'avion :

L'étude trouve une population navigant sur RAFALE plus âgée et engagée depuis plus longtemps que celle navigant sur Mirage 2000. A l'inverse, le délai d'affectation sur RAFALE est plus court. Depuis le début de l'arrivée du RAFALE dans les forces françaises, ce sont essentiellement des pilotes déjà confirmés sur d'autres aéronefs qui ont été affectés sur RAFALE. La formation de jeunes pilotes sur RAFALE directement sortis de l'Ecole de Transformation Opérationnelle (ETO) de Cazaux ne s'effectue que depuis peu.

La majorité des personnels navigants portant des bouchons anti-bruit volait sur RAFALE (37% contre 4% sur Mirage 2000). Cette différence significative peut probablement être expliquée par le « Ressenti auditif » qui est plus important chez la population volant sur RAFALE. Les personnels navigants sur RAFALE se sont probablement équipés en bouchons anti-bruit suite à la fatigue auditive, aux acouphènes et aux pertes d'audition qu'ils ressentaient.

c. Etude du « Ressenti auditif » :

L'étude du « Ressenti auditif » montre ce que laissaient pressentir les plaintes recueillies par les médecins des unités. Les personnels navigants sur RAFALE se plaignent plus d'une baisse de l'audition que les personnels navigants sur Mirage 2000.

Dans le modèle multivarié, l'intervalle de confiance de la variable Aéronef est très grand. Ceci traduit le manque de puissance de l'étude généré par la faible population. Pour améliorer la puissance de l'étude, plusieurs pistes peuvent être explorées. L'augmentation du nombre de RAFALE en fonction va conduire à une augmentation de la population navigant sur cet avion. Une autre piste à explorer est d'obtenir un groupe témoin plus important que le groupe cas.

d. Etude de la perte d'audition :

L'étude de la perte d'audition ne permet pas de mettre en évidence une perte d'audition majorée par l'activité aéronautique sur RAFALE par rapport à une activité aéronautique sur Mirage 2000. La faible puissance de l'étude peut expliquer le fait qu'aucune différence ne peut être mise en évidence. De même que pour l'étude du

« Ressenti auditif », la puissance peut-être augmentée en augmentant la population des témoins. Il est intéressant de noter une proportion plus importante de personnels navigants sur Mirage 2000 présentant une perte d'audition. L'étude comparative entre les deux populations montre que la population sur Mirage 2000 est plus jeune et que sa durée d'engagement est moins importante. Une des pistes pouvant expliquer une perte auditive plus importante pourrait être la différence d'âge entre les deux populations. L'évolution des modes de vie est marquée ces dernières années par l'utilisation importante des baladeurs mp3 chez les jeunes populations.

V. Conclusion :

Le but de ce travail était d'évaluer l'impact de l'environnement sonore du RAFALE. Il ressort de cette étude qu'il existe un « Ressenti auditif » plus important de la part des personnels navigants sur RAFALE, sans réel impact sur les audiogrammes.

La faible puissance de cette étude ne permet pas d'exclure un risque plus important de perte auditive en cas d'activité aéronautique sur RAFALE. Il semble nécessaire de réaliser une étude complémentaire étudiant la perte auditive chez les personnels navigants des deux avions par une étude des audiogrammes sur une période plus longue ou en évaluant l'acuité auditive par des potentiels évoqués auditifs réalisés lors de la visite CEMPAN ou CPEMPAN.

Le médecin militaire représente un auditeur privilégié pour les plaintes de personnels navigants, un intermédiaire entre le bureau de prévention des risques et les personnels navigants.

BIBLIOGRAPHIE

[1] R. ARNAUDO, I. MAGAUD- CAMUS, N. SANDRET, M.-C. FLOURY, N. GUIGNON, L. VINCK, *et al*

« *Les expositions aux risques professionnels - Les ambiances et contraintes physiques - Résultats SUMER 2003.* »

Document d'étude DARES N°115, juillet 2006

[2] B. DELAS, D. DEHESDIN.

« *Anatomie de l'oreille externe.* »

EMC (Elsevier Masson SAS, Paris), Oto-rhino-laryngologie, 20-010-A-10, 2008

[3] J.-M. THOMASSIN, P. DESSI, J.-B. DANVIN, C. FORMAN.

« *Anatomie de l'oreille moyenne* »

EMC (Elsevier Masson SAS, Paris), Oto-rhino-laryngologie, 20-015-A-10, 2008

[4] J.-P. SAUVAGE, S. PYURAUD, O. ROCHE, A. RAHMAN.

« *Anatomie de l'oreille interne* »

EMC (Elsevier, Paris), Oto-rhino-laryngologie, 20-020-A-10, 1999, 16p

[5] R. NOUVIAN, D. MALINVAUD, T. VAN DEN ABBELE, J.-L. PUEL, P. BONFILS, P. AVAN.

« *Physiologie de l'audition* »

EMC (Elsevier SAS, Paris), Oto-rhino-laryngologie, 20-030-A-10, 2006

[6] P. DALLOS

« *The active cochlea* »

J. Neurosci. 1992 ; 12 :4575-85

[7] X. PERROT

« *Anatomie et physiologie du système nerveux auditif central* »

Les cahiers de l'audition 2010 ; Vol 23, n°6.

[8] P. BONFILS, T. VAN DEN ABBEELE, P. ANE, P. AVAN

« *Exploration fonctionnelle auditive* »

EMC (Elsevier Masson SAS), Oto-rhino-laryngologie, 20-175-A-10, 1998

[9] D. BOUCCARA, J.-L. COLLETTE

« *Audiométrie tonale et vocale classique* »

Les cahiers de l'audition 2005 ; Vol 18, n°4.

[10] J.-B. NOTTET, A. CRAMBERT, B. LOMBARD, C. BOURSIER, B. SUC

« *Surdité professionnelle* »

EMC (Elsevier Masson SAS), Oto-rhino-laryngologie, 20-185-F-10, 2009

[11] J.-C. NORMND, A. MASSARDIER-PILONCHERY, D. DE SURREL DE SAINT-JULEIN, J.-C. DUCLOS.

« *Bruit* »

EMC (Elsevier Masson SAS), Pathologie professionnelle et de l'environnement, 16-502-A-10, 2010

[12] Décret 2006-892 du 19 juillet 2006 relatif aux prescriptions de sécurité et de santé applicables en cas d'exposition des travailleurs aux risques dus au bruit et modifiant le code du travail

[13] P. CANETTO, N. GUILLEMY

« *Aide-mémoire juridique Le bruit* »

Edition INRS, juillet 2007

[14] « *Guide des barèmes des invalidités applicables au titre du Code des pensions militaires d'invalidité et des victimes de guerre.* »

Ministère de la défense, février 2003, 342 p.

[15] Centre d'Expériences Aériennes Militaires

« *Evaluation de la nuisance sonore engendrée par le Rafale* »

Rapport final N°2120, 2002

[16] K. BUCK, V. ZIMPFER-JOST

« *Active hearing protection systems and their performances,*»

RTP-EN-HFM-111, 2004

[17] Centre d'Expériences Aériennes Militaires

« *Protection auditive passive pour le personnel navigant*»

Rapport final N°2025, 2011

ANNEXE

Impact de l'environnement sonore du nouveau système d'arme RAFALE : étude rétrospective des audiogrammes des personnels navigants

Depuis l'arrivée du nouveau système d'arme RAFALE en 2001 dans l'arsenal aéronautique français, de nombreux personnels navigants ont fait état d'une gêne sonore importante comparée à celle générée par le MIRAGE 2000.

Pour les médecins des différentes bases aériennes et aéronavale concernées, il est difficile de répondre à ses plaintes de manière éclairée. En effet, l'arrivée récente du RAFALE n'a permis que peu d'études sur l'impact de l'environnement sonore du RAFALE sur l'audition des personnels navigants.

Pour essayer de pallier ce manque d'informations et obtenir des données objectives, ma thèse comportera deux parties :

- La première partie sera une étude de votre ressenti auditif via cet auto-questionnaire
- La deuxième partie comprendra l'étude des audiogrammes réalisés dans le cadre de votre visite systématique au CPEMPN en comparant les personnels navigants sur MIRAGE 2000 et sur RAFALE.

Médecin Lieutenant CARME Elodie

Interne des Hôpitaux des Armées

HIA Legouest à Metz

Questionnaire THESE IHA CARME :

Impact de l'environnement sonore du nouveau système d'arme RAFALE : étude rétrospective
des audiogrammes des personnels navigants

I- Population :

- Nom :
- Prénom :
- Age :
- Année d'engagement dans l'Armée de l'Air :
- Année d'affectation sur RAFALE / MIRAGE 2000 :
- Nombre d'heures de vol au total :
- Nombre d'heures de vol sur RAFALE / MIRAGE 2000 :
- Vous plaignez-vous d'une baisse de l'audition depuis votre affectation sur RAFALE / MIRAGE 2000 ?

OUI	NON
-----	-----
- Portez-vous des bouchons anti-bruits en vol ?

OUI	NON
-----	-----
- Si oui de quel type ?
 - BAB en mousse

OUI	NON
-----	-----
 - Bouchons fabriqués sur mesure

OUI	NON
-----	-----
 - Bouchons en cire

OUI	NON
-----	-----

II- Antécédents :

- Existe-t-il un antécédent d'otites dans l'enfance ?

OUI	NON
-----	-----
- Existe-t-il un antécédent d'aérateurs trans-tympaniques aussi nommés diabolos ou yoyos ?

OUI	NON
-----	-----
- Existe-t-il un antécédent d'otite barotraumatique ?

OUI	NON
-----	-----
- Existe-t-il un antécédent de traumatisme sonore aigu ?

OUI	NON
-----	-----

- Avez-vous déjà été traité par des antibiotiques ototoxiques ? (cf. annexe 1b)
OUI NON
- Existe-t-il une prédisposition familiale avec perte auditive précoce (avant l'âge de 50 ans) ?
OUI NON

III- Habitudes de vie :

- Existe-t-il des activités vous exposant aux bruits type :
 - Tuning OUI NON
 - Chasse/Tir OUI NON
 - Trajets en moto > 2h sans protection auditive OUI NON
- Faites-vous régulièrement de la plongée ? OUI NON
- Faites-vous régulièrement de la chute libre ? OUI NON

IV- Ressenti :

- Existe-t-il des acouphènes ? (Bruits subjectifs entendus sans stimuli extérieurs : bourdonnements, sifflements) OUI NON
- Si oui, ces acouphènes sont-ils :

Permanents		Temporaires	
------------	--	-------------	--

- Existe-t-il une fatigue auditive ? OUI NON
- Si oui, cette fatigue cède-t-elle après quelques heures à la maison ou pendant les vacances ? OUI NON

Observations / Remarques

Annexe 1b

Médicaments ototoxiques

DCI	Nom commercial
Aminoglycosides	
Streptomycine	Streptomycine, Tobricine
Néomycine	Néomycine
Gentamycine	Gentalline, Gentamycine
Kanamycine	Kamycine
Amikacine	Amikacine, Amiklin
Tobramycine	Tobi, Nebcine
Netilmycine	Nétromycine
Glycopeptides	
Vancomycine	Vancocine
Teicoplanine	Targogid
Macrolides	
Erythromycine IV	Erythrocline

VU

NANCY, le 9 mai 2012

Le Président de Thèse

Professeur B. CHENUEL

NANCY, le 14 mai 2012

Le Doyen de la Faculté de Médecine

Par délégation,

Mme le Professeur K. ANGIOI

AUTORISE À SOUTENIR ET À IMPRIMER LA THÈSE

NANCY, le 22 mai 2012

L'ADMINISTRATEUR PROVISOIRE DE L'UNIVERSITÉ DE LORRAINE,

Professeur J.P. FINANCE

RESUME DE LA THESE

Impact de l'environnement sonore du nouveau système d'arme RAFALE : étude rétrospective des audiogrammes des personnels navigants.

Depuis juin 2004 et l'arrivée du nouveau système d'arme RAFALE, de nombreuses plaintes concernant la gêne sonore générée par cet aéronef sont rapportées par les personnels navigants aux médecins des Armées.

Notre étude porte sur 54 personnels navigants sur RAFALE et sur Mirage 2000 entre novembre 2010 et juillet 2011. Elle s'appuie sur un questionnaire étudiant la sensation de perte, de fatigue auditive ou la présence d'acouphènes, et sur les audiogrammes réalisés au cours de la visite annuelle au Centre d'Expertise Médicale du Personnel Navigant avant l'arrivée sur l'aéronef et deux ans après cette arrivée. Une perte d'audition est considérée pour une perte de 10 dB entre les deux audiogrammes quelque soit la fréquence atteinte.

La sensation de perte ou de fatigue auditive et la présence d'acouphènes sont plus importantes chez les personnels navigants sur RAFALE (OR = 4,8, $p=0,01$, IC95% [1,5-16,0]). Il existe une perte d'audition chez 61% des personnels navigants. Notre étude ne montre pas de perte auditive plus importante chez les personnels navigants sur RAFALE.

TITRE EN ANGLAIS

Impact of the noise environment of the new aircraft RAFALE : retrospective study of aircrew's audiograms.

THÈSE : MÉDECINE GÉNÉRALE – ANNÉE 2012

MOTS CLEFS :

- Surdité professionnelle
 - Armée
 - Perte auditive
-

INTITULÉ ET ADRESSE :

UNIVERSITÉ DE LORRAINE

Faculté de Médecine de Nancy

9, avenue de la Forêt de Haye

54505 VANDOEUVRE LES NANCY Cedex