



HAL
open science

Impact du bruit de fond dans une cabine audiométrique sur l'audiométrie tonale liminaire en conduction aérienne et en conduction osseuse

Yaniv Zini

► **To cite this version:**

Yaniv Zini. Impact du bruit de fond dans une cabine audiométrique sur l'audiométrie tonale liminaire en conduction aérienne et en conduction osseuse. Médecine humaine et pathologie. 2013. hal-01858410

HAL Id: hal-01858410

<https://hal.univ-lorraine.fr/hal-01858410v1>

Submitted on 20 Aug 2018

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-memoires-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>

UNIVERSITE DE LORRAINE
FACULTE DE PHARMACIE

**Impact du bruit de fond dans une cabine
audiométrique sur l'audiométrie tonale
liminaire en conduction aérienne et en
conduction osseuse**

Mémoire en vue de l'obtention du
Diplôme d'Etat d'Audioprothésiste

Yaniv ZINI

Année 2013

Remerciements

De mes trois années d'étude à l'Université de Lorraine, je retiens une pleine satisfaction et un apprentissage régulier excellent.

Je tiens à adresser mes plus sincères remerciements à Monsieur Joël DUCOURNEAU pour ses précieux conseils, pour sa confiance qu'il m'a accordée et pour m'avoir encouragé à progresser chaque jour davantage. Je le remercie également chaleureusement pour son encadrement, sa disponibilité et de m'avoir permis de mener à bien la conception de ce mémoire.

Je tenais à remercier vivement Monsieur Nicolas TROMPETTE pour la richesse de ses enseignements, sa collaboration pour l'élaboration pratique de ce mémoire et sa disponibilité à mon égard.

Je souhaite remercier mon maître de stage de 3^{ème} année, Monsieur Paul-Edouard WATERLOT pour avoir pris le temps de m'enrichir de ses expériences et enseignements.

Je tenais à remercier l'ensemble du corps enseignant, avec chaleur et sincère admiration, pour leur disponibilité, leurs conseils avisés et nombreux, qui m'ont permis d'acquérir de solides connaissances en répondant à mes multiples interrogations avec gentillesse et patience tout au long de ces trois années d'étude.

Je souhaite remercier Madame Sylvie GRIFFOND pour sa gentillesse et sa disponibilité.

Je tiens à remercier vivement l'ensemble des sujets de cette étude, pour leur patience et leur participation aux tests, sans laquelle la réalisation de ce mémoire n'aurait pas été possible.

Je remercie l'ensemble de mes camarades de classe pour ces trois années passées ensemble, avec bonne humeur et entraide quotidienne.

Enfin, je voudrais remercier ma femme pour m'avoir donné les moyens de réussir et pour son soutien tout au long de ses trois années.

Sommaire

INTRODUCTION	1
PARTIE 1 : GENERALITES ET RAPPELS PSYCHOACOUSTIQUES	2
1.1. DEFINITION PSYCHOACOUSTIQUE	2
1.2. LES LIGNES ISOSONIQUES	2
1.3. PONDERATION A	4
1.4. ECHELLE DES DB AUDIOMETRIQUES	5
1.5. PERTE TONALE MOYENNE (PTM)	5
1.6. ANALYSE TIERS D'OCTAVE	6
1.7. LES ONDES STATIONNAIRES	7
1.8. ETUDE PHYSIQUE DU BRUIT	8
1.9. BRUIT ROSE	9
1.10. AUDIOMETRIE TONALE LIMINAIRE	10
1.10.1. EN CONDUCTION AERIENNE	10
1.10.1.1. Au casque	10
1.10.1.2. En champ acoustique diffus	11
1.10.1.3. En champ acoustique libre	12
1.10.2. EN CONDUCTION OSSEUSE	13
1.11. PRESENTATION DES NIVEAUX DE PRESSION ACOUSTIQUE MAXIMAUX ADMISSIBLES	14
1.11.1. NORME ISO 8253-1 [1]	14
1.11.1.1. Audiométrie tonale liminaire en conduction aérienne	14
1.11.1.2. Audiométrie tonale liminaire en conduction osseuse	17
1.11.2. NORME ISO 8253-2 [1]	19
PARTIE 2 : ETUDE CLINIQUE AU SEIN DE LA SALLE BESA DE L'INRS.....	22
2.1. PROTOCOLE D'ESSAI.....	22
2.1.1. PRESENTATION DE LA CHAMBRE ACOUSTIQUE	22
2.1.2. MATERIEL DE METROLOGIE UTILISE.....	23
2.1.2.1. Microphone faible bruit B&K de type 4179	23
2.1.2.2. Calibreur B&K de type 4231	24
2.1.2.3. Amplificateur de mesure B&K de type 2636.....	25
2.1.2.4. Système d'acquisition bi-voies Symphonie de 01 dB-METRAVIB.....	26
2.1.2.5. Audiomètre Interacoustics AD629	27
2.1.2.6. Casque TDH 39 équipé de coques PELTOR	28
2.1.2.7. Knowles Electronic Manikin for Acoustic Research (KEMAR)	29
2.1.2.8. Ossivibrateur de type B71	31
2.1.3. MESURE DU BRUIT DE FOND DE LA SALLE D'ESSAIS BESA.....	32
2.1.4. PANEL DES SUJETS	37
2.2. AUDIOMETRIE TONALE LIMINAIRE	38
2.2.1. EN CONDUCTION AERIENNE	38
2.2.1.1. Au casque	38
2.2.1.2. En champ acoustique diffus	40
2.2.2. EN CONDUCTION OSSEUSE	45

PARTIE 3 : ETUDE CLINIQUE AU SEIN DE LA CABINE INSONORISEE DE LA FACULTE DE PHARMACIE DE NANCY 47

3.1. PROTOCOLE D'ESSAI.....	47
3.1.1. PRESENTATION DE LA CABINE INSONORISEE	47
3.1.2. MATERIEL DE METROLOGIE UTILISE.....	48
3.1.2.1. Système d'acquisition 16 voies Orchestra de 01 dB-METRAVIB	48
3.1.2.2. Audiomètre Otometrics Madsen Astera	49
3.1.2.3. Casque TDH 39	50
3.1.2.4. Microphone B&K de type 4189 noté F11	52
3.1.3. MESURE DU BRUIT DE FOND DE LA CABINE INSONORISEE.....	53
3.1.4. MESURE DE L'INDICE D'AFFAIBLISSEMENT BRUT	60
3.1.5. PANEL DES SUJETS	64
3.2. AUDIOMETRIE TONALE LIMINAIRE	65
3.2.1. EN CONDUCTION AERIENNE	66
3.2.1.1. Au casque	66
3.2.1.2. En champ acoustique libre	67
3.2.2. EN CONDUCTION OSSEUSE	68

PARTIE IV : RESULTATS DES DIFFERENTES EXPERIENCES 70

4.1. CONCORDANCE DES RESULTATS DES DEUX ETUDES CLINIQUES	70
4.1.1. EN CONDUCTION AERIENNE	70
4.1.1.1. Au casque	70
4.1.1.2. En champ acoustique libre/diffus	71
4.1.2. EN CONDUCTION OSSEUSE	72
4.2. ETUDE COMPARATIVE DES NIVEAUX DE PRESSION ACOUSTIQUE MAXIMAUX ADMISSIBLES AUX BRUITS DE FOND DES SALLES AUDIOMETRIQUES TESTEES	73
4.2.1. NORME ISO 8253-1 [1]	73
4.2.1.1. Audiométrie tonale liminaire en conduction aérienne	73
4.2.1.2. Audiométrie tonale liminaire en conduction osseuse.....	75
4.2.2. NORME ISO 8253-2 [1]	77
4.3. DEGRADATION DE LA PERTE TONALE MOYENNE DE 5 DB HL PAR AUGMENTATION BRUIT DE FOND..	79
4.3.1. RESULTATS OBTENUS SUR L'AUDIOMETRIE AU CASQUE	80
4.3.2. RESULTATS OBTENUS SUR L'AUDIOMETRIE EN CONDUCTION OSSEUSE	85
4.3.3. RESULTATS OBTENUS SUR L'AUDIOMETRIE EN CHAMP ACOUSTIQUE LIBRE.....	89
4.4. IMPACT D'UN BRUIT DE FOND DE 40 DB A SUR LES COURBES AUDIOMETRIQUES D'UN SUJET UNIQUE	94
4.5. DECRET N°85-590 DU 10 JUIN 1985 [18]	100
4.6. AUDIOMETRIE TONALE LIMINAIRE DES PATIENTS MALENTENDANTS	100
4.6.1. EN CONDUCTION AERIENNE	101
4.6.2. EN CONDUCTION OSSEUSE	102
4.6.3. EN CHAMP ACOUSTIQUE LIBRE	103
4.7. LIMITES DE L'ETUDE.....	105
4.7. SYNTHESE DES MANIPULATIONS	105

<u>CONCLUSION.....</u>	<u>106</u>
<u>BIBLIOGRAPHIE</u>	<u>107</u>
<u>LISTE DES ILLUSTRATIONS.....</u>	<u>110</u>
<u>LISTE DES TABLEAUX</u>	<u>112</u>
<u>TABLE DES ANNEXES</u>	<u>114</u>

Introduction

L'audiométrie tonale liminaire peut-être effectuée de trois différentes manières. Elle est pratiquée en conduction aérienne soit par l'intermédiaire du casque, soit en champ acoustique. Elle est réalisée également en conduction osseuse par l'intermédiaire de l'ossivibrateur. Les différentes audiométries sont pratiquées dans des salles audiométriques ou des cabines audiométriques qui présentent nécessairement un certain niveau du bruit de fond mesuré en l'absence de tout bruit additionnel. Le niveau du bruit de fond mesuré n'est jamais de 0 dB A.

La réponse des patients au cours du déroulement d'une audiométrie peut être influencée par le bruit de fond ambiant de la salle d'essais. En effet, le spectre du bruit de fond peut masquer les signaux d'essais et avoir un impact sur le niveau du seuil d'audition des différentes fréquences audiométriques testées. Le bruit de fond de la salle peut donc abaisser le seuil d'audition réel du patient.

Dans ce manuscrit, des rappels en Psychoacoustique et des généralités en Acoustique seront présentés dans une première partie. Les normes ISO 8253-1 [1] et ISO 8253-2 [1] ont été établies pour déterminer les niveaux de pression acoustique ambiants maximaux admissibles par bande de tiers d'octave, pour l'audiométrie en conduction aérienne et pour l'audiométrie en conduction osseuse pour un seuil d'audition minimal de 0 dB HL.

Deux études cliniques ont été réalisées dans deux salles audiométriques insonorisées différemment sur des sujets normoentendants. La première étude clinique est effectuée au sein de la salle du Banc d'Essai au Seuil d'Audition (BESA) de l'Institut National de Recherche et de Sécurité (INRS) et la seconde au sein d'une cabine standard située à la Faculté de Pharmacie de Nancy. Les protocoles d'essais et les résultats des différentes audiométries tonales liminaires seront présentés dans une deuxième et une troisième parties.

Dans la quatrième partie de ce mémoire, une étude comparative des deux études cliniques sera effectuée ainsi que différentes expériences. D'autre part, une étude a été menée sur l'impact d'un niveau de bruit de fond de 40 dB A sur les courbes audiométriques. De plus, les normes ISO 8253-1 [1] et ISO 8253-2 [1] seront présentées pour l'audiométrie tonale liminaire pour des patients malentendants. Enfin, pour terminer, les limites de l'étude seront exposées.

En outre, il paraît important de préciser que la partie bibliographique n'est pas particulièrement fournie, il relève ainsi que ce mémoire sera, en majeure partie, expérimental.

Partie 1 : Généralités et rappels psychoacoustiques

L'étude de ces rappels va permettre de définir les termes techniques qui seront utilisés au cours de la partie expérimentale de ce mémoire.

1.1. Définition psychoacoustique

« La psychoacoustique, branche de la psychophysique, a pour objet l'étude expérimentale des relations quantitatives entre les stimuli acoustiques mesurables physiquement et les réponses de l'ensemble du système auditif : sensations et perceptions auditives. La psychoacoustique met en évidence les caractéristiques des vibrations acoustiques qui sont importantes pour l'oreille humaine. La psychoacoustique cherche non seulement en quoi le système auditif transforme le monde des stimuli physiques, mais encore comment le système nerveux opère ces transformations, par quelles sortes de codage, de traitements, par quels types de mécanismes [2]. »

1.2. Les lignes isosoniques

Les courbes isosoniques sont définies par la combinaison de sons purs, en termes de fréquence et de niveau de pression acoustique en dB SPL (Sound Pressure Level), qui procurent une sensation d'intensité équivalente. Le niveau de pression acoustique de référence P_0 est de 20 μ Pa.

Les premiers travaux ont été menés en 1933 par deux chercheurs, Fletcher et Munson, qui ont établis une relation entre le phénomène acoustique (le décibel physique) et sa perception (le décibel physiologique). Deux autres chercheurs, Robinson et Dadson, ont effectués d'autres travaux sur les courbes isosoniques en 1956 très peu différents de ceux effectués précédemment.

Ces différents travaux ont permis d'aboutir à une normalisation mis en place par l'organisme International Organization for Standardization (ISO). La norme concernant les lignes isosoniques normales est la norme internationale « NF ISO 226 Février 2004 » [3].

Les conditions suivantes ont été requises pour dresser ces lignes isosoniques normales :

- les auditeurs sont des sujets otologiquement normaux âgés de 18 ans à 25 ans,
- l'écoute est binaurale,
- les signaux utilisés sont des sons purs,
- la source de bruit est disposée frontalement aux sujets,
- le champ acoustique en l'absence de l'auditeur consiste en une onde plane progressive libre,
- le niveau de pression acoustique est mesuré en la position du centre de la tête de l'auditeur en l'absence de ce dernier.

La fréquence du son émis est donc modifiée tout en percevant la même sensation de sonie (quantification de la perception du son). Le niveau de sonie est exprimé en Phones. On distingue ainsi 11 courbes d'iso-sensation, la courbe la plus basse correspondant à la courbe d'isotonie 0 Phone et la courbe la plus haute correspondant à la courbe d'isotonie 100 Phones (figure 1).

Les différentes courbes isotoniques sont étalonnées sur la fréquence de référence 1 000 Hz. La ligne isotonique normale 10 Phones permet de représenter une sensation équivalente de 10 Phones sur tout le spectre fréquentiel. Elle a été obtenue à l'aide d'un son pur émis à 10 dB SPL à la fréquence de référence 1 000 Hz. De même la ligne isotonique normale 20 Phones permet de représenter une sensation équivalente de 20 Phones sur tout le spectre fréquentiel. Elle a été obtenue à l'aide d'un son pur émis à 20 dB SPL à la fréquence de référence 1 000 Hz...

La courbe d'isotonie 40 Phones est prise pour exemple. Un niveau de pression acoustique de 40 dB SPL, à la fréquence 1 000 Hz, à la même sensation de sonie qu'un niveau de pression acoustique de 100 dB SPL, à la fréquence 16 Hz. Il est donc nécessaire de bénéficier d'un niveau de pression acoustique plus élevé dans les fréquences graves que dans les fréquences aiguës pour un Phoné équivalent. L'oreille humaine présente une sensibilité plus accrue dans les fréquences comprises entre 2 000 Hz et 5 000 Hz.

La sensibilité la plus importante est obtenue entre les fréquences 3 000 Hz et 4 000 Hz, située dans le creux de la ligne isotonique normale la plus basse (figure 1). Cette zone est caractérisée par la fréquence de résonance du conduit auditif humain.

La ligne isotonique normale 0 Phoné représente le seuil d'audition. Il s'agit du niveau minimal de pression acoustique qui, à la fréquence considérée, procure la plus faible sensation auditive.

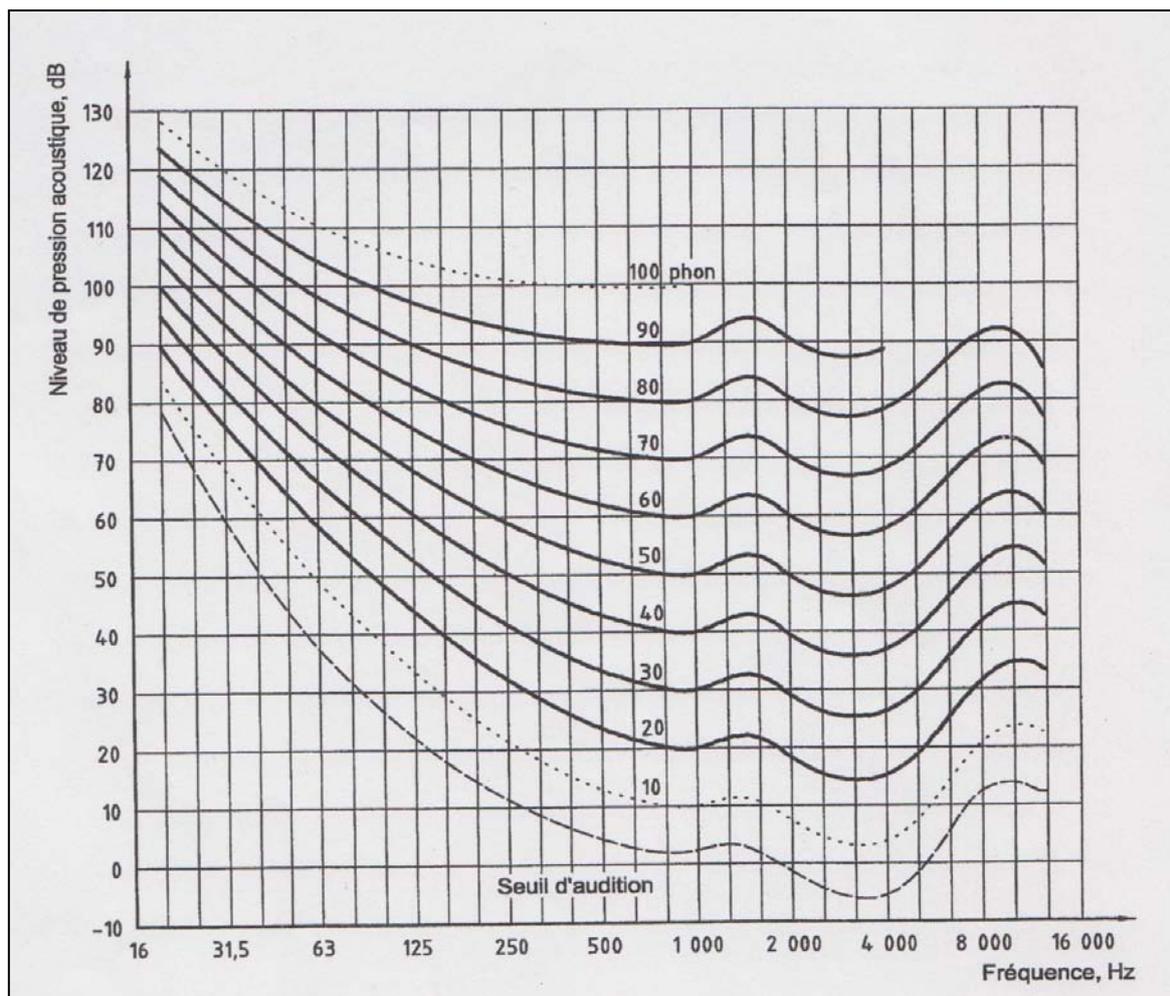


Figure 1 : Lignes isotoniques normales pour des sons purs dans des conditions d'écoute en champ libre (Norme ISO 226 Février 2004) [3]

1.3. Pondération A

Trois pondérations majeures ont été établies pour tenir compte des réponses en fréquence de l'oreille. Les pondérations sont les suivantes : la pondération A, la pondération B et la pondération C (figure 2). Le décibel physique est ainsi approché de manière physiologique en prenant compte de la sensibilité de l'oreille dite non linéaire.

La pondération A est obtenue à l'aide de la courbe isotonique 40 Phons, elle est caractérisée à l'origine pour la mesure des sons faibles. Cette pondération est la plus utilisée actuellement. Le dB A est utilisé pour mesurer la nuisance ressentie pour tous les bruits continus (approximation sur les niveaux) [4]. A titre d'exemple, les lieux musicaux font l'objet d'un décret fixant leurs conditions de fonctionnement (articles R. 571-27 à R. 571-30 du Code de l'environnement). Les niveaux sonores maximums admissibles à l'intérieur de l'établissement sont de 105 dB A en tout point accessible au public (niveau moyen sur 10 à 15 minutes). La pondération A est utilisée pour un bruit fort qui correspond au bruit émis par une scie circulaire. Dans ce type de cas, on sous-estime ce que l'oreille emmagasine en basses fréquences. On remarque donc que l'utilisation de la pondération A n'est pas si évidente.

La pondération B est obtenue à l'aide de la courbe isotonique 70 Phons, elle est caractérisée pour la mesure des sons moyens. Cette pondération est tombée en désuétude.

La pondération C est obtenue à l'aide de la courbe isotonique 100 Phons, elle est caractérisée pour la mesure des sons forts. Le dB C est utilisé pour mesurer la nuisance ressentie pour les bruits impulsifs, les bruits de type crête [4].

Le niveau en décibel A est obtenu à l'aide de la formule suivante [5] :

$$\text{Niveau dB A} = \text{Niveau dB SPL} + \text{Pondération dB A} \quad (1)$$

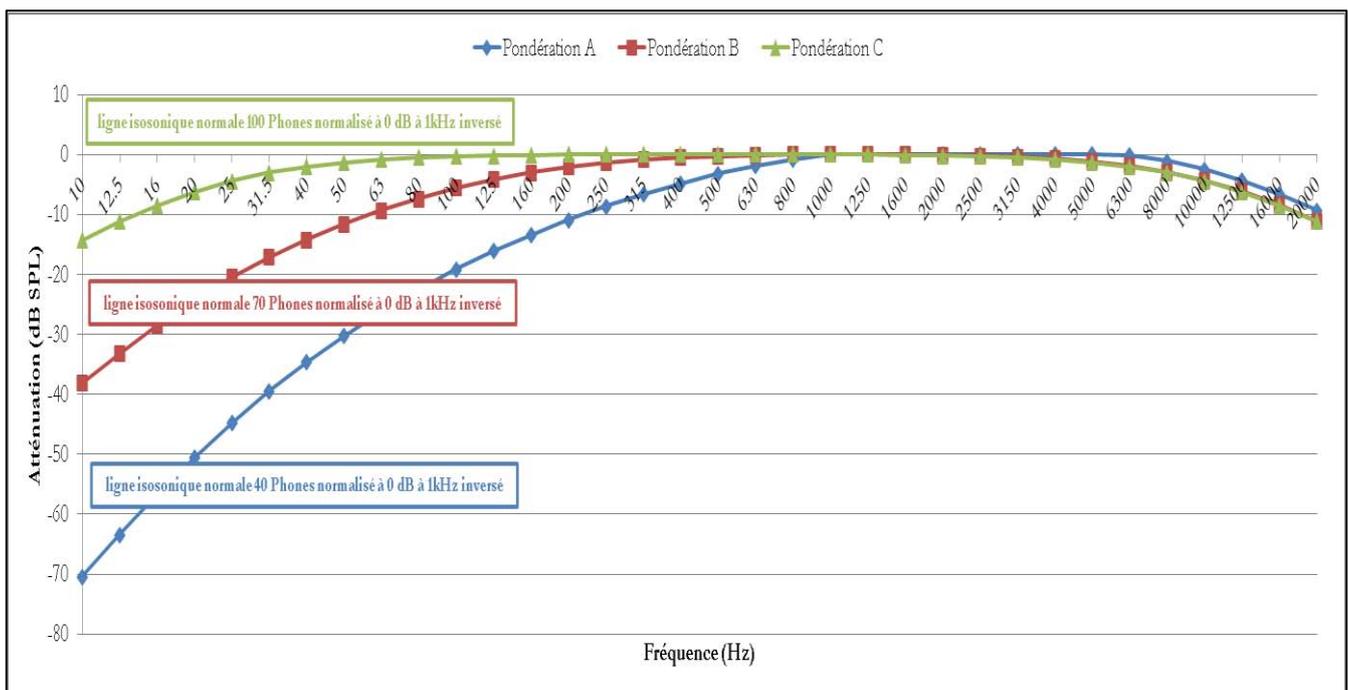


Figure 2 : Pondérations fréquentielles A, B et C tirées du fabricant B&K [6]

La pondération A est issue du tableau du fabricant B&K [6].

La formule du niveau global de bruit en dB A est la suivante [7] :

$$L(dBA) = 10 \log \sum_i (10^{(L_i(dB) + \text{pondération A})/10}) \quad (2)$$

avec $L(dBA)$: niveau global de bruit en dB A

$L_i(dB)$: niveau de pression acoustique en dB SPL à une fréquence donnée

1.4. Echelle des dB audiométriques

Les décibels audiométriques sont notifiés dB HL (Hearing Level). Ces décibels ont été créés pour simplifier la représentation du seuil d'audition sur un audiogramme. En effet, la courbe du seuil d'audition du sujet normoentendant en dB SPL (audiométrie de gauche sur la figure 3) est ramenée à une droite d'ordonnée 0 dB HL (audiométrie de droite sur la figure 3). Une table de conversion a donc été dressée pour transformer les niveaux de pression acoustique dB SPL en dB HL. Les audiomètres effectuent cette correction automatiquement à l'aide de leur calibration et de la formule suivante [7] :

$$\text{Niveau en dB HL} = \text{Niveau mesuré en dB SPL} - \text{Seuil d'audition du Normoentendant en dB SPL} \quad (3)$$

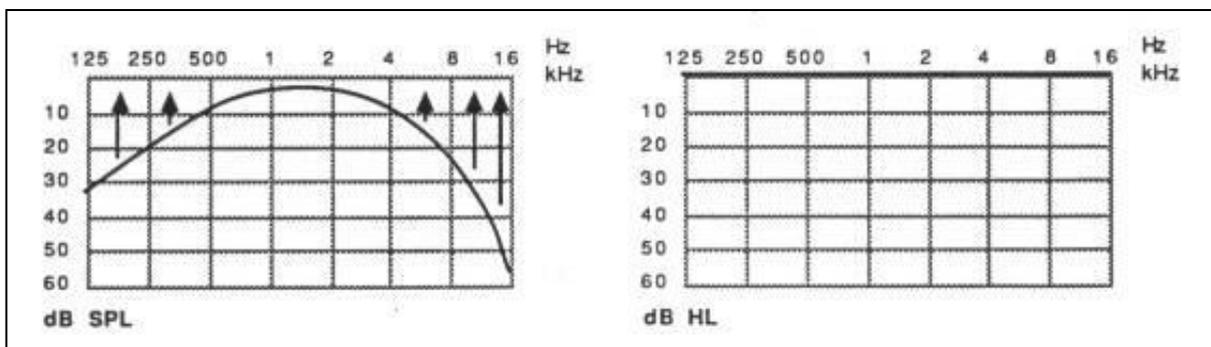


Figure 3 : Conversion des dB physiques dB SPL en dB audiométriques dB HL.

1.5. Perte tonale Moyenne (PTM)

La perte tonale moyenne de chaque oreille est obtenue à l'aide de l'audiogramme réalisé. Les fréquences caractéristiques de la perte tonale moyenne sont les suivantes : 500 Hz, 1 000 Hz et 2 000 Hz. Cet indice est calculé à l'aide des seuils d'audition en dB HL à ces fréquences.

La formule de la perte tonale moyenne est la suivante [8] :

$$PTM = \frac{(500 + 1\,000 + 2\,000)}{3} \quad (4)$$

1.6. Analyse tiers d'octave

Chaque octave est délimitée par deux fréquences de coupure dont l'une est le double de la précédente. Les bandes d'octave ont été normalisées afin de standardiser les mesures acoustiques d'après la norme NF S 30-002 (tableau 1). Le spectre audible est divisé en dix octaves juxtaposées. Les fréquences centrales de ces octaves sont les suivantes : 31 Hz, 63 Hz, 125 Hz, 250 Hz, 500 Hz, 1 000 Hz, 2 000 Hz, 4 000 Hz, 8 000 Hz et 16 000 Hz.

Les valeurs des fréquences de coupure figurent également dans cette norme. La fréquence de coupure inférieure est obtenue de la manière suivante : la fréquence centrale de l'octave considérée est divisée par $\sqrt{2}$. La fréquence de coupure supérieure est obtenue de la manière suivante : la fréquence centrale de l'octave considérée est multipliée par $\sqrt{2}$.

Une bande d'octave est découpée en trois bandes de manière logarithmique. Ces bandes sont plus fines et permettent une meilleure analyse des phénomènes acoustiques. Les fréquences centrales et de coupures de ces dernières sont également normalisées. Les fréquences audiométriques sont les fréquences centrales normalisées, limitées à la bande passante 125 Hz – 8 000 Hz.

Le passage d'une analyse par tiers d'octave à une analyse par octave est effectué en faisant la somme des intensités des trois tiers d'octave normalisées de l'octave considérée [9].

Numéro de bande	Fréquence centrale (Hz)		Limites de bande (Hz)	
	Octave	Tiers d'octave	Inférieure	Supérieure
14	31,5	25	22	28
15		31,5	28	35
16		40	35	44
17	63	50	44	57
18		63	57	71
19		80	71	88
20	125	100	88	113
21		125	113	141
22		160	141	176
23	250	200	176	225
24		250	225	283
25		315	283	353
26	500	400	353	440
27		500	440	565
28		630	565	707
29	1 000	800	707	880
30		1 000	880	1 130
31		1 250	1 130	1 414
32	2 000	1 600	1 414	1 760
33		2 000	1 760	2 250
34		2 500	2 250	2 825
35	4 000	3 150	2 825	3 530
36		4 000	3 530	4 400
37		5 000	4 400	5 650
38	8 000	6 300	5 650	7 070
39		8 000	7 070	8 800
40		10 000	8 800	11 300
41	16 000	12 500	11 300	14 140
42		16 000	14 140	17 600
43		20 000	17 600	22 500

Tableau 1 : Fréquences centrales et limites normalisées pour les octaves et tiers d'octaves du domaine audible [9]

L'oreille divise le spectre audible en 24 bandes critiques adjacentes comparées à une batterie de filtres passe-bande proche des filtres tiers d'octave. L'analyse des différents sons est effectuée par tiers d'octave dans un sonomètre pour se rapprocher au maximum des filtres auditifs, les bandes critiques.

Un test a permis de mettre en évidence l'existence des bandes critiques. Un son complexe composé de deux sons purs différents mais proches est écouté par un sujet sur une même oreille.

Le son émis procure donc une certaine sonie. Lorsque l'écart entre les deux fréquences de ces deux sons purs dépasse une certaine valeur la sensation de sonie est différente. Les bandes critiques ont en moyenne en basses fréquences une largeur de bande passante de 100 Hz. Les bandes critiques ont en moyenne en hautes fréquences une largeur de bande passante de 3 500 Hz [7].

1.7. Les ondes stationnaires

Deux surfaces réfléchissantes parallèles favorisent la propagation d'ondes stationnaires. Les ondes planes stationnaires sont obtenues par la superposition d'une onde incidente et d'une onde réfléchie. On remarque la présence de ventres et de nœuds de pression acoustique. La formule reliant le taux d'ondes stationnaires ($T.O.S$ ou ρ) et le coefficient de réflexion en pression R_p est la suivante [10] :

$$T.O.S = \rho = \frac{1 + |R_p|}{1 - |R_p|} \quad (5)$$

D'autre part, la formule reliant le coefficient d'absorption en intensité α et le coefficient de réflexion en pression R_p est la suivante :

$$\alpha(f) = 1 - |R_p|^2 \quad (6)$$

Si un matériau est très réfléchissant, le coefficient de réflexion en pression $|R_p| = 1$, ainsi le taux d'ondes stationnaires tend vers l'infini (exemple du béton).

Si un matériau est très absorbant, le coefficient de réflexion en pression $|R_p| = 0$, ainsi le taux d'ondes stationnaires tend vers 1.

Le coefficient d'absorption d'un matériau est fonction de la fréquence. Il dépend de l'épaisseur du matériau et de la longueur d'onde du son émis. Ainsi, plus le matériau sera épais, plus il pourra absorber les basses fréquences.

1.8. Etude physique du bruit

Le terme de bruit désigne tout phénomène acoustique produisant une sensation désagréable ou gênante.

L'extrême variabilité du signal acoustique est à l'origine de la complexité de notre environnement sonore et cette diversité rend difficile la classification de l'ensemble des sons en catégories précises. Cependant, en prenant comme critère la durée et les variations de niveau d'amplitude dans le temps, on peut distinguer [11] :

- **les sons stables ou stationnaires** : leur niveau sonore ne varie pas plus de 3 dB de façon perceptible pendant un temps considéré comme long par rapport à la période des vibrations qui le composent. Dans la pratique, sont considérés comme stables des sons dont le niveau est constant pendant plusieurs secondes. Ces sons peuvent être continus, répétitifs ou isolés,

- **les sons fluctuants** : leur niveau sonore varie au cours du temps, plus de 3 dB, et ils peuvent également être continus ou intermittents,

- **les sons impulsionnels** : leur durée est brève, inférieure ou de l'ordre de la seconde. La parole est une suite de sons impulsionnels.

En utilisant le critère des variations temporelles de la pression acoustique, on obtient la classification suivante :

- **les sons périodiques** : ce sont les sons purs ou sinusoïdaux et les sons périodiques complexes comportant plusieurs fréquences.

- **les sons aléatoires** : ce sont des sons complexes sans périodicité (transitoire : brusque variation aux valeurs extrêmes très rapide).

Le niveau équivalent $L_{eq,T}$ (Level equivalent) mesure une moyenne énergétique dans le temps (T). Il sera utilisé à plusieurs reprises dans la partie expérimentale.

La définition du **bruit ambiant** est la suivante : « Niveau sonore pour un endroit, une situation et un instant donnés. Il prend en compte tout l'environnement de la mesure : l'ensemble des sources, l'influence du local, les conditions d'opération du moment ... [12]».

1.9. Bruit Rose

Le bruit rose contient comme le bruit blanc toutes les fréquences audibles. Le bruit rose est obtenu par un filtrage approprié du bruit blanc. Le spectre du bruit rose est continu.

La densité spectrale d'intensité du bruit rose est inversement proportionnelle à la fréquence. La densité spectrale $S(f)$ du bruit rose décroît de 3 dB par octave en bandes fines, c'est-à-dire à l'aide d'une échelle arithmétique en dB/Hz. La densité spectrale $S(f)$ du bruit rose présente une énergie constante par bande d'octave, c'est-à-dire à l'aide d'une échelle logarithmique en dB/octave (la densité spectrale du bruit blanc possède une énergie constante en dB/Hz, c'est-à-dire dans une échelle arithmétique) [11].

Les bandes d'octave ne présentent pas la même largeur de bande (cf. rappel 1.6 Analyse tiers d'octave). Les fréquences aiguës ont beaucoup plus de fréquences représentées que les fréquences graves. Pour obtenir la même énergie dans chaque bande d'octave, les fréquences graves doivent bénéficier de plus d'énergie.

La sensation auditive que procure le bruit rose est proche de celle obtenue par un bruit blanc mais plus grave. En effet, le bruit rose est plus riche en basses fréquences que le bruit blanc.

Le bruit rose est plus adapté à la perception auditive humaine que le bruit blanc. En effet comme le bruit rose, la perception auditive présente des attrait logarithmiques.

Le bruit rose est très utilisé dans l'Acoustique des salles et l'Acoustique du bâtiment. Dans le bâtiment, des mesures de l'isolement acoustique brut ou de la durée de réverbération sont effectuées à l'aide de ce type de bruit. Une comparaison est effectuée entre le bruit rose d'émission et le bruit mesuré dans la salle de réception.

Dans le cadre de notre étude, le bruit rose est utilisé pour les différentes raisons évoquées.

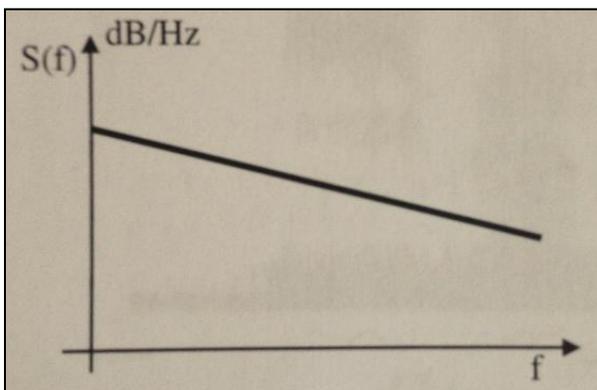


Figure 4 : Analyse de la densité spectrale du bruit rose en bandes fines (dB/Hz) [11]

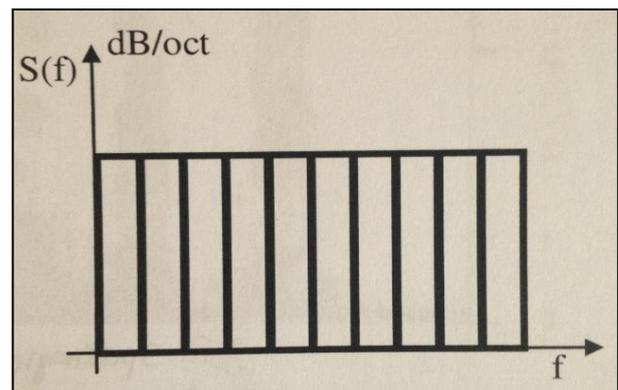


Figure 5 : Analyse de la densité spectrale du bruit rose par bande d'octave (dB/octave) [11]

1.10. Audiométrie tonale liminaire

Une anamnèse détaillée sera réalisée auprès de chaque patient avant toute audiométrie tonale liminaire. L'anamnèse comprend les questions suivantes :

- Le patient ressent-il une gêne auditive monaurale/binaurale ?
- Le patient a-t-il l'impression d'avoir une meilleure oreille que l'autre ?
- Le patient présente-t-il des acouphènes ?
- Le patient présente-t-il des vertiges associés ?
- Le patient pratique-t-il la chasse ?
- Le patient est-t-il exposé au bruit dans son milieu socioprofessionnel ?
- Le patient est-t-il exposé à des produits solvants (tel que le styrène) ?
- Le patient a-t-il des antécédents familiaux ?
- Le patient présente-t-il des allergies notamment cutanées ?
- Le patient a-t-il tendance à hyper sécréter des bouchons de cérumen ?
- Le patient présente-t-il un traitement médical (diabète, tension, cholestérol) ?
- Le patient présente-t-il des antécédents chirurgicaux ?

Une otoscopie bilatérale doit être réalisée afin d'observer l'état de la membrane tympanique et des conduits auditifs. Cette dernière permet d'observer la présence de cérumen ou de corps étranger qui pourrait influencer les résultats audiométriques.

L'audiométrie tonale détermine un seuil d'audition. Le seuil d'audition est le niveau le plus faible détecté pour l'ensemble des fréquences testées.

Avant chaque série de test, des consignes claires doivent être données aux sujets sur le type d'examen effectué. L'oreille testée en premier lieu est la meilleure oreille (issue de l'interrogatoire lors de l'anamnèse) pour éviter la présence de courbes fantômes.

L'audiométrie est pratiquée à l'aide de la technique ascendante. Chaque fois que le sujet entend un signal, il répond par l'intermédiaire de la poire mise à disposition. Le signal lumineux présent sur l'audiomètre notifie sa réponse.

1.10.1. En conduction aérienne

1.10.1.1. Au casque

Le casque TDH39 doit être placé à l'aide du code couleur : l'écouteur rouge sur l'oreille droite et l'écouteur bleu sur l'oreille gauche.

Avant cet examen, il est préférable de retirer les lunettes des sujets ou tout autre dispositif qui empêcherait la bonne mise en place du casque. Les écouteurs sont placés en regard des conduits auditifs externes. Le mauvais positionnement des écouteurs induit une perte surajoutée de 5 à 20 dB HL sur les fréquences aigües. Une force d'appui insuffisante présente un risque de perte de 5 à 20 dB HL sur les fréquences graves [13].

Les audiométries doivent être effectuées sur les fréquences suivantes : 125 Hz, 250 Hz, 500 Hz, 1000 Hz, 2000 Hz, 4000 Hz et 8000 Hz. La première fréquence testée est celle du 1000 Hz à un niveau confortable pour familiariser le sujet avec le test. On poursuit l'examen par incrémentation de l'octave supérieur, jusqu'au 8000 Hz. Puis, on termine par les fréquences graves en ordre décroissant.

Des sons purs sont utilisés lors de l'audiométrie tonale liminaire. Un son pur correspond à une vibration acoustique sinusoïdale. Il est de la forme suivante [11] :

$$p(t) = Ae^{j\omega t} \quad (7)$$

avec ω : la pulsation propre en $\text{rad} \cdot \text{s}^{-1}$ et $\omega = 2\pi f$

Le signal test est réglé pour être émis de façon pulsatile (apparaît par intermittence). L'interruption, puis la reprise du signal lui procure un caractère très réactogène. L'intervalle de temps entre deux stimulations est variable pour éviter une monotonie de l'examen et que le sujet entre dans une certaine routine de réponse.

1.10.1.2. En champ acoustique diffus

La densité d'énergie du son diffus est homogène dans l'espace de diffusion. Le son diffus présente un caractère très aléatoire, il n'existe pas de corrélation entre deux instants ou deux positions [14].

« Le champ acoustique diffus est un champ acoustique consistant en ondes sonores arrivant à un emplacement donné, et provenant plus ou moins simultanément depuis toutes les directions, avec la même probabilité et le même niveau [15] ».

Lors de la réception d'un signal sonore, le champ direct est reçu dans un premier temps. Ensuite, les premières réflexions précoces apparaissent. Les réflexions suivantes font parties du champ diffus (figure 6).

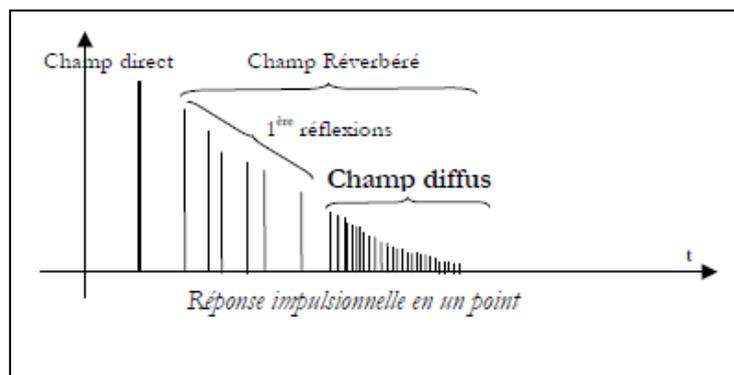


Figure 6 : Origine du champ diffus [14]

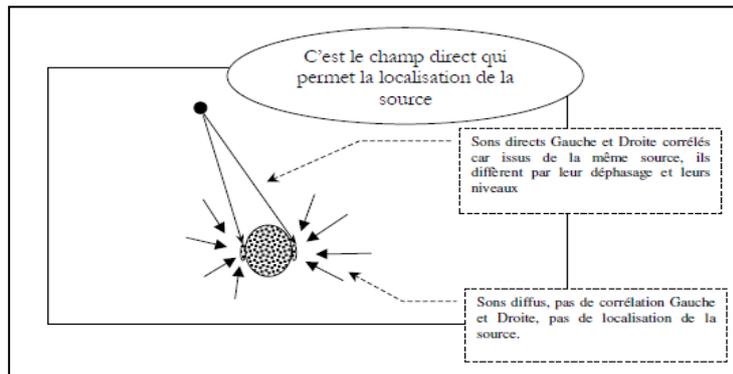


Figure 7: Différence champ direct / champ diffus [14]

Les audiométries doivent être effectuées sur les fréquences suivantes : 125 Hz, 250 Hz, 500 Hz, 1000 Hz, 2000 Hz, 4000 Hz et 8000 Hz.

Les signaux tests utilisés sont des sons wobulés pour éviter la formation d'ondes stationnaires (cf. rappel 1.7. Les ondes stationnaires). Les sons wobulés sont des sons modulés en fréquence. Ce sont des sons ni purs ni périodiques (figure 8). Leurs spectres comportent plusieurs raies disposées symétriquement par rapport à la fréquence porteuse. Ce type de sons est également utilisé en audiométrie infantile, car ils sont plus réactogènes que les sons purs [9]. L'écoute s'effectue de manière binaurale.

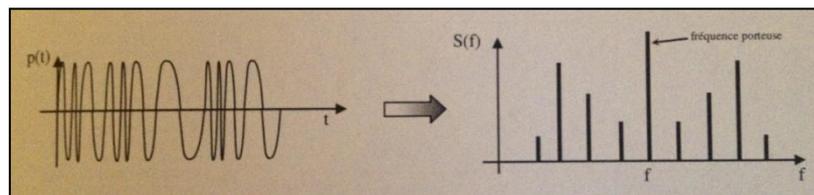


Figure 8: Son wobulé, exemple d'un signal modulé en fréquence, variation temporelle et spectrale de l'amplitude respectivement [9]

1.10.1.3. En champ acoustique libre

Un champ acoustique est dit libre dans le cas où l'effet du local sur les ondes sonores est négligeable.

Les audiométries doivent être effectuées sur les fréquences suivantes : 125 Hz, 250 Hz, 500 Hz, 1000 Hz, 2000 Hz, 4000 Hz et 8000 Hz.

L'audiométrie tonale liminaire est effectuée oreilles nues, le patient répond par l'intermédiaire d'une poire de réponse aux stimulations acoustiques de l'opérateur. L'écoute s'effectue donc également de manière binaurale.

Les stimuli employés sont, tout comme en champ acoustique diffus, des sons wobulés pour éviter la formation d'ondes stationnaires (cf. rappel 1.7. Les ondes stationnaires).

1.10.2. En conduction osseuse

L'audiométrie tonale liminaire en conduction osseuse est réalisée sur les fréquences suivantes : 250 Hz, 500 Hz, 1000 Hz, 2000 Hz et 4000 Hz. La mesure des seuils d'audition par voie osseuse pour les fréquences inférieures à 250 Hz n'est pas très fiable. En effet, à ce type de très basses fréquences les ossivibrateurs à inertie/réaction induisent une forte distorsion des signaux [16].

L'oreille testée ne doit pas être occluse. Le vibreur RadioEar B71 est placé en regard de l'apophyse mastoïde de l'os temporal de l'oreille à tester. Le vibreur est placé derrière le pavillon, le plus proche de celui-ci mais sans le toucher. Si le vibreur touche le pavillon, il pourrait provoquer une pression sur l'oreille externe qui mettrait en mouvement la chaîne des osselets de l'oreille moyenne. Le seuil d'audition par conduction osseuse serait donc faussé par une transmission aérienne.

Le son aérien rayonné par l'ossivibrateur en contact avec la tête du sujet dont le fonctionnement de l'oreille externe et moyenne est normal doit être de niveau de pression acoustique très faible. En effet, le faux niveau liminaire en conduction aérienne induit par le transducteur électromécanique peut altérer le vrai niveau liminaire d'audition en conduction osseuse [1].

Le niveau liminaire vibrotactile est un niveau de pression acoustique ou de force vibratoire qui induit une sensation vibratoire sur la peau. En moyenne le seuil vibrotactile s'approche d'un niveau d'audition de 40 dB HL à 250 Hz, de 60 dB HL à 500 Hz et 70 dB HL à 1000 Hz. Néanmoins, entre les individus de grandes différences peuvent exister. Ainsi, il convient de s'assurer que les sensations vibrotactiles ne soient pas interprétées comme des sensations auditives [1].

Un écouteur du casque TDH 39 doit être placé sur l'oreille controlatérale non testée dans le cadre d'un masquage. Le serre-tête de l'ossivibrateur et le casque TDH 39 ne doivent pas interférer.

Le signal test utilisé est un son pur émis de manière pulsatile. L'alternance du signal donne un caractère plus réactogène.

1.11. Présentation des niveaux de pression acoustique maximaux admissibles

Les niveaux de pression acoustiques ambiants d'une salle audiométrique ne doivent pas dépasser des valeurs de référence pour éviter le phénomène de masquage des sons d'essais. Les valeurs de référence sont établies en tant que niveaux maximaux admissibles de pression acoustique ambiants par bande de tiers d'octave **pour un seuil d'audition minimal de 0 dB HL**.

La norme ISO 8253 a traité ce sujet, elle est constituée de deux parties. La norme ISO 8253-1 [1], première partie de cette norme, est axée sur l'audiométrie liminaire fondamentale à sons purs en conduction aérienne et en conduction osseuse. Tandis que la norme ISO 8253-2 [1], deuxième partie de cette norme, est centrée sur l'audiométrie en champ acoustique avec des sons purs et des bruits à bande étroite comme signaux d'essais.

1.11.1. Norme ISO 8253-1 [1]

1.11.1.1. Audiométrie tonale liminaire en conduction aérienne

L'audiométrie liminaire en conduction aérienne est pratiquée à l'aide d'écouteurs supra-auraux tel que le casque TDH 39. La norme ISO 8253-1 établit le tableau 2 relatant les niveaux de pression acoustique maximaux admissibles L_{max} en dB SPL. Trois gammes de fréquences des sons d'essais sont présentées : de 125 Hz à 8 000 Hz, de 250 Hz à 8 000 Hz et de 500 Hz à 8 000 Hz.

Les études cliniques de la salle du BESA au sein de l'INRS et de la cabine insonorisée au sein de la Faculté de Pharmacie seront réalisées dans la partie expérimentale avec une gamme de fréquences des sons d'essais de 125 Hz à 8 000 Hz, durant les tests audiométriques par transmission aérienne. La mesure du niveau de bruit en dB A associée aux niveaux de pression acoustique ambiants maximaux admissibles a donc été réalisée à l'aide de cette gamme de fréquences des sons d'essais (tableau 3).

Fréquence médiane des bandes de tiers d'octave (Hz)	Niveau de pression acoustique ambiant maximal admissible		
	L _{max} (Référence: 20 µPa) en dB SPL		
	Gamme de fréquences des sons d'essai		
	125 Hz à 8 000 Hz	250 Hz à 8 000 Hz	500 Hz à 8 000 Hz
31,5	56	66	78
40	52	62	73
50	47	57	68
63	42	52	64
80	38	48	59
100	33	43	55
125	28	39	51
160	23	30	47
200	20	20	42
250	19	19	37
315	18	18	33
400	18	18	24
500	18	18	18
630	18	18	18
800	20	20	20
1 000	23	23	23
1 250	25	25	25
1 600	27	27	27
2 000	30	30	30
2 500	32	32	32
3 150	34	34	34
4 000	36	36	36
5 000	35	35	35
6 300	34	34	34
8 000	33	33	33

Tableau 2 : Niveaux de pression acoustique ambiants maximaux admissibles par bande de tiers d'octave, L_{max}, pour l'audiométrie en conduction aérienne lorsque les écouteurs utilisés sont des écouteurs supra-auraux courants [1]

Note : En utilisant les valeurs données, le niveau liminaire d'audition minimal à mesurer est de 0 dB avec une incertitude maximale de +2 dB due au bruit ambiant. Si une incertitude maximale de +5 dB due au bruit ambiant est admise, les valeurs ci-dessus peuvent être majorées de 8 dB

	1	2	1+2
Bande de tiers d'octave (Hz)	L_{max} pour la gamme de fréquence de 125 Hz à 8 000 Hz en dB SPL	Pondération A	Niveaux de pression acoustique L_{max} pondérés A
31.5 Hz	56	-39,4	16,6
40 Hz	52	-34,6	17,4
50 Hz	47	-30,2	16,8
63 Hz	42	-26,2	15,8
80 Hz	38	-22,5	15,5
100 Hz	33	-19,1	13,9
125 Hz	28	-16,1	11,9
160 Hz	23	-13,4	9,6
200 Hz	20	-10,9	9,1
250 Hz	19	-8,6	10,4
315 Hz	18	-6,6	11,4
400 Hz	18	-4,8	13,2
500 Hz	18	-3,2	14,8
630 Hz	18	-1,9	16,1
800 Hz	20	-0,8	19,2
1 kHz	23	0	23,0
1.25 kHz	25	0,6	25,6
1.6 kHz	27	1	28,0
2 kHz	30	1,2	31,2
2.5 kHz	32	1,3	33,3
3.15 kHz	34	1,2	35,2
4 kHz	36	1	37,0
5 kHz	35	0,5	35,5
6.3 kHz	34	-0,1	33,9
8 kHz	33	-1,1	31,9

Tableau 3 : Mesure du niveau de bruit en dB A associé aux niveaux de pression acoustique ambiants maximaux admissibles pour une audiométrie tonale liminaire au casque

D'après la formule 2 (p. 5), le niveau de bruit en dB A associé aux niveaux de pression acoustique ambiants maximaux admissibles en conduction aérienne est de :

$$A.N : L(dBA) = 10 \log (10^{1.7} + 10^{1.7} + 10^{1.7} + 10^{1.6} + 10^{1.6} + 10^{1.4} + 10^{1.2} + 10^{1.0} + 10^{0.9} + 10^{1.0} + 10^{1.1} + 10^{1.3} + 10^{1.5} + 10^{1.6} + 10^{1.9} + 10^{2.3} + 10^{2.6} + 10^{2.8} + 10^{3.1} + 10^{3.3} + 10^{3.5} + 10^{3.7} + 10^{3.6} + 10^{3.4} + 10^{3.2}) = 43,2 \text{ dB A}$$

De part le calcul, on obtient un niveau de bruit de 43,2 dB A associé à la norme ISO 8253-1 concernant l'audiométrie tonale liminaire au casque.

1.11.1.2. Audiométrie tonale liminaire en conduction osseuse

L'audiométrie liminaire en conduction osseuse est pratiquée à l'aide d'un ossivibrateur de type B71. La norme ISO 8253-1 établit le tableau 4 relatant les niveaux de pression acoustique maximaux admissibles L'_{max} en dB SPL. Deux gammes de fréquences des sons d'essais sont présentées : de 125 Hz à 8 000 Hz et de 250 Hz à 8 000 Hz.

Fréquence médiane des bandes de tiers d'octave (Hz)	Niveau de pression acoustique ambiant maximal admissible L'_{max} (Référence: 20 μ Pa) en dB SPL	
	Gamme de fréquences des sons d'essai	
	125 Hz à 8 000 Hz	250 Hz à 8 000 Hz
31,5	55	63
40	47	56
50	41	49
63	35	44
80	30	39
100	25	35
125	20	28
160	17	21
200	15	15
250	13	13
315	11	11
400	9	9
500	8	8
630	8	8
800	7	7
1 000	7	7
1 250	7	7
1 600	8	8
2 000	8	8
2 500	6	6
3 150	4	4
4 000	2	2
5 000	4	4
6 300	9	9
8 000	15	15

Tableau 4 : Niveaux de pression acoustique ambiants maximaux admissibles par bande de tiers d'octave, L'_{max} , pour l'audiométrie en conduction osseuse [1]

Notes :

1. En utilisant les valeurs données, le niveau liminaire d'audition minimal à mesurer est de 0 dB avec une incertitude maximale de +2 dB due au bruit ambiant. Si une incertitude maximale de +5 dB due au bruit ambiant est admise, les valeurs ci-dessus peuvent être majorées de 8 dB.
2. Il est difficile de mesurer des niveaux de pression acoustique inférieurs à 5 dB avec la plupart des modèles courants de sonomètres.

Les études cliniques de la salle du BESA au sein de l'INRS et de la cabine insonorisée au sein de la Faculté de Pharmacie seront réalisées dans la partie expérimentale avec une gamme de fréquences des sons d'essais à partir de 250 Hz, durant les tests audiométriques par transmission osseuse. La mesure du niveau de bruit en dB A associée aux niveaux de pression acoustique ambiants maximaux admissibles a donc été réalisée à l'aide de cette gamme de fréquences des sons d'essais (tableau 5).

	1	2	1+2
Bande de tiers d'octave (Hz)	L'max pour la gamme de fréquence de 250 Hz à 8 000 Hz en dB SPL	Pondération A	Niveaux de pression acoustique L'max pondérés A
31.5 Hz	63	-39,4	23,6
40 Hz	56	-34,6	21,4
50 Hz	49	-30,2	18,8
63 Hz	44	-26,2	17,8
80 Hz	39	-22,5	16,5
100 Hz	35	-19,1	15,9
125 Hz	28	-16,1	11,9
160 Hz	21	-13,4	7,6
200 Hz	15	-10,9	4,1
250 Hz	13	-8,6	4,4
315 Hz	11	-6,6	4,4
400 Hz	9	-4,8	4,2
500 Hz	8	-3,2	4,8
630 Hz	8	-1,9	6,1
800 Hz	7	-0,8	6,2
1 kHz	7	0	7,0
1.25 kHz	7	0,6	7,6
1.6 kHz	8	1	9,0
2 kHz	8	1,2	9,2
2.5 kHz	6	1,3	7,3
3.15 kHz	4	1,2	5,2
4 kHz	2	1	3,0
5 kHz	4	0,5	4,5
6.3 kHz	9	-0,1	8,9
8 kHz	15	-1,1	13,9

Tableau 5 : Mesure du niveau de bruit en dB A associé aux niveaux de pression acoustique ambiants maximaux admissibles pour une audiométrie tonale liminaire en conduction osseuse

D'après la formule 2 (p. 5), le niveau de bruit en dB A associé aux niveaux de pression acoustique ambiants maximaux admissibles en conduction osseuse est de :

$$A.N : L(dBA) = 10 \log (10^{2.4} + 10^{2.1} + 10^{1.9} + 10^{1.8} + 10^{1.7} + 10^{1.6} + 10^{1.2} + 10^{0.8} + 10^{0.4} + 10^{0.4} + 10^{0.4} + 10^{0.4} + 10^{0.5} + 10^{0.6} + 10^{0.6} + 10^{0.7} + 10^{0.8} + 10^{0.9} + 10^{0.9} + 10^{0.7} + 10^{0.5} + 10^{0.3} + 10^{0.5} + 10^{0.9} + 10^{1.4}) = 28,5 \text{ dB A}$$

De part le calcul, on obtient un niveau de bruit de 28,5 dB A associé à la norme ISO 8253-1 concernant l'audiométrie tonale liminaire au vibreur.

1.11.2. Norme ISO 8253-2 [1]

L'audiométrie en champ acoustique est pratiquée à l'aide de transducteurs électroacoustiques, les haut-parleurs transforment le signal électrique émis par l'audiomètre en ondes acoustiques. La norme ISO 8253-2 établit le tableau 6 relatant les niveaux de pression acoustique maximaux admissibles L''_{max} en dB SPL. Deux gammes de fréquences des sons d'essais sont présentées : à partir de 125 Hz et à partir de 250 Hz.

Fréquence médiane des bandes de tiers d'octave (Hz)	Niveau de pression acoustique maximal admissible L''_{max} (Référence: 20 μ Pa) en dB SPL	
	Fréquence d'essai la plus basse	
	125 Hz	250 Hz
31,5	52	60
40	44	53
50	38	46
63	32	41
80	27	36
100	22	32
125	17	25
160	14	18
200	12	12
250	10	10
315	8	8
400	6	6
500	5	5
630	5	5
800	4	4
1 000	4	4
1 250	4	4
1 600	5	5
2 000	5	5
2 500	3	3
3 150	1	1
4 000	-1	-1
5 000	1	1
6 300	6	6
8 000	12	12

Tableau 6 : Audiométrie en champ acoustique Niveaux maximaux admissibles, L''_{max} , par bande de tiers d'octave, de la pression acoustique ambiante [1]

Notes :

1. En utilisant les valeurs données, le niveau liminaire d'audition minimal à mesurer est de 0 dB avec une incertitude maximale de +2 dB due au bruit ambiant. Si une incertitude maximale de +5 dB due au bruit ambiant est admise, les valeurs ci-dessus peuvent être majorées de 8 dB.
2. Il est difficile de mesurer des niveaux de pression acoustique inférieurs à 5 dB avec la plupart des modèles courants de sonomètres.
3. Lorsqu'on utilise comme signal d'essais un bruit à bande étroite, il convient que le niveau de pression acoustique ambiant maximal admissible soit quelque peu inférieur aux valeurs spécifiées au tableau ci-dessus.

Les études cliniques de la salle du BESA au sein de l'INRS et de la cabine insonorisée au sein de la Faculté de Pharmacie seront réalisées dans la partie expérimentale avec une gamme de fréquences des sons d'essais à partir de 150 Hz, durant les tests audiométriques en champ acoustique. La mesure du niveau de bruit en dB A associée aux niveaux de pression acoustique ambiants maximaux admissibles a donc été réalisée à l'aide de cette gamme de fréquences des sons d'essais (tableau 7).

	1	2	1+2
Bande de tiers d'octave (Hz)	L''max pour la fréquence d'essai la plus basse de 125 Hz en dB SPL	Pondération A	Niveaux de pression acoustique L''max pondérés A
31.5 Hz	52	-39,4	12,6
40 Hz	44	-34,6	9,4
50 Hz	38	-30,2	7,8
63 Hz	32	-26,2	5,8
80 Hz	27	-22,5	4,5
100 Hz	22	-19,1	2,9
125 Hz	17	-16,1	0,9
160 Hz	14	-13,4	0,6
200 Hz	12	-10,9	1,1
250 Hz	10	-8,6	1,4
315 Hz	8	-6,6	1,4
400 Hz	6	-4,8	1,2
500 Hz	5	-3,2	1,8
630 Hz	5	-1,9	3,1
800 Hz	4	-0,8	3,2
1 kHz	4	0	4,0
1.25 kHz	4	0,6	4,6
1.6 kHz	5	1	6,0
2 kHz	5	1,2	6,2
2.5 kHz	3	1,3	4,3
3.15 kHz	1	1,2	2,2
4 kHz	-1	1	0,0
5 kHz	1	0,5	1,5
6.3 kHz	6	-0,1	5,9
8 kHz	12	-1,1	10,9

Tableau 7 : Mesure du niveau de bruit en dB A associé aux niveaux de pression acoustique ambiants maximaux admissibles pour une audiométrie tonale liminaire en champ acoustique

D'après la formule 2 (p. 5), le niveau de bruit en dB A associé aux niveaux de pression acoustique ambiants maximaux admissibles en champ acoustique est de :

$$A.N : L(dBA) = 10 \log (10^{1.3} + 10^{0.9} + 10^{0.8} + 10^{0.6} + 10^{0.5} + 10^{0.3} + 10^{0.1} + 10^{0.1} + 10^{0.1} + 10^{0.1} + 10^{0.2} + 10^{0.3} + 10^{0.3} + 10^{0.4} + 10^{0.5} + 10^{0.6} + 10^{0.6} + 10^{0.4} + 10^{0.2} + 1 + 10^{0.2} + 10^{0.6} + 10^{1.1}) = 19,6 \text{ dB A}$$

De part le calcul on obtient un niveau de bruit de 19,6 dB A associé à la norme ISO 8253-2 concernant l'audiométrie tonale liminaire en champ libre.

Les normes ISO 8253-1 et 8253-2 relatent un niveau de bruit en dB A associé aux niveaux de pression acoustique ambiants maximaux admissibles en conduction aérienne de **43,2 dB A**, en conduction osseuse de **28,5 dB A** et en champ acoustique de **19,6 dB A**. On remarque que le niveau de bruit en dB A associé aux niveaux de pression acoustique ambiants maximaux admissibles en champ acoustique de **19,6 dB A** est très difficilement réalisable dans des cabines standards (figure 9).

De plus, le niveau de bruit en dB A associé aux niveaux de pression acoustique ambiants maximaux admissibles en conduction aérienne de **43,2 dB A** est assez élevé. En effet, l'atténuation des casques supra-auraux courants permet de noter des niveaux de pression acoustiques élevés sur les fréquences aigües. Ainsi, ce spectre est chargé en fréquences aigües qui ne sont nullement influencées par la pondération A, atténuant uniquement les fréquences graves.

Les niveaux de pression acoustique ambiants maximaux admissibles sont établis sur une base de mesure du **niveau liminaire d'audition minimal de 0 dB HL**. **Pour des mesures du niveau liminaire d'audition supérieur à 0 dB HL, il convient d'ajouter aux niveaux de pression acoustique ambiants maximaux admissibles, le niveau liminaire d'audition minimal à mesurer.**

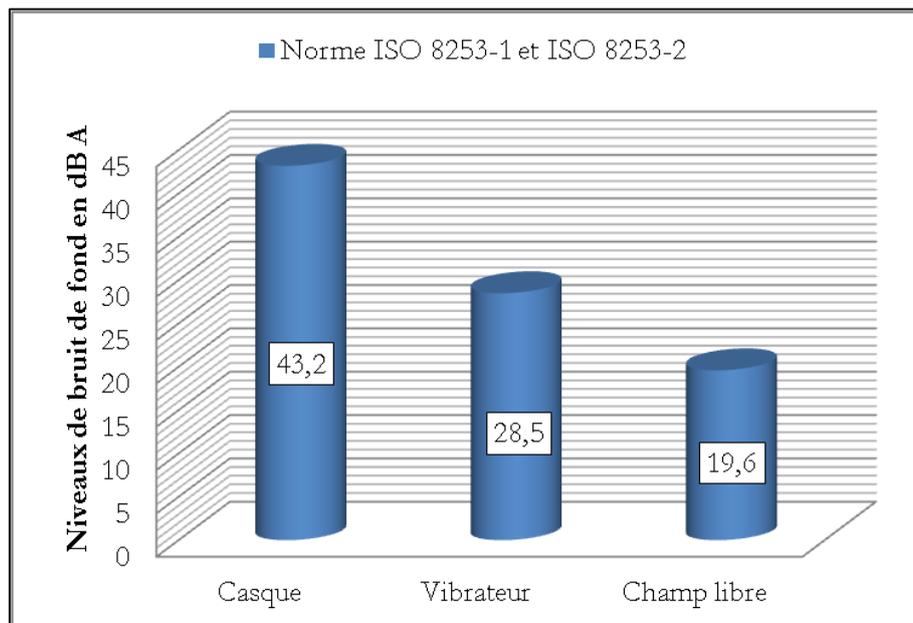


Figure 9: Niveau de bruit en dB A associé aux niveaux de pression acoustique ambiants maximaux admissibles au casque, au vibrateur et en champ libre pour un **seuil d'audition minimal de 0 dB HL**

La problématique du niveau de bruit de fond dans la cabine audiométrique sur les résultats audiométriques a déjà été abordée par le Docteur Christian Meyer-Bisch [17]. Il insiste sur l'obtention d'un niveau de 30 dB A contrairement au niveau fixé par le décret n°85-590 du 10 juin 1985 de 40 dB A [18].

L'objet de ce mémoire est de déterminer l'impact du bruit dans une cabine audiométrique. Ainsi dans un premier temps, l'étude se fera dans des conditions optimales dites de référence au sein de la salle audiométrique BESA de l'INRS.

Partie 2 : Etude Clinique au sein de la salle BESA de l'INRS

2.1. Protocole d'essai

Une étude de l'impact du bruit de fond sur un panel de sujets s'effectue au sein de la chambre acoustique de l'INRS à l'aide d'un matériel de métrologie nécessaire. Cette étude clinique va permettre de mesurer et de vérifier le bruit de fond très faible de cette cabine dont les mesures serviront de référence. Enfin dans un second temps, une audiométrie tonale liminaire sera effectuée sur cinq sujets normoentendants.

2.1.1. Présentation de la chambre acoustique

Cette étude a été réalisée à l'Institut National de Recherche et de Sécurité (INRS). Les mesures ont été effectuées dans la salle du Banc d'Essais au Seuil d'Audition (BESA). Le volume de la chambre acoustique est de $3,00 * 3,00 * 2,40$ m, soit de $21,6m^3$. Ce volume de la salle respecte donc les conditions d'aménagement du local réservé à l'activité d'audioprothésiste établi à $15m^3$ par le décret n°85-590 du 10 juin 1985 [18] (Annexe 1).

La chambre acoustique a été construite de façon à éliminer les ondes stationnaires (cf. rappel 1.7. Les ondes stationnaires). Des surfaces de la salle acoustique ont été renforcées de plâtre. Entre ces deux murs, de la laine de roche a été mise en place pour éviter le phénomène de réverbération et le parallélisme des parois.

Dans la chambre acoustique, on peut distinguer différents types de traitement des matériaux utilisés. On remarque des matériaux isolants, ainsi que des diffuseurs (figure 10). Les diffuseurs permettent de disperser le son en fonction de l'effet désiré. Les haut-parleurs sont positionnés en regard des diffuseurs pour homogénéiser l'énergie sonore à l'intérieur de la pièce et provoquer cette sensation de « baigner » dans le son. Le champ libre de cette salle est donc diffus.

Le positionnement du fauteuil se trouve au centre de la pièce (figure 11). Cinq marqueurs rouges ont été tracés sur le sol pour positionner les pieds du siège au même endroit, afin de permettre une bonne reproductibilité des tests.



Figure 10: Matériaux isolants et diffuseurs



Figure 11: Positionnement du fauteuil

La salle d'essais est dissociée du matériel informatique, générant un bruit de fonctionnement dû notamment à la présence d'un ventilateur. Ainsi, des câblages ont été mis en place entre la salle d'acquisition et la salle d'essais pour connecter les différents éléments tels que : le casque TDH39, l'ossivibrateur B71, la poire de réponse (...) à l'audiomètre et à l'ordinateur PC de la salle d'acquisition. La connectique passe à travers un bac à sable, le sable ayant une importante masse surfacique empêche le passage du son (figure 12).

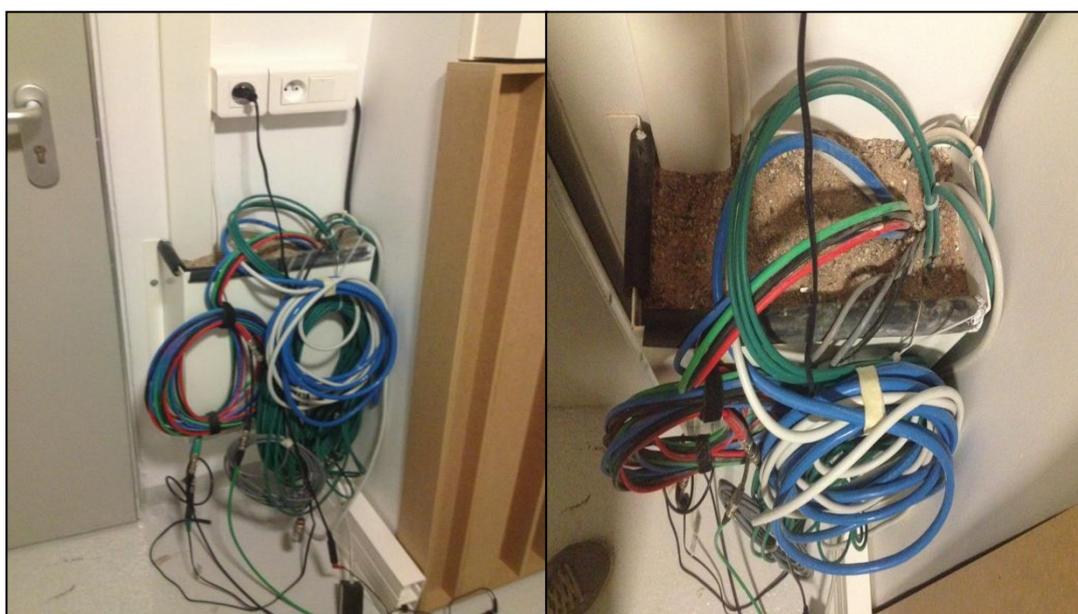


Figure 12: Isolation des câbles par utilisation du sable

Pour permettre une meilleure isolation acoustique, la salle d'acquisition et la salle d'essais sont séparées par un système de double porte.

Les équipements fixes du bâtiment 17 de l'INRS étaient en fonctionnement normal et habituel pendant toute la durée des essais. A l'aide de tous ces éléments, la salle d'essais est très bien isolée acoustiquement, nous le verrons par la suite avec la mesure de son bruit de fond.

2.1.2. Matériel de métrologie utilisé

Les mesures ont été réalisées à l'aide du matériel de métrologie de l'INRS mis à disposition.

2.1.2.1. Microphone faible bruit B&K de type 4179

Le capteur de type 4179 (S/N : 1307381) est un microphone omnidirectionnel destiné à des mesures de précision, capable de détecter des sons extrêmement faibles. Ce microphone présente un diamètre d'un pouce.

La gamme dynamique s'étend de -2,5 dB A à 102 dB A et sa gamme de fréquence s'étend de 10 Hz à 10 000 Hz. Il présente également une sensibilité élevée de 1 V/Pa [19].

La qualité essentielle recherchée pour un microphone est de présenter une sensibilité aussi constante que possible ou au moins indépendante de la fréquence [20].

Le microphone à condensateur est nécessairement associé à un préamplificateur B&K de type 2660 (Annexe 2) (figure 14). Le préamplificateur est un conditionneur qui se charge de la conversion d'impédance et du filtrage, il permet de s'immuniser des parasites extérieurs. Le préamplificateur apporte de l'énergie au signal pour pouvoir le véhiculer sur de grandes longueurs de câbles sans une éventuelle dégradation du signal de façon significative [21].



Figure 13: Microphone faible bruit B&K de type 4179



Figure 14: Microphone faible bruit B&K de type 4179 associé à son préamplificateur B&K de type 2660



Figure 15: Boîtier de rangement

2.1.2.2. Calibreur B&K de type 4231

Le calibreur est une source sonore délivrant une pression continue et constante à une fréquence donnée. En général le pistonphone délivre un niveau de pression acoustique L_p de 94 dB SPL à la fréquence 1000 Hz. Le calibrage permet de relier les caractéristiques sensibilité et fréquence d'un microphone. On l'utilise avant toute série de mesure pour régler la sensibilité du microphone [22].

Dans cette étude un pistonphone B&K de type 4231 (figure 16) a été utilisé afin de calibrer le microphone faible bruit B&K de type 4179 à 94 dB SPL à 1000 Hz (figure 17). Ce réglage a été effectué à l'aide du logiciel du système d'acquisition Symphonie de chez 01 dB-METRAVIB.



Figure 16: Pistonphone B&K de type 4231



Figure 17: Calibrage du microphone faible bruit B&K de type 4179

2.1.2.3. Amplificateur de mesure B&K de type 2636

Le microphone faible bruit B&K de type 4179 est relié à l'amplificateur de mesure B&K de type 2636 (figure 18). Le signal recueilli à la sortie de mesure est envoyé à un système d'acquisition Symphonie de chez 01 dB. Le microphone faible bruit est étalonné à 1 V/Pa à 94 dB SPL à 1000 Hz.

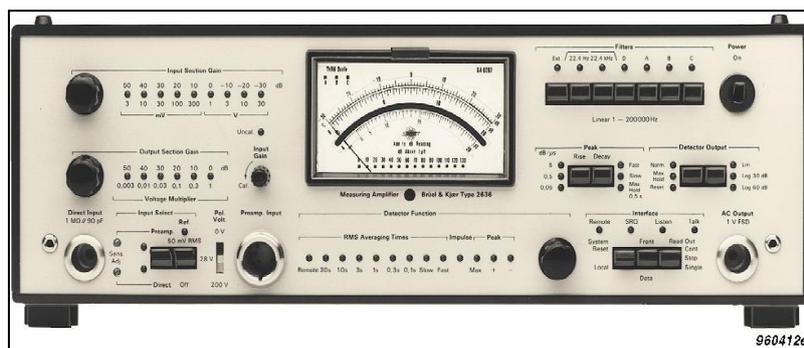


Figure 18: Amplificateur de mesure B&K de type 2636

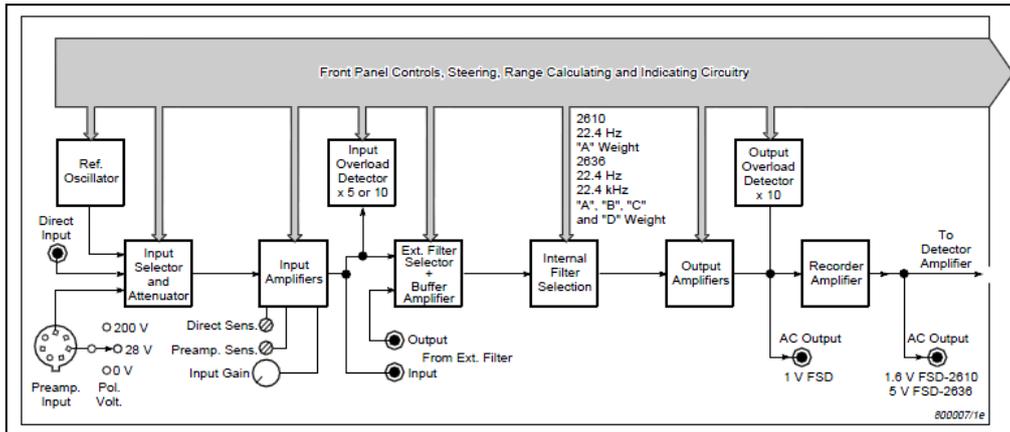


Figure 19: Schéma de fonctionnement de l'amplificateur de mesure B&K de type 2636

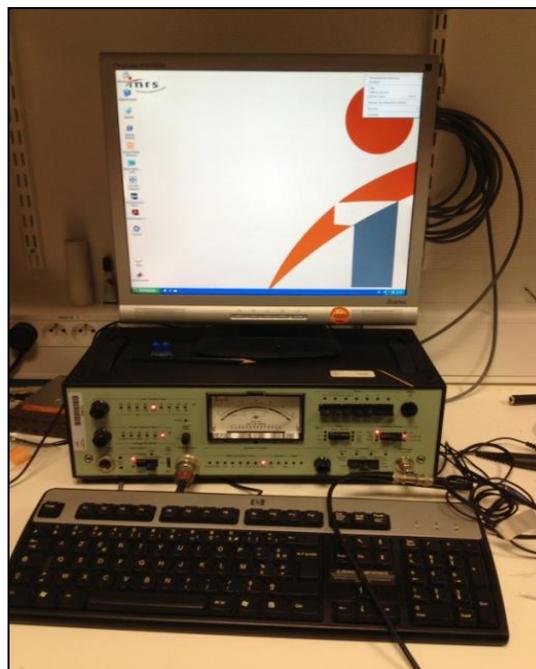


Figure 20: Amplificateur de mesure B&K de type 2636 du protocole d'essai

2.1.2.4. Système d'acquisition bi-voies Symphonie de 01 dB-METRAVIB

Le système d'acquisition Symphonie de 01 dB-METRAVIB comporte deux voies de mesure qui transfère les données en temps réel à un ordinateur portable (figure 21). Il comporte deux processeurs de signal numérique de faible consommation alimentés par l'interface d'un ordinateur portable PCMCIA. En conséquence de cette conception basse consommation, Symphonie ne nécessite pas de piles ni aucun ventilateur de refroidissement. Il est ainsi totalement silencieux.

Le conditionnement du signal nécessaire pour les microphones et les préamplificateurs est directement assuré par Symphonie sans qu'il soit nécessaire d'unités externes. Ses performances en temps réel permettent l'analyse simultanée dans le temps et en fréquences sur deux canaux sans aucune limitation [23].

La fréquence d'échantillonnage de l'acquisition est de 25600 Hz. Le système d'acquisition est paramétré pour intégrer des données par tiers d'octave de 50 Hz à 10 kHz. Le système d'acquisition est piloté par le logiciel dBFA Suite. Ce matériel est parfaitement adéquat pour des mesures de faible bruit.



Figure 21: Système d'acquisition bi-voies Symphonie de 01 dB-METRABIB

2.1.2.5. Audiomètre Interacoustics AD629

L'audiomètre Interacoustics AD629 (Annexe 3) est un audiomètre clinique de classe I. Il est connecté à un ordinateur PC. Le logiciel Diagnostic Suite permet de piloter l'audiomètre et d'enregistrer les audiogrammes des patients pour un meilleur suivi.

Afin d'obtenir une mesure des seuils d'audition entièrement indépendante du matériel utilisé, il convient de calibrer l'audiomètre ainsi que son transducteur électroacoustique et son transducteur électromécanique. Cette manipulation a pour but d'ajuster les zéros audiométriques (dB HL) par le biais des coupleurs standardisés.

L'étalonnage des audiomètres et de leurs transducteurs nécessite l'utilisation d'une oreille artificielle sous forme de coupleur acoustique et d'une mastoïde artificielle sous forme de coupleur mécanique (figure 22). Les normes ISO 389 nous indiquent les valeurs attendues de niveau de pression acoustique en dB SPL fréquence par fréquence.



Figure 22: Oreille artificielle et mastoïde artificielle



*Figure 23: Audiomètre Interacoustics
AD629*

Les audiomètres doivent être étalonnés annuellement. La norme ISO 8253-1, relatant les méthodes d'essais audiométriques, décrit trois stades de procédures d'étalonnage et de contrôle [1] :

- Le stade A permet des contrôles de routine et des essais subjectifs. Les contrôles de routine vérifient que l'étalonnage n'ait pas été altéré significativement. L'emploi d'instruments de mesure n'est pas nécessaire à ce stade. Les essais subjectifs devront être effectués par l'intermédiaire d'un opérateur normoentendant.
- Le stade B consiste à effectuer des contrôles objectifs périodiques de façon annuelle. L'étalonnage pratiqué par un technicien compétent de l'audiomètre, du casque audiométrique et de l'ossivibrateur s'effectue à l'aide d'un matériel normalisé.
- Le stade C conduit à exercer une calibration de base. Cet étalonnage doit être effectué tous les cinq ans par un laboratoire compétent ou immédiatement à la suite d'une défaillance importante. Cette étape consiste à régler l'audiomètre. Après cette calibration, l'équipement audiométrique doit être conforme aux exigences applicables figurant dans la CEI 645.

L'audiomètre Interacoustics AD629 a été étalonné moins de trois mois avant le début des tests.

Dans cette étude sur les niveaux de bruit de fond très faibles, le choix d'un pas de 1 dB HL au lieu du pas habituel de 5 dB HL a été adopté pour une meilleure précision des résultats.

2.1.2.6. Casque TDH 39 équipé de coques PELTOR

Le casque relié à l'audiomètre est un casque standard, plus précisément un casque TDH39 équipé de coques PELTOR qui garantissent une atténuation supplémentaire (figure 24). Les écouteurs audiométriques électroacoustiques ont des caractéristiques spécifiques. Ils doivent disposer également de propriétés géométriques adaptées au couplage à l'oreille artificielle lors de l'étalonnage de ce type de transducteur.

Les écouteurs les plus utilisés sont les écouteurs TDH 39 (ou TDH 49) et les écouteurs DT 48 (référence des ingénieurs du son). Le casque TDH 39 est muni d'écouteurs supra-auraux, c'est-à-dire qu'aucune partie de l'écouteur ou de son coussin ne doit dépasser le pavillon. Ce type de casque peut être équipé de coquilles anti-bruit comme celui utilisé lors de l'étude à l'INRS [24].



Figure 24: Casque TDH 39 équipé de coques PELTOR

2.1.2.7. Knowles Electronic Manikin for Acoustic Research (KEMAR)

Le Knowles Electronic Manikin for Acoustic Research (KEMAR) est utilisé afin de vérifier les niveaux de pression acoustique délivrés par l'audiomètre dans la salle BESA de l'INRS (figure 25).

Le KEMAR est un torse complet. La tête du KEMAR est équipée d'une oreille artificielle gauche qui contient un coupleur CEI 711 qui simule le conduit auditif externe d'un être humain moyen (figure 26). Ce coupleur utilise un microphone placé au milieu pour enregistrer le signal dans le conduit auditif du KEMAR. L'oreille artificielle présente un volume équivalent à 500 Hz de $1,26 \text{ cm}^3$ ainsi qu'un adaptateur d'impédance.

L'audiomètre se trouvant dans la salle d'acquisition, un système de raccord de câbles a été mis en place. La longueur des câbles peut modifier le niveau d'intensité sonore. Ainsi, le casque TDH39 équipé de coques PELTOR connecté à l'audiomètre a été placé sur l'oreille artificielle gauche du KEMAR. Le KEMAR est connecté au système d'acquisition Symphonie pour relever les niveaux de pression acoustique dans le conduit auditif externe du KEMAR. Ce niveau est relevé en dB SPL.

Dans un premier temps, le casque TDH39 a été raccordé sans aucun câble supplémentaire. Un son test est envoyé à l'aide de l'audiomètre à 70 dB HL à la fréquence 1000 Hz. Le son recueilli à l'aide du système d'acquisition Symphonie relève un niveau de pression acoustique de 75,5 dB SPL sur l'oreille gauche.

Puis, le casque TDH39 a été positionné avec la coque PELTOR rouge sur l'oreille gauche du KEMAR, afin de tester la longueur des câbles de l'écouteur droit. Le niveau indiqué par le système d'acquisition Symphonie est de 75,6 dB SPL.

Dans un second temps, le casque TDH39 est raccordé par l'intermédiaire d'un câble supplémentaire. Les mesures effectuées relèvent des niveaux de pression acoustique identiques soit de 75,5 dB SPL pour l'oreille gauche et de 75,6 dB SPL pour l'oreille droite. **La longueur des câbles n'influe donc pas sur le niveau de pression acoustique délivré par les écouteurs.**



Figure 25: Knowles Electronic Manikin for Acoustic Research (KEMAR)

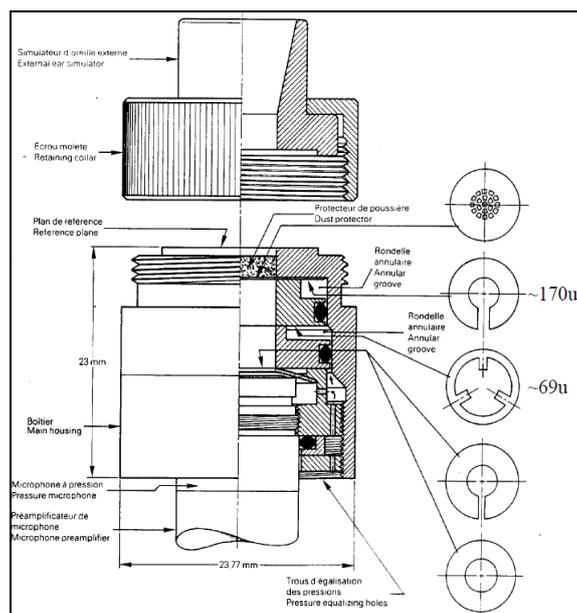


Figure 26: Coupleur CEI 711

2.1.2.8. Ossivibrateur de type B71

Le contrôle de la conduction osseuse des sujets s'effectue à l'aide d'un ossivibrateur RadioEar de type B71 utilisé dans la plupart des cas (figure 27). Il est muni d'un serre-tête et d'une surface plane et circulaire de 150 à 200 mm^2 . La norme indique que l'ossivibrateur peut se placer soit sur le front soit sur l'apophyse mastoïde de l'os temporal en fonction des pays.

En France, l'ossivibrateur est placé en regard de la mastoïde. Le bord arrondi permet d'éviter une sensation d'inconfort. Ce type de vibreur exerce une force d'application de 4,9 à 5,9 Newtons. Le tableau 8 indique une différence notable pouvant aller jusqu'à 14 dB à la fréquence 500 Hz due au positionnement de l'ossivibrateur sur le front ou sur la mastoïde [16].



Figure 27: Ossivibrateur de type B71

Fréquence (Hz)	Différence des niveaux de référence équivalents de force liminaire (front-mastoïde) en dB
250	12
315	12,5
400	13,5
500	14
630	13,5
750	13
800	12
1 000	8,5
1 250	10
1 500	11
1 600	11
2 000	11,5
2 500	12
3 000	12
3 150	11,5
4 000	8
5 000	11
6 000	11
6 300	10
8 000	10

Tableau 8 : Différences provisoires des niveaux de référence équivalents de force liminaire entre le positionnement du vibreur sur le front et sur l'apophyse mastoïde de l'os temporal [ISO 389-3] [16]

2.1.3. Mesure du Bruit de fond de la salle d'essais BESA

Cette mesure consiste à mesurer le bruit de fond qui réside dans la salle du Banc d'Essais au Seuil d'Audition (BESA). Le bruit de fond est mesuré en tenant compte de toutes les perturbations sonores extérieures habituelles du bâtiment 17 de l'INRS (ventilations, pompes ...). Le système de ventilation de la salle d'essais du BESA a été mis en arrêt, durant les mesures de seuil d'audition, il le sera également afin de réduire au maximum le bruit de fond de la salle. La ventilation sera mise en route entre les sujets pour renouveler l'air dans la pièce.

Tout le matériel informatique est positionné dans la salle d'acquisition pour optimiser au maximum la mesure du bruit ambiant de la salle d'essais. Le matériel informatique et le matériel audiométrique génèrent également de la chaleur, c'est une des raisons pour laquelle ils sont installés dans la salle d'acquisition. Le système d'éclairage de la salle d'essais est silencieux.

La salle d'acquisition permet donc de concentrer les différentes sources de bruit telles que : l'audiomètre, les trois ordinateurs PC et l'amplificateur de mesure B&K de type 2636.

Pour effectuer cette mesure, le microphone faible bruit B&K de type 4179 équipé du préamplificateur B&K de type 2660 est placé au centre de la salle d'essais BESA. Préalablement, le mobilier fonctionnel tel que le siège a été retiré pour éviter toute influence en termes d'absorption sur le local. Le microphone faible bruit a été étalonné à 94 dB SPL à la fréquence 1000 Hz avec une sensibilité de 1 V/Pa. En général, les microphones de mesures courants ont une sensibilité de 30 à 50 mV/Pa. On peut donc remarquer l'hypermensibilité du microphone faible bruit adapté aux niveaux de pression acoustique très bas.

Le microphone faible bruit est connecté à l'amplificateur de mesure B&K de type 2636 situé dans la salle d'acquisition. L'amplificateur de mesure B&K de type 2636 a été réglé avec un gain de 50 dB sur la section de sortie (Output Section Gain). Ce réglage a été effectué afin d'éviter une interférence avec le bruit de fond de l'amplificateur et le niveau du bruit de fond de la salle d'essais réel. En effet, avec un gain de 0 dB sur la section de sortie, le bruit de fond de l'amplificateur de mesure B&K prend le dessus sur le niveau du bruit de fond mesuré.

Le signal recueilli est envoyé au système d'acquisition bi-voies Symphonie de 01 dB-METRAVIB (figure 28). Le logiciel dBFA permet de tracer des niveaux équivalents $L_{eq,T}$, intégrés sur trente secondes, par bandes d'octave et par tiers d'octave. Le niveau $L_{eq,T}$ est également présenté dans la colonne de droite en dB A ou en dB Lin (cf. rappel 1.3 Pondération A).

Comme nous l'avons vu au chapitre précédent, le dB A prend en compte la pondération des courbes de sensibilité de l'oreille moyenne, dites courbes isosoniques. Le dB Lin ne prend en compte aucune pondération. Le cadran supérieur indique les valeurs mesurées par bande d'octave tandis que le cadran inférieur indique les valeurs mesurées par bande de tiers d'octave.

Les mesures des valeurs de référence du bruit ambiant ont été obtenues à la position dans laquelle la tête du sujet se trouverait dans la salle d'essais, mais en son absence.

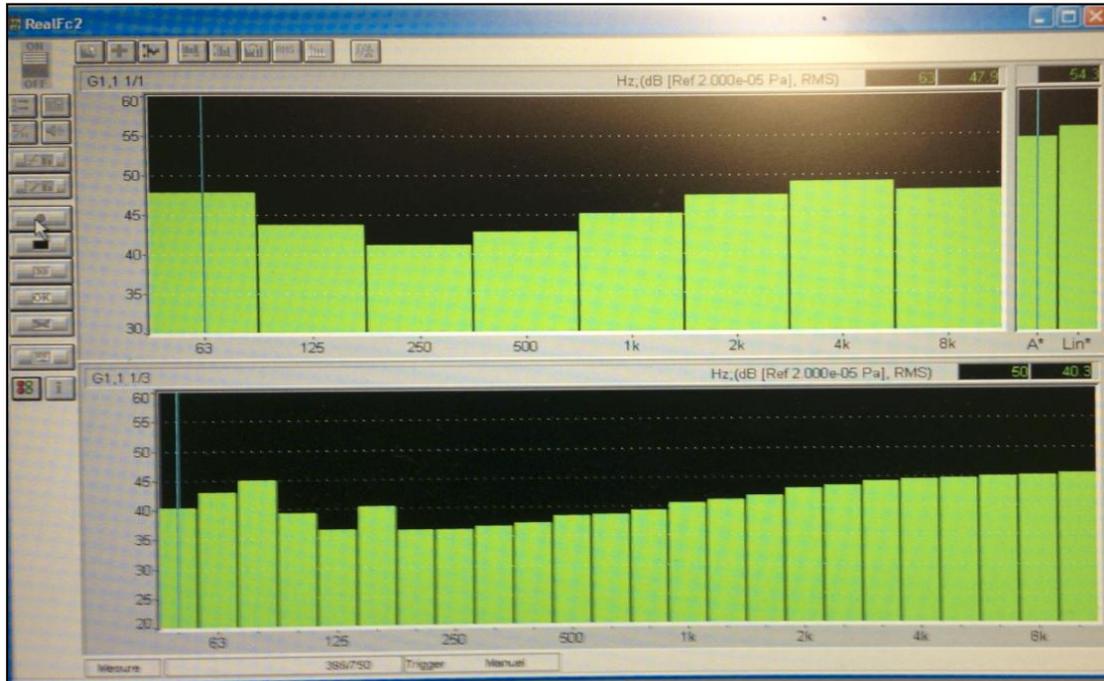


Figure 28: Mesure du bruit de fond de la salle d'essai BESA par bande d'octave et par tiers d'octave sans correction

Une correction de -50 dB doit être apportée aux valeurs relevées sur tout le spectre fréquentiel par bande d'octave et par bande de tiers d'octave. Cette correction est la résultante du réglage effectué sur l'amplificateur de mesure B&K de type 2636. Plus précisément, l'ajout de 50 dB dans la section de sortie (Output Section Gain) doit être retiré pour bénéficier de la mesure du bruit de fond exact de la salle d'essais.

Le logiciel dBFA permet d'extraire les données sous la forme d'un fichier Excel. Le dépouillement est effectué pour bénéficier des valeurs exactes de chaque tiers d'octave. Après dépouillement des données, le tableau 9, indiquant les niveaux de pression acoustique du bruit de fond de la salle BESA par bande d'octave et par tiers d'octave ainsi que sans correction et avec correction, a pu être établi.

Les données représentées par bande de tiers d'octave de la figure 29, révèlent le niveau de bruit de fond réel de la salle d'essais en prenant compte des corrections du gain.

Bande d'octave (Hz)	Niveaux de pression acoustique sans correction (dB SPL)	Niveaux de pression acoustique avec correction de - 50 dB (dB SPL)	Bande de tiers d'octave (Hz)	Niveaux de pression acoustique sans correction (dB SPL)	Niveaux de pression acoustique avec correction de -50 dB (dB SPL)
63 Hz	46,4	-3,6	50 Hz	39,0	-11,0
			63 Hz	41,2	-8,8
			80 Hz	43,6	-6,4
125 Hz	43,9	-6,1	100 Hz	39,8	-10,2
			125 Hz	36,1	-13,9
			160 Hz	40,3	-9,7
250 Hz	41,0	-9,0	200 Hz	35,9	-14,2
			250 Hz	36,1	-13,9
			315 Hz	36,7	-13,3
500 Hz	42,8	-7,2	400 Hz	37,0	-13,0
			500 Hz	38,5	-11,5
			630 Hz	38,5	-11,5
1 kHz	45,1	-5,0	800 Hz	39,4	-10,6
			1 kHz	40,5	-9,5
			1.25 kHz	40,8	-9,2
2 kHz	47,5	-2,5	1.6 kHz	41,8	-8,2
			2 kHz	43,0	-7,0
			2.5 kHz	43,3	-6,7
4 kHz	49,0	-1,0	3.15 kHz	44,0	-6,0
			4 kHz	44,3	-5,7
			5 kHz	44,6	-5,4
8 kHz	47,9	-2,1	6.3 kHz	44,8	-5,2
			8 kHz	45,1	-5,0
			10 kHz	45,3	-4,7

Tableau 9 : Niveaux de pression acoustique du bruit de fond de la salle BESA par bande d'octave et par tiers d'octave avec et sans correction

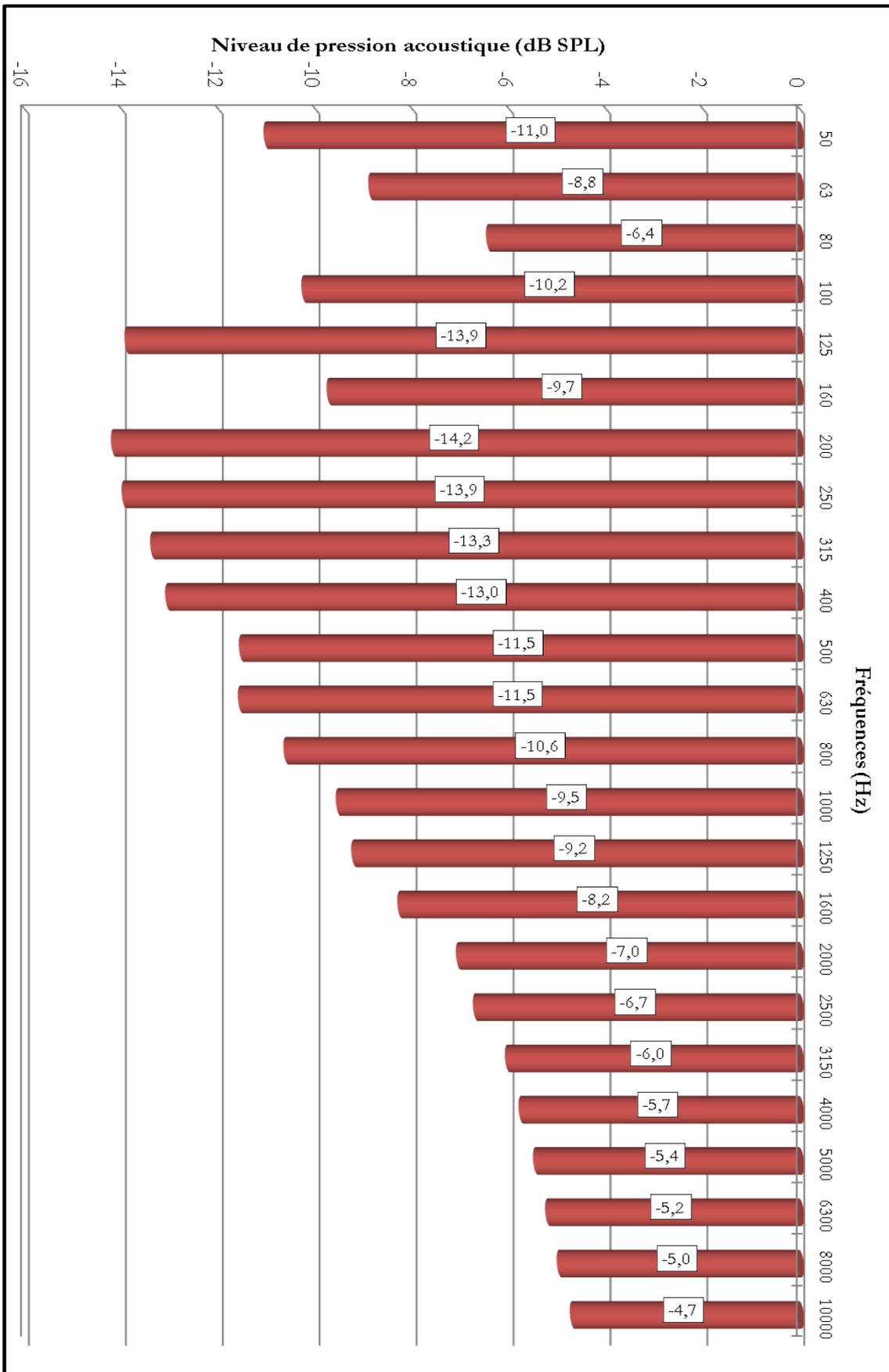


Figure 29: Représentation spectrale du bruit de fond de la salle BESA par tiers d'octave

	1	2	1+2
Bande de tiers d'octave (Hz)	Niveaux de pression acoustique \bar{L}_{ij} avec correction de -50 dB (dB SPL)	Pondération A	Niveaux de pression acoustique \bar{L}_{ij} pondérés A
50 Hz	-11,0	-30,2	-41,2
63 Hz	-8,8	-26,2	-35,0
80 Hz	-6,4	-22,5	-28,9
100 Hz	-10,2	-19,1	-29,3
125 Hz	-13,9	-16,1	-30,0
160 Hz	-9,7	-13,4	-23,1
200 Hz	-14,2	-10,9	-25,1
250 Hz	-13,9	-8,6	-22,5
315 Hz	-13,3	-6,6	-19,9
400 Hz	-13,0	-4,8	-17,8
500 Hz	-11,5	-3,2	-14,7
630 Hz	-11,5	-1,9	-13,4
800 Hz	-10,6	-0,8	-11,4
1 kHz	-9,5	0	-9,5
1.25 kHz	-9,2	0,6	-8,6
1.6 kHz	-8,2	1	-7,2
2 kHz	-7,0	1,2	-5,8
2.5 kHz	-6,7	1,3	-5,4
3.15 kHz	-6,0	1,2	-4,8
4 kHz	-5,7	1	-4,7
5 kHz	-5,4	0,5	-4,9
6.3 kHz	-5,2	-0,1	-5,3
8 kHz	-5,0	-1,1	-6,1
10 kHz	-4,7	-2,5	-7,2

Tableau 10 : Aide au calcul du niveau du bruit de fond de la salle BESA en dB A

D'après la formule 2 (p. 5), le niveau du bruit de fond avec la correction de -50 dB en dB A est de :

$$A.N : L(dBA) = 10 \log (10^{-4.1} + 10^{-3.5} + 10^{-2.9} + 10^{-2.9} + 10^{-3.0} + 10^{-2.3} + 10^{-2.5} + 10^{-2.3} + 10^{-2.0} + 10^{-1.8} + 10^{-1.5} + 10^{-1.3} + 10^{-1.1} + 10^{-1.0} + 10^{-0.9} + 10^{-0.7} + 10^{-0.6} + 10^{-0.5} + 10^{-0.5} + 10^{-0.5} + 10^{-0.5} + 10^{-0.5} + 10^{-0.6} + 10^{-0.7}) = 4,6 \text{ dB A}$$

La figure 28 nous indique un niveau de bruit sans correction de 54,3 dB A. Le niveau de bruit avec correction est donc de : $54,3 - 50 = 4,3 \text{ dB A}$.

De part le calcul on obtient un niveau du bruit de fond avec correction intégré sur trente secondes de 4,6 dB A. La différence de 0,3 dBA entre ces deux mesures est négligeable. En effet, les résultats de ces calculs sont obtenus à 10^{-1} près, on peut donc penser que le logiciel dBFA conserve les valeurs exactes pour effectuer les calculs. On peut remarquer que ce **niveau de bruit est extrêmement faible**.

La cabine de l'INRS est une cabine de laboratoire scientifique qui sert ici de référence dans cette étude, elle présente un niveau de bruit de **4,6 dB A**. Dans ces conditions, les mesures se révèlent être en dessous de la norme ISO 8253-2 [1] concernant le niveau de bruit en dB A associé aux niveaux de pression acoustique ambiants maximaux admissibles en champ libre **pour un seuil d'audition minimal de 0 dB HL**. Cette norme de **19,6 dB A** est la plus restrictive (figure 9). Ainsi, les mesures audiométriques pratiquées au cours de cette étude au sein de la cabine BESA de l'INRS sont donc considérées comme très bonnes, permettant une détection des seuils auditifs réels de chaque sujet.

Une étude comparative sera effectuée dans la partie 4, en comparaison avec la mesure du bruit de fond dans la cabine insonorisée de la Faculté de Pharmacie.

2.1.4. Panel des sujets

L'étude a été réalisée sur cinq sujets otologiquement sains et donc sur dix oreilles différentes. Le groupe de personnes comprend une femme et quatre hommes. Il s'agit de Monsieur V, Monsieur W, Madame X, Monsieur Y et Monsieur Z. La tranche d'âge des sujets est comprise entre 18 ans et 30 ans. La norme ISO 7029 relate la distribution statistique des seuils d'audition en fonction de l'âge. Les courbes ci-dessous représentent les audiogrammes de référence en fonction du sexe et de l'âge [25]. Les sujets de cette étude ont donc statistiquement une courbe audiométrique normale. La pratique des audiométries est réalisée **pour un seuil d'audition minimal de 0 dB HL**.

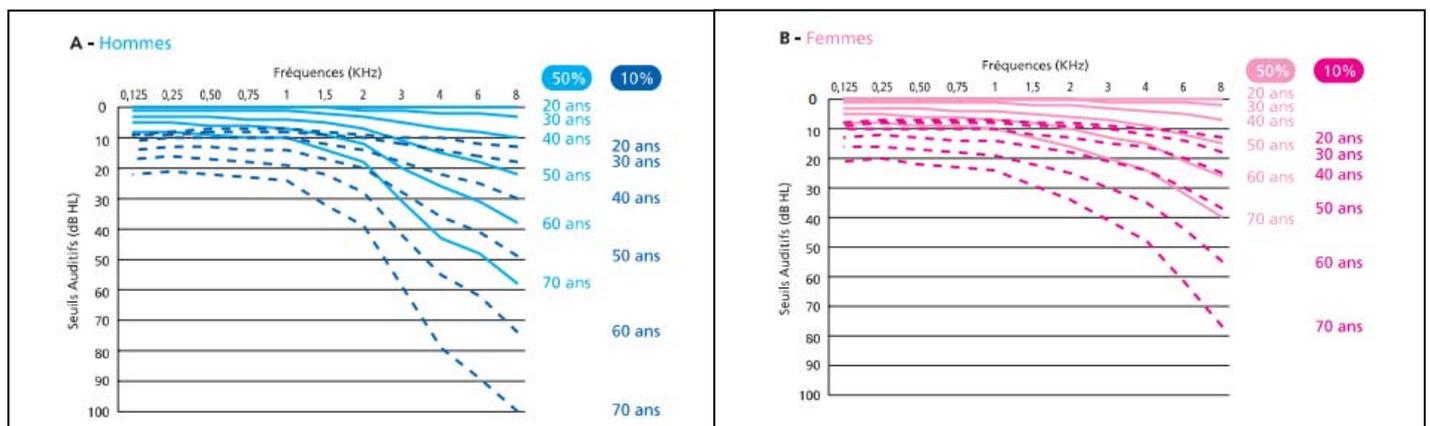


Figure 30: Audiogrammes de référence chez les hommes et les femmes de 20 à 70 ans [25]

Note : Les courbes en traits pleins sont les audiogrammes médians d'une population « otologiquement normale ». Ils représentent l'effet de la presbyacousie physiologique moyenne. Les courbes en pointillés correspondent aux audiogrammes des 10% des sujets de la même population qui ont les seuils les plus bas. On peut remarquer que la courbe audiométrique normale de la tranche d'âge 20 ans se confond avec l'axe des zéros, qui est précisément défini comme l'audiogramme médian d'une population otologiquement normale, des deux sexes, de 18 à 25 ans.

2.2. Audiométrie tonale liminaire

L'audiométrie tonale liminaire (cf. rappel 1.10. Audiométrie tonale liminaire) est effectuée sur les cinq sujets : Monsieur V, Monsieur W, Madame X, Monsieur Y et Monsieur Z.

Chaque épreuve a été réalisée trois fois pour bénéficier de résultats plus fiables. Ainsi, trois audiométries tonales liminaires au casque, trois audiométries en champ acoustique diffus et trois audiométries par voie osseuse ont été effectuées sur chaque sujet.

Le pas de l'audiomètre est de 1 dB HL pour obtenir des résultats très précis, un pas de 5 dB HL est utilisé de manière courante.

Dans cette étude il n'a pas lieu de s'attendre à des courbes fantômes car les sujets sont otologiquement sains.

Afin d'augmenter la précision des mesures, l'opérateur attend trois réponses identiques successives pour passer à la fréquence suivante. Cette méthode permet d'approcher au maximum la réponse du sujet de son seuil d'audition.

Une caméra est placée dans la salle d'essais du BESA par mesure de sécurité. L'écran de visionnage se trouve près de l'opérateur dans la salle d'acquisition. Il permet également de voir les mouvements des sujets. En cas de doute sur une réponse de la personne testée, la caméra nous permet d'observer si le patient a bougé, éternué, s'est levé ou toute autre action qui aurait pu le déconcentrer. Le patient est informé qu'il peut lever la main en cas de problème rencontré. Toutefois l'audiomètre Interacoustics AD629 est équipé d'un microphone connecté aux écouteurs du casque TDH39.

Chaque sujet bénéficie d'une pause de cinq à dix minutes entre chaque test. La pause permet au sujet de se décontracter, en effet il est impossible de rester concentrer pendant un trop long laps de temps. La pause est accordée pour éviter au maximum l'influence de la fatigabilité sur la réponse des patients.

2.2.1. En conduction aérienne

2.2.1.1. Au casque

L'audiométrie tonale liminaire est réalisée à l'aide de l'audiomètre Interacoustics AD629 et du casque TDH39 équipé de coques PELTOR.

Les résultats des trois audiométries tonales liminaires au casque sont présentés dans le tableau 11 suivant.

Monsieur V														
	Oreille Droite							Oreille Gauche						
	125 Hz	250 Hz	500 Hz	1000 Hz	2000 Hz	4000 Hz	8000 Hz	125 Hz	250 Hz	500 Hz	1000 Hz	2000 Hz	4000 Hz	8000 Hz
Test 1 (dB HL)	0	2	3	0	-1	1	-1	2	0	6	-2	-4	6	-11
Test 2 (dB HL)	0	2	-1	-4	1	1	-7	2	2	6	0	-4	6	-11
Test 3 (dB HL)	4	2	-1	-4	1	1	-7	2	0	6	0	-4	6	-13
Moyenne (dB HL)	1	2	0	-3	1	1	-5	2	1	6	-1	-4	6	-11
PTM (dB HL)	-1							0						
Monsieur W														
	Oreille Droite							Oreille Gauche						
	125 Hz	250 Hz	500 Hz	1000 Hz	2000 Hz	4000 Hz	8000 Hz	125 Hz	250 Hz	500 Hz	1000 Hz	2000 Hz	4000 Hz	8000 Hz
Test 1 (dB HL)	2	0	3	4	-1	-1	5	4	4	2	-4	-6	-4	-3
Test 2 (dB HL)	0	0	3	0	-5	-3	7	6	8	6	-4	-6	-4	1
Test 3 (dB HL)	2	0	3	0	-3	-1	5	6	6	4	0	-6	-6	1
Moyenne (dB HL)	1	0	3	1	-3	-1	6	5	6	4	-3	-6	-5	0
PTM (dB HL)	1							-2						
Madame X														
	Oreille Droite							Oreille Gauche						
	125 Hz	250 Hz	500 Hz	1000 Hz	2000 Hz	4000 Hz	8000 Hz	125 Hz	250 Hz	500 Hz	1000 Hz	2000 Hz	4000 Hz	8000 Hz
Test 1 (dB HL)	0	0	5	10	-1	1	3	4	0	-2	8	4	4	5
Test 2 (dB HL)	4	2	5	6	-1	1	1	4	-2	-4	2	4	4	5
Test 3 (dB HL)	2	0	5	6	-1	1	3	2	-2	-4	6	4	6	5
Moyenne (dB HL)	2	1	5	7	-1	1	3	3	-1	-4	5	4	4	5
PTM (dB HL)	4							2						
Monsieur Y														
	Oreille Droite							Oreille Gauche						
	125 Hz	250 Hz	500 Hz	1000 Hz	2000 Hz	4000 Hz	8000 Hz	125 Hz	250 Hz	500 Hz	1000 Hz	2000 Hz	4000 Hz	8000 Hz
Test 1 (dB HL)	0	2	5	2	-1	-11	-5	2	0	0	-8	-10	-4	5
Test 2 (dB HL)	-4	-2	-1	-6	-5	-11	-9	-2	-4	-2	-8	-8	-8	-1
Test 3 (dB HL)	-2	0	3	-4	-1	-5	-5	0	-2	-4	-6	-8	-6	3
Moyenne (dB HL)	-2	0	2	-3	-2	-9	-6	0	-2	-2	-8	-8	-6	3
PTM (dB HL)	-1							-6						
Monsieur Z														
	Oreille Droite							Oreille Gauche						
	125 Hz	250 Hz	500 Hz	1000 Hz	2000 Hz	4000 Hz	8000 Hz	125 Hz	250 Hz	500 Hz	1000 Hz	2000 Hz	4000 Hz	8000 Hz
Test 1 (dB HL)	0	0	-1	-6	-3	-1	-5	0	2	0	-6	-2	-2	-1
Test 2 (dB HL)	0	-2	-3	-10	-7	-3	-1	2	-2	-4	-10	-4	-2	-1
Test 3 (dB HL)	0	-4	-3	-8	-5	-3	-3	4	0	0	-12	-2	-2	1
Moyenne (dB HL)	0	-2	-2	-8	-5	-2	-3	2	0	-2	-10	-2	-2	0
PTM (dB HL)	-5							-5						

Tableau 11 : Résultats des trois audiométries tonales liminaires au casque

On remarque que les sujets testés au casque présentent des niveaux d'audition extrêmement faibles. La Perte Tonale Moyenne (PTM) peut descendre jusqu'à - 6 dB HL pour l'oreille gauche de Monsieur Y.

2.2.1.2. En champ acoustique diffus

Le positionnement des haut-parleurs de la salle du BESA en regard des diffuseurs induit un champ acoustique diffus (cf. 1.10.1.2. En champ acoustique diffus). Il est impossible de localiser précisément la source sonore dans un champ de ce type sans la présence du champ direct. En effet, aucune direction n'est privilégiée par le son diffus. Cela correspond dans les termes au « champ libre » chez les audioprothésistes.

L'audiomètre Interacoustics AD629 ne permet pas d'effectuer un test en champ libre. Aucun haut-parleur n'est connecté à celui-ci. C'est pourquoi le test en champ libre pratiqué est celui utilisé de manière courante dans la salle du BESA. Les huit haut-parleurs sont reliés à un ordinateur de la salle d'acquisition. Le sujet doit être assis à un mètre des haut-parleurs. A l'aide d'un programme rédigé sous Matlab, le test en champ libre a été mis en place.

Ce type de transducteur est dit linéaire, ce qui signifie que pour une fréquence donnée, la tension recueillie aux bornes de la sortie du transducteur est proportionnelle au niveau de pression acoustique agissant à l'entrée.

Pour bénéficier de résultats précis, le banc d'essais a été calibré avant la série des tests. Un microphone de référence a été positionné sur un pied à une hauteur de 1,20 m du sol dans la salle d'essais, hauteur de la tête d'une personne assise (figure 31). Ce microphone est connecté au système d'acquisition Symphonie. Les niveaux de pression acoustique relevés sont mesurés en dB SPL. Par l'intermédiaire du logiciel de programmation Matlab et en fonction du niveau recueilli, des ajustements sur les niveaux délivrés ont été réalisés. Le banc d'essais est étalonné par rapport au niveau de pression acoustique et non pas par rapport au niveau d'audition.

La calibration de ce matériel a été effectuée sur les fréquences suivantes : 125 Hz, 250 Hz, 500 Hz, 1000 Hz, 2000 Hz, 4000 Hz et 8000 Hz.



Figure 31: Microphone de référence positionné sur un pied

A l'aide de l'interface du logiciel, les fréquences à tester sont sélectionnées (figure 32). Le test est pratiqué à l'aide d'une poire tactile. Lorsque le sujet commence à entendre le son émis, il appuie instantanément sur la poire tactile. Il reste appuyé sur celle-ci jusqu'à ce qu'il ne perçoive plus le son diffusé. Ensuite, le son émis augmente progressivement jusqu'à une nouvelle réponse du sujet.

Dans le but de se familiariser avec ce test, chaque sujet effectue quelques essais auparavant. Le tracé de la courbe de réponses doit être régulier pour avoir des résultats fiables (figure 33).

Le logiciel effectue une moyenne sur les cinq pics et les cinq creux enregistrés. Le niveau mesuré est le niveau de pression acoustique en dB SPL. Il correspond donc au seuil d'audition.

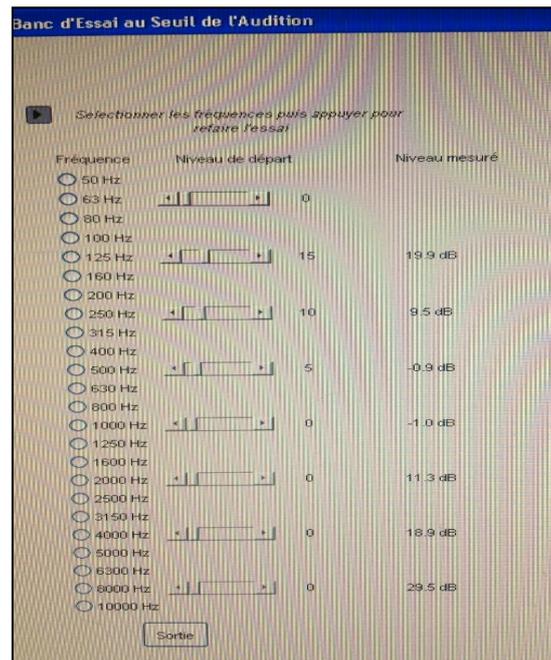


Figure 32: Choix des fréquences à tester

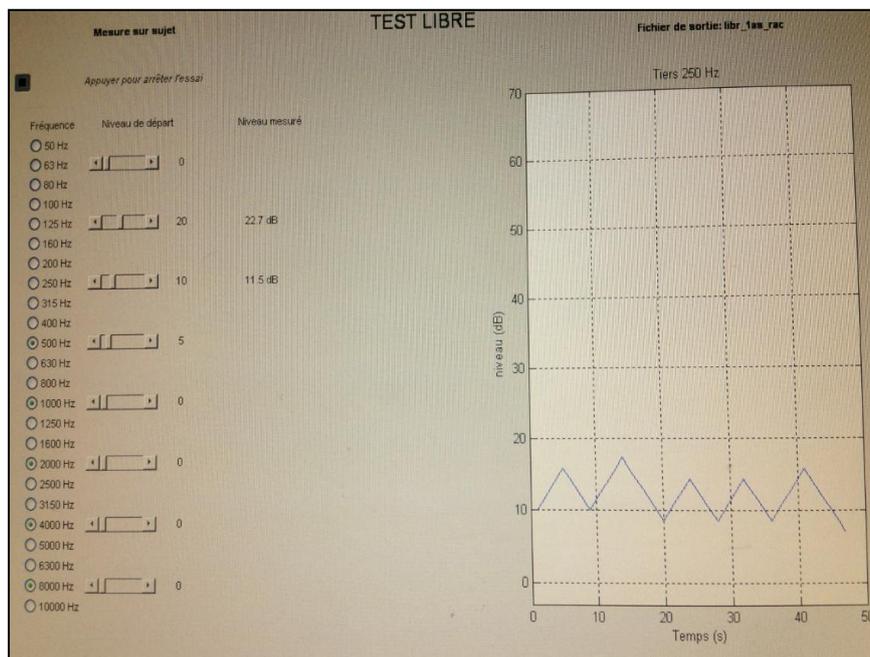


Figure 33: Tracé de la courbe de réponses régulier

Le seuil d'audition mesuré en dB SPL doit être converti en dB HL à l'aide de la formule 3 (p. 5).

Le tableau 12 représente les niveaux de pression acoustique de référence en champ libre et en champ diffus. La partie gauche de ce tableau est issue de la norme ISO 389-7 relatant les niveaux liminaires de référence dans des conditions d'écoute en champ libre et en champ diffus [15].

A partir de ces données, les niveaux de pression acoustique de référence ont été calculés par bande d'octave (cf. rappel 1.6 Analyse tiers d'octave).

Ainsi, lors du calcul du seuil d'audition en dB HL, le seuil d'audition du normoentendant en dB SPL emprunté est représenté par les niveaux de pression acoustique de référence par bande d'octave et en champ diffus.

La différence entre le champ libre et le champ diffus sur les fréquences de la perte tonale moyenne (500 Hz, 1 000 Hz et 2 000 Hz) est quasi inexistante, avec un maximum de 1,3 dB SPL pour la fréquence 1 000 Hz, comme le montrent le tableau 12 et la figure 34. La fréquence la plus touchée est la fréquence 8 000 Hz avec un écart de 5.5 dB SPL.

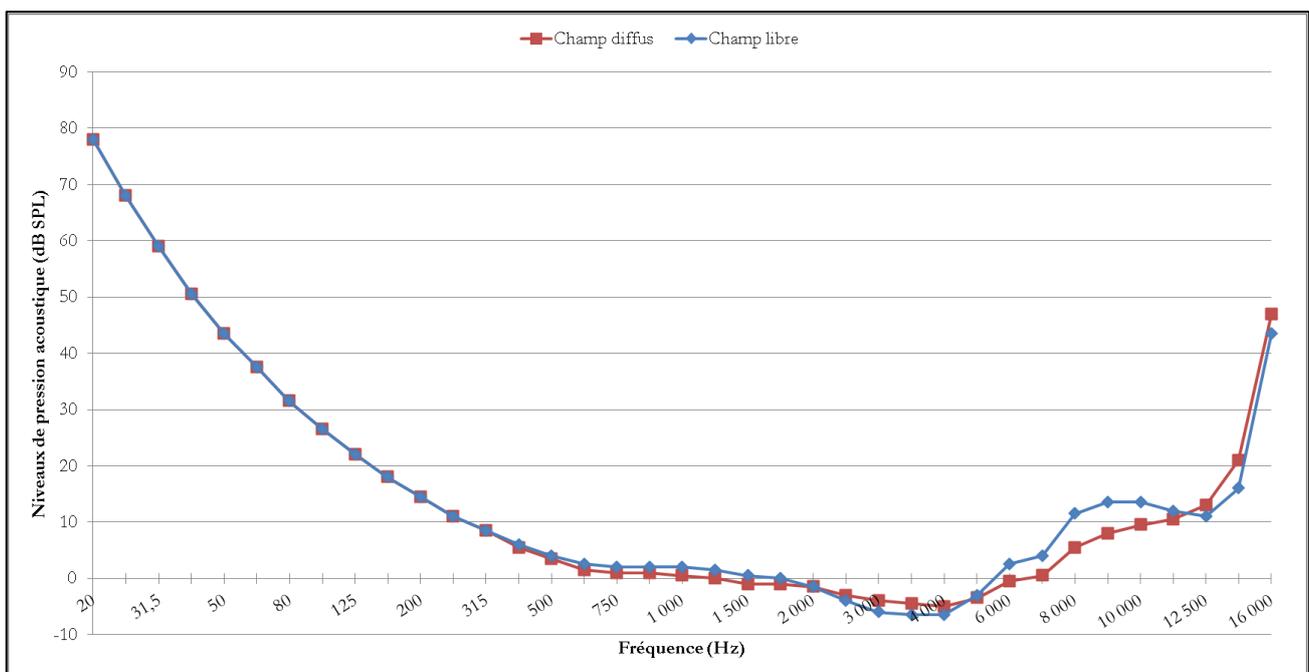


Figure 34: *Seuil d'audition de référence pour des sons purs dans des conditions d'écoute en champ libre binaural (incidence frontale) et pour des bandes d'un tiers d'octave de bruit dans des conditions d'écoute binaurale en champ diffus [15]*

Fréquence (Hz)	Seuil d'audition de référence pour		Différence $\Delta L = T_f - T'_f$ en dB SPL	Fréquence par bande d'octave (Hz)	Seuil d'audition de référence pour		Différence $\Delta L = T_f - T'_f$ en dB SPL
	écoute en champ libre (incidence frontale) T_f (référence: 20 μ Pa) en dB SPL	écoute en champ diffus T'_f (référence: 20 μ Pa) en dB SPL			écoute en champ libre (incidence frontale) T_f (référence: 20 μ Pa) en dB SPL	écoute en champ diffus T'_f (référence: 20 μ Pa) en dB SPL	
20	78	78	0				
25	68	68	0				
31,5	59	59	0				
40	50,5	50,5	0				
50	43,5	43,5	0				
63	37,5	37,5	0				
80	31,5	31,5	0				
100	26,5	26,5	0				
125	22	22	0	125	28,2	28,2	0,0
160	18	18	0				
200	14,5	14,5	0				
250	11	11	0	250	16,8	16,8	0,0
315	8,5	8,5	0				
400	6	5,5	0,5				
500	4	3,5	0,5	500	9,2	8,6	0,6
630	2,5	1,5	1				
750	2	1	1				
800	2	1	1				
1 000	2	0,5	1,5	1 000	6,6	5,3	1,3
1 250	1,5	0	1,5				
1 500	0,5	-1	1,5				
1 600	0	-1	1				
2 000	-1,5	-1,5	0	2 000	3,2	3	0,2
2 500	-4	-3	-1				
3 000	-6	-4	-2				
3 150	-6,5	-4,5	-2				
4 000	-6,5	-5	-1,5	4 000	-0,2	0,5	-0,7
5 000	-3	-3,5	0,5				
6 000	2,5	-0,5	3				
6 300	4	0,5	3,5				
8 000	11,5	5,5	6	8 000	15,9	10,4	5,5
9 000	13,5	8	5,5				
10 000	13,5	9,5	4				
11 200	12	10,5	1,5				
12 500	11	13	-2				
14 000	16	21	-5				
16 000	43,5	47	-3,5				

Tableau 12 : Seuils d'audition de référence pour les conditions d'écoute et différence entre les niveaux de pression acoustique entre les deux types de champ acoustique pour le seuil d'audition par bande d'octave et par tiers d'octave [ISO 389-7] [15]

Les résultats des trois audiométries tonales liminaires en champ acoustique diffus pour chaque patient sont présentés dans le tableau 13 suivant.

Monsieur V							
	125 Hz	250 Hz	500 Hz	1000 Hz	2000 Hz	4000 Hz	8000 Hz
Test 1 (dB SPL)	24,9	15,6	7,2	3,9	0	0,7	-1,2
Test 2 (dB SPL)	23,4	11,7	4,3	4,2	-2,7	0,5	-1,7
Test 3 (dB SPL)	21,7	12,7	6,7	4,7	-1	0,5	-2
Moyenne (dB SPL)	23,3	13,3	6,1	4,3	-1,2	0,6	-1,6
Correction champ diffus (dB SPL)	28,2	16,8	8,6	5,3	3	0,5	10,4
Moyenne (dB HL)	-5	-3	-3	-1	-4	0	-12
PTM binaurale (dB HL)	-3						

Monsieur W							
	125 Hz	250 Hz	500 Hz	1000 Hz	2000 Hz	4000 Hz	8000 Hz
Test 1 (dB SPL)	28,8	14,7	9,9	4,9	-0,5	0,7	5,6
Test 2 (dB SPL)	27,1	16,4	10,4	1,5	0	1,2	5,2
Test 3 (dB SPL)	33,5	16,4	13,3	6,1	0,7	1,5	6,6
Moyenne (dB SPL)	29,8	15,8	11,2	4,2	0,1	1,1	5,8
Correction champ diffus (dB SPL)	28,2	16,8	8,6	5,3	3	0,5	10,4
Moyenne (dB HL)	2	-1	3	-1	-3	1	-5
PTM binaurale (dB HL)	0						

Madame X							
	125 Hz	250 Hz	500 Hz	1000 Hz	2000 Hz	4000 Hz	8000 Hz
Test 1 (dB SPL)	22,7	11,5	9,9	12	3,7	1,7	11,3
Test 2 (dB SPL)	24,9	11,5	9,2	12,3	7,9	1,2	9,8
Test 3 (dB SPL)	25,4	14,9	9,9	12,3	7,6	2,7	10,1
Moyenne (dB SPL)	24,3	12,6	9,7	12,2	6,4	1,9	10,4
Correction champ diffus (dB SPL)	28,2	16,8	8,6	5,3	3	0,5	10,4
Moyenne (dB HL)	-4	-4	1	7	3	1	0
PTM binaurale (dB HL)	4						

Monsieur Y							
	125 Hz	250 Hz	500 Hz	1000 Hz	2000 Hz	4000 Hz	8000 Hz
Test 1 (dB SPL)	26,6	11	4,5	-0,5	0,5	1	3,4
Test 2 (dB SPL)	25,9	9,3	6,7	0,7	0	1	4,2
Test 3 (dB SPL)	28,8	10,7	3	0,2	0	0,7	3,4
Moyenne (dB SPL)	27,1	10,3	4,7	0,1	0,2	0,9	3,7
Correction champ diffus (dB SPL)	28,2	16,8	8,6	5,3	3	0,5	10,4
Moyenne (dB HL)	-1	-6	-4	-5	-3	0	-7
PTM binaurale (dB HL)	-4						

Monsieur Z							
	125 Hz	250 Hz	500 Hz	1000 Hz	2000 Hz	4000 Hz	8000 Hz
Test 1 (dB SPL)	25,4	14,9	8,7	0,2	-0,2	0,7	5,2
Test 2 (dB SPL)	20,2	11	2,8	0	-0,7	1	3,9
Test 3 (dB SPL)	19,5	11	2,1	-2,2	-1,2	1,2	4,2
Moyenne (dB SPL)	21,7	12,3	4,5	-0,7	-0,7	1,0	4,4
Correction champ diffus (dB SPL)	28,2	16,8	8,6	5,3	3	0,5	10,4
Moyenne (dB HL)	-7	-5	-4	-6	-4	0	-6
PTM binaurale (dB HL)	-5						

Tableau 13 : Résultats des trois audiométries tonales liminaires en champ acoustique diffus

Dans cette étude, les sujets testés en champ acoustique diffus présentent des niveaux d'audition extrêmement faibles. La Perte Tonale Moyenne (PTM) binaurale peut descendre jusqu'à - 5 dB HL pour Monsieur Z.

2.2.2. En conduction osseuse

Les résultats des trois audiométries tonales liminaires au vibreur sont présentés dans le tableau 14 suivant.

Monsieur V										
	Oreille Droite					Oreille Gauche				
	250 Hz	500 Hz	1000 Hz	2000 Hz	4000 Hz	250 Hz	500 Hz	1000 Hz	2000 Hz	4000 Hz
Test 1 (dB HL)	-4	-2	-13	0	-10	0	3	-5	-6	-1
Test 2 (dB HL)	-4	-2	-13	0	-10	-8	5	-3	-6	-11
Test 3 (dB HL)	-6	-2	-11	2	-10	0	5	-11	-2	-1
Moyenne (dB HL)	-5	-2	-13	1	-10	-3	5	-6	-4	-5
PTM (dB HL)	-5					-2				

Monsieur W										
	Oreille Droite					Oreille Gauche				
	250 Hz	500 Hz	1000 Hz	2000 Hz	4000 Hz	250 Hz	500 Hz	1000 Hz	2000 Hz	4000 Hz
Test 1 (dB HL)	-2	14	-3	2	-4	2	3	-5	6	-11
Test 2 (dB HL)	0	12	-1	2	-6	0	7	-3	6	-11
Test 3 (dB HL)	0	6	-3	-2	-4	4	7	-7	10	-11
Moyenne (dB HL)	-1	11	-3	1	-5	2	6	-5	8	-11
PTM (dB HL)	3					3				

Madame X										
	Oreille Droite					Oreille Gauche				
	250 Hz	500 Hz	1000 Hz	2000 Hz	4000 Hz	250 Hz	500 Hz	1000 Hz	2000 Hz	4000 Hz
Test 1 (dB HL)	-4	8	3	-8	-4	-2	-9	-9	4	15
Test 2 (dB HL)	-6	14	5	-10	4	-10	-9	-11	8	3
Test 3 (dB HL)	-8	10	-1	-10	-2	-10	-9	-11	8	3
Moyenne (dB HL)	-6	11	2	-9	-1	-8	-9	-10	7	7
PTM (dB HL)	1					-4				

Monsieur Y										
	Oreille Droite					Oreille Gauche				
	250 Hz	500 Hz	1000 Hz	2000 Hz	4000 Hz	250 Hz	500 Hz	1000 Hz	2000 Hz	4000 Hz
Test 1 (dB HL)	-10	-6	7	0	-10	8	-3	-1	-6	-11
Test 2 (dB HL)	-12	-6	-1	0	-10	4	-3	1	-2	-11
Test 3 (dB HL)	-14	-8	1	-2	-10	8	-3	1	-4	-11
Moyenne (dB HL)	-12	-7	2	-1	-10	6	-3	1	-4	-11
PTM (dB HL)	-2					-2				

Monsieur Z										
	Oreille Droite					Oreille Gauche				
	250 Hz	500 Hz	1000 Hz	2000 Hz	4000 Hz	250 Hz	500 Hz	1000 Hz	2000 Hz	4000 Hz
Test 1 (dB HL)	-12	-10	-13	-10	-10	-10	-9	5	-10	-11
Test 2 (dB HL)	-14	-10	-13	-10	-10	-8	-9	-5	-10	-11
Test 3 (dB HL)	-14	-10	-13	-10	-8	-8	-7	-5	-6	-11
Moyenne (dB HL)	-14	-10	-13	-10	-10	-9	-8	-1	-8	-11
PTM (dB HL)	-11					-6				

Tableau 14 : Résultats des trois audiométries tonales liminaires en conduction osseuse

Enfin, au cours de cette étude, les sujets testés en conduction osseuse présentent des niveaux d'audition particulièrement faibles. En effet, la Perte Tonale Moyenne (PTM) peut descendre jusqu'à -11 dB HL pour l'oreille gauche de Monsieur Z.

En conclusion de cette étude clinique au sein de la salle BESA de l'INRS, le niveau de bruit de fond au sein de la salle d'essais de **4,6 dB A** nous a permis de mesurer des seuils d'audition relativement faibles. En conséquence, ces différents seuils audiométriques sont considérés comme les seuils d'audition de référence des sujets testés.

Afin de pratiquer une étude comparative, la troisième partie du mémoire sera consacrée à l'étude clinique au sein de la cabine insonorisée de la Faculté de Pharmacie de Nancy. Une mesure du bruit de fond de la cabine insonorisée sera pratiquée dans un premier temps. Puis, une audiométrie tonale liminaire de ces mêmes sujets testés précédemment sera réalisée dans ces nouvelles conditions.

Partie 3 : Etude Clinique au sein de la cabine insonorisée de la Faculté de Pharmacie de Nancy

3.1. Protocole d'essai

Le but de cette étude au sein de la cabine insonorisée de la Faculté de Pharmacie de Nancy est de mesurer le bruit de fond de cette cabine ainsi que de pratiquer les tests audiométriques dans une cabine classique d'audiométrie. En effet, celle utilisée à l'INRS est une cabine de laboratoire scientifique qui a servi de référence.

3.1.1. Présentation de la cabine insonorisée

La cabine insonorisée se trouve dans les locaux dédiés aux Travaux Pratiques de la formation d'Audioprothèse, situés dans la Faculté de Pharmacie de Nancy. Cette cabine est utilisée par les étudiants d'Audioprothèse dans le cadre de leur formation. Celle-ci est une cabine insonorisée standard. La cabine est traitée acoustiquement en termes d'isolation et de réverbération. La cabine fait office de pièce dans une pièce, elle acquiert donc un bon traitement acoustique.

A l'intérieur de celle-ci se trouvent deux haut-parleurs en position frontale du sujet, l'un à gauche, l'autre à droite. Le boîtier de l'audiomètre Otometrics Madsen Astera est installé dans la cabine audiométrique, ce dernier est complètement silencieux (figure 39). La cabine est également équipée d'une lumière totalement silencieuse. La cabine est munie d'une porte isolante (figure 36). Une petite fenêtre bien isolée est également incorporée à l'une des parois.

Les équipements fixes du quatrième étage de la Faculté de Pharmacie étaient en fonctionnement normal et habituel pendant toute la durée des essais. Toutes les mesures ont été réalisées quand l'ascenseur était à l'arrêt. En effet, ce dernier induit des vibrations solidiennes perturbant les résultats.



Figure 35: Schéma type du positionnement du sujet et de l'opérateur



Figure 36: Cabine standard munie d'une porte isolante

3.1.2. Matériel de métrologie utilisé

Les mesures effectuées à la Faculté de Pharmacie ont également été obtenues par le biais du matériel mis à disposition par le centre de Lorraine de l'Institut National de Recherche et de Sécurité (INRS).

Le matériel de métrologie utilisé dans le cadre de cette étude est le même que celui employé lors de l'étude au sein de la salle BESA de l'INRS, afin de mesurer le bruit de fond et l'indice d'affaiblissement brut :

- un microphone faible bruit B&K de type 4179,
- un préamplificateur B&K de type 2660,
- un amplificateur de mesure B&K de type 2636 et,
- un calibre B&K de type 4231.

3.1.2.1. Système d'acquisition 16 voies Orchestra de 01 dB-METRAVIB

Le système d'acquisition 16 voies Orchestra de 01 dB-METRAVIB comporte seize voies de mesure qui transfèrent les données en temps réel à un ordinateur portable. Le système d'acquisition est muni d'un ventilateur qui sera mis à l'arrêt durant les essais audiométriques bien que celui-ci soit à l'extérieur de la cabine insonorisée.

Le conditionnement du signal nécessaire pour les microphones et les préamplificateurs est directement assuré par le système d'acquisition sans qu'il soit nécessaire d'unités externes. Ses performances en temps réel permettent l'analyse simultanée dans le temps et en fréquences sur seize canaux sans aucune limitation.

La fréquence d'échantillonnage de l'acquisition est de 25600 Hz. L'Orchestra est paramétré pour acquérir des données par tiers d'octave de 31,5 Hz à 10 kHz. Le système d'acquisition est piloté par le logiciel dBFA Suite. Ce matériel est parfaitement adéquat pour des mesures de faible bruit.



Figure 37: Système d'acquisition 16 voies Orchestra de 01 dB-METRAVIB

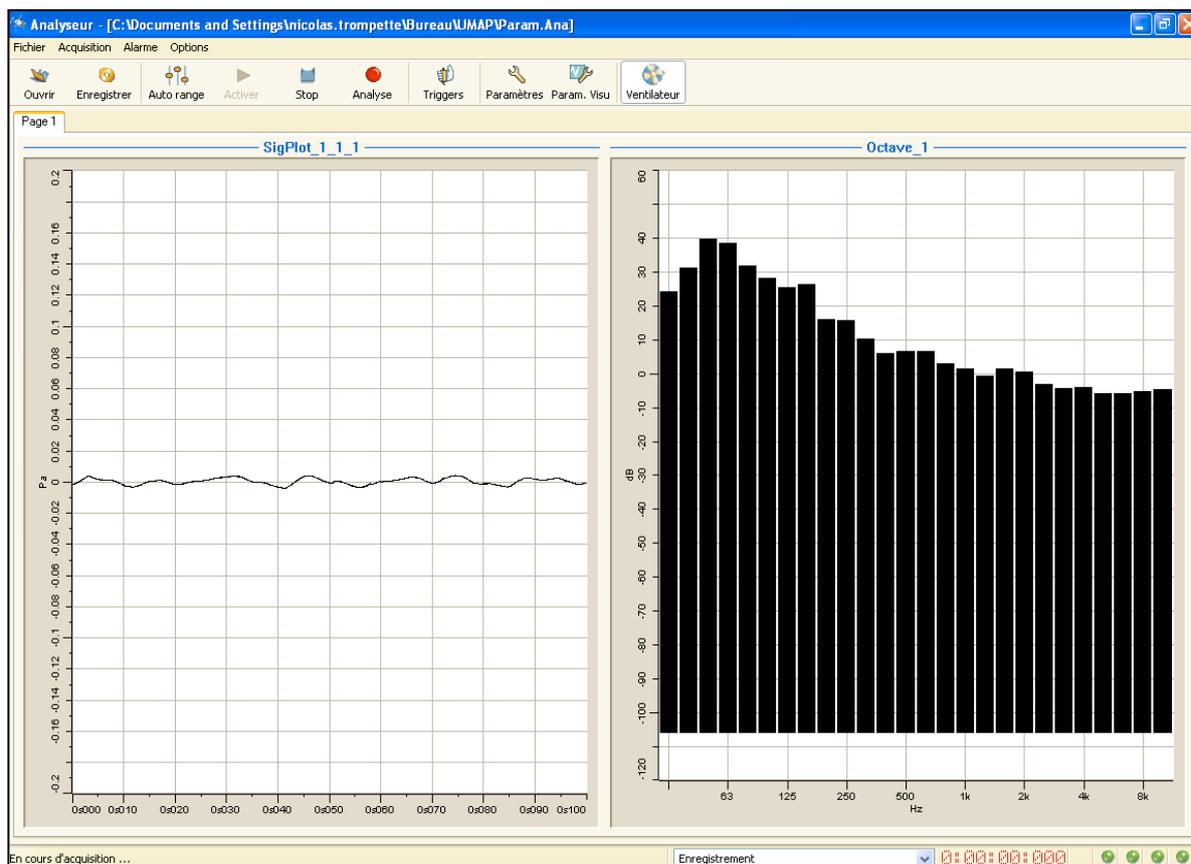


Figure 38: Exemple type d'une mesure du bruit par tiers d'octave

3.1.2.2. Audiomètre Otometrics Madsen Astera

L'audiomètre Otometrics Madsen Astera est un audiomètre clinique de Classe I (Annexe 4). L'audiomètre est piloté par un ordinateur PC (figure 40). Le logiciel Otosuite permet de piloter l'audiomètre et d'enregistrer les audiogrammes des patients pour un meilleur suivi.

L'audiomètre Otometrics Madsen Astera a été étalonné moins de trois mois avant le début des tests.

Dans cette étude, sur les niveaux de bruit de fond très faibles, le choix d'un pas de 1 dB HL au lieu du pas habituel de 5 dB HL a été adopté pour une meilleure précision des résultats.

La durée de pulsation des signaux émis est de 200 ms. L'audiomètre est équipé d'un transducteur électromécanique universel, l'ossivibrateur de type B71.



Figure 39: Boîtier de l'audiomètre Otometrics Madsen Astera installé dans la cabine audiométrique

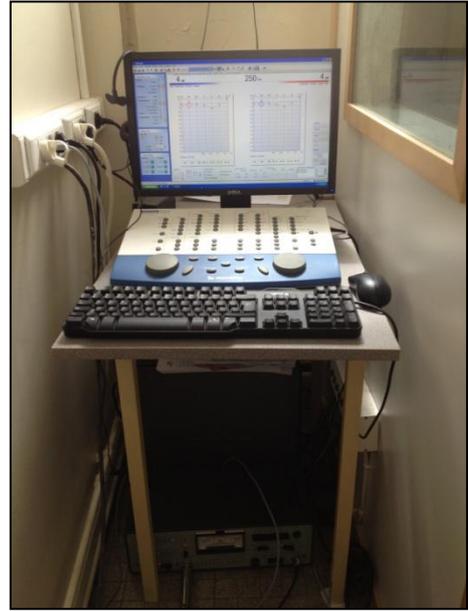


Figure 40: Audiomètre Otometrics Madsen Astera piloté par un ordinateur PC

3.1.2.3. Casque TDH 39

L'audiomètre Otometrics Madsen Astera est équipé d'écouteurs supra-auraux courants, un casque TDH 39 muni de coussins MX 41/AR (figure 42).



Figure 41: Casque TDH 39



Figure 42: Coussins MX 41/AR compatible avec les casques TDH 39 et TDH 49

Fréquence (Hz)	Affaiblissement moyen de perception sonore (dB SPL)
31,5	0
40	0
50	0
63	1
80	1
100	2
125	3
160	4
200	5
250	5
315	5
400	6
500	7
630	9
800	11
1 000	15
1 250	18
1 600	21
2 000	26
2 500	28
3 150	31
4 000	32
5 000	29
6 300	26
8 000	24

Tableau 15 : Affaiblissement moyen de perception sonore des écouteurs supra-auraux courants [ISO 8253-1] [1]

Les valeurs du tableau 15 proviennent de la norme ISO 8253-1 relative aux méthodes d'essais audiométriques [1]. Elles sont basées sur des mesures effectuées dans un champ acoustique libre avec des sons purs. Les casques utilisés sont des casques TDH 39 montés dans des coussins MX 41/AR et des casques Beyer DT 48.

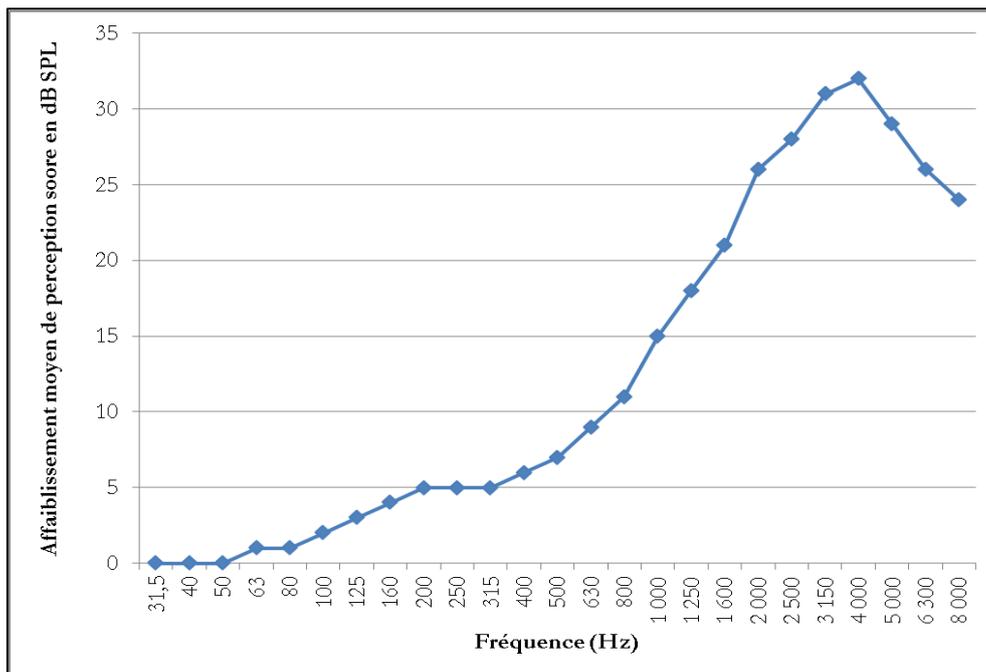


Figure 43: Affaiblissement moyen de perception sonore du casque TDH 39 par tiers d'octave

L'affaiblissement moyen de perception sonore des écouteurs de type TDH 39 est faible dans les fréquences graves. Il est important pour les fréquences médiums et les fréquences aigües. Il a atteint un maxima à la fréquence 4 000 Hz de 32 dB SPL, cette fréquence approche la fréquence de résonance du conduit auditif. La longueur d'onde des fréquences graves est beaucoup plus importante que celle des fréquences aigües. La formule de la longueur d'onde est la suivante :

$$\lambda = \frac{c}{f} \quad (8)$$

avec λ : longueur d'onde en m.

c: célérité en m/s.

f: fréquence en Hz.

Plus la fréquence sera élevée, plus la longueur d'onde sera petite. Le casque TDH 39 équipé de coussins MX 41/AR atténue donc, par sa faible épaisseur, plus facilement les fréquences aigües que les fréquences graves.

3.1.2.4. Microphone B&K de type 4189 noté F11

Le capteur de type 4189 est un microphone optimisé pour le champ libre. Ce microphone présente un diamètre d'un demi-pouce. L'étalonnage est valable jusqu'en novembre 2013 (figure 44).

Le microphone contient la technologie TEDS, ce qui signifie que les informations concernant le numéro de série, le type et la sensibilité sont stockées en son sein. Le logiciel d'acquisition de données connaît automatiquement le type de microphone, le numéro de série et la sensibilité, ainsi les entrées manuelles sont considérablement réduites afin de diminuer les erreurs humaines.

La gamme dynamique s'étend de 16,5 dB A à 134 dB et sa gamme de fréquence s'étend de 6,3 Hz à 20 000 Hz. Il présente également une sensibilité de 50 mV/Pa.

Ce microphone est associé à un préamplificateur B&K de type 2671.

Les avantages d'utiliser une combinaison de microphone et de préamplificateur sont les suivants [26]:

- une meilleure stabilité,
- une meilleure précision,
- l'appareil est assemblé dans une salle blanche, ainsi il n'y a pas de contamination.

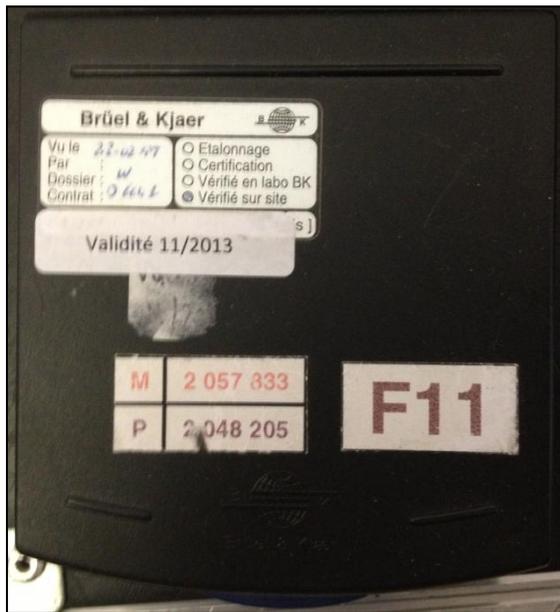


Figure 44: Validité de l'étalonnage



Figure 45: Microphone B&K de type 4189 noté F11

3.1.3. Mesure du Bruit de fond de la cabine insonorisée

La cabine insonorisée a dû être percée pour permettre le passage du microphone faible bruit de type 4179. Une fois le branchement du microphone effectué, le trou a été rebouché avec de la laine de roche sur toute la longueur. La laine de roche a des propriétés d'isolation acoustique et d'absorption acoustique, ceci dans le but d'éviter toute perturbation acoustique de la cabine avec le milieu extérieur.

Les différentes sources de bruit, telles que : l'audiomètre, les deux ordinateurs PC, l'amplificateur de mesure B&K de type 2636 et le système d'acquisition Orchestra, sont positionnées en dehors de la cabine insonorisée.

Le microphone faible bruit a été étalonné à 94 dB SPL à la fréquence 1000 Hz avec une sensibilité de 1 V/Pa (figure 46).

Pour effectuer cette mesure, le microphone faible bruit B&K de type 4179 équipé du préamplificateur B&K de type 2660 est placé dans la cabine (figure 48).

Le mobilier de la cabine, plus précisément le siège a été retiré pour éviter toute influence d'absorption acoustique de celui-ci sur le local.

Le microphone faible bruit est connecté à l'amplificateur de mesure B&K de type 2636 situé près de la cabine. L'amplificateur de mesure B&K de type 2636 a été réglé avec un gain de 40 dB (0,01) sur la section de sortie (Output Section Gain) (figure 47). Ce réglage a été effectué afin d'éviter une interférence avec le bruit de fond de l'amplificateur et le niveau du bruit de fond réel de la cabine. Un capteur de sensibilité de 101,176 V/UP a été créé pour éviter toute correction de gain par la suite (figure 49).

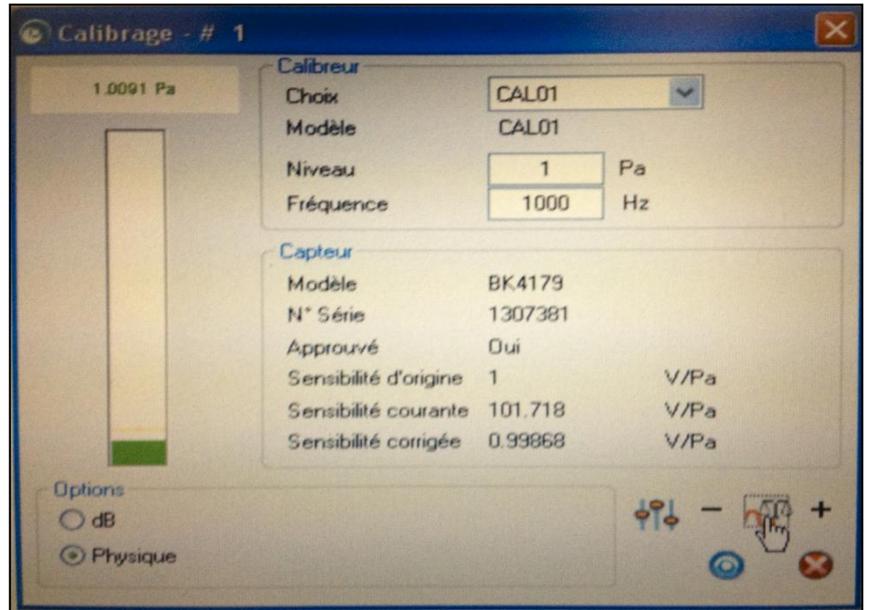


Figure 46: Calibrage du microphone faible bruit B&K de type 4179



Figure 47: Amplificateur de mesure B&K de type 2636 réglé avec un gain de 40 dB sur la section de sortie (Output Section Gain)



Figure 48: Microphone faible bruit positionné sur un support (fragilité de ce type de microphone)

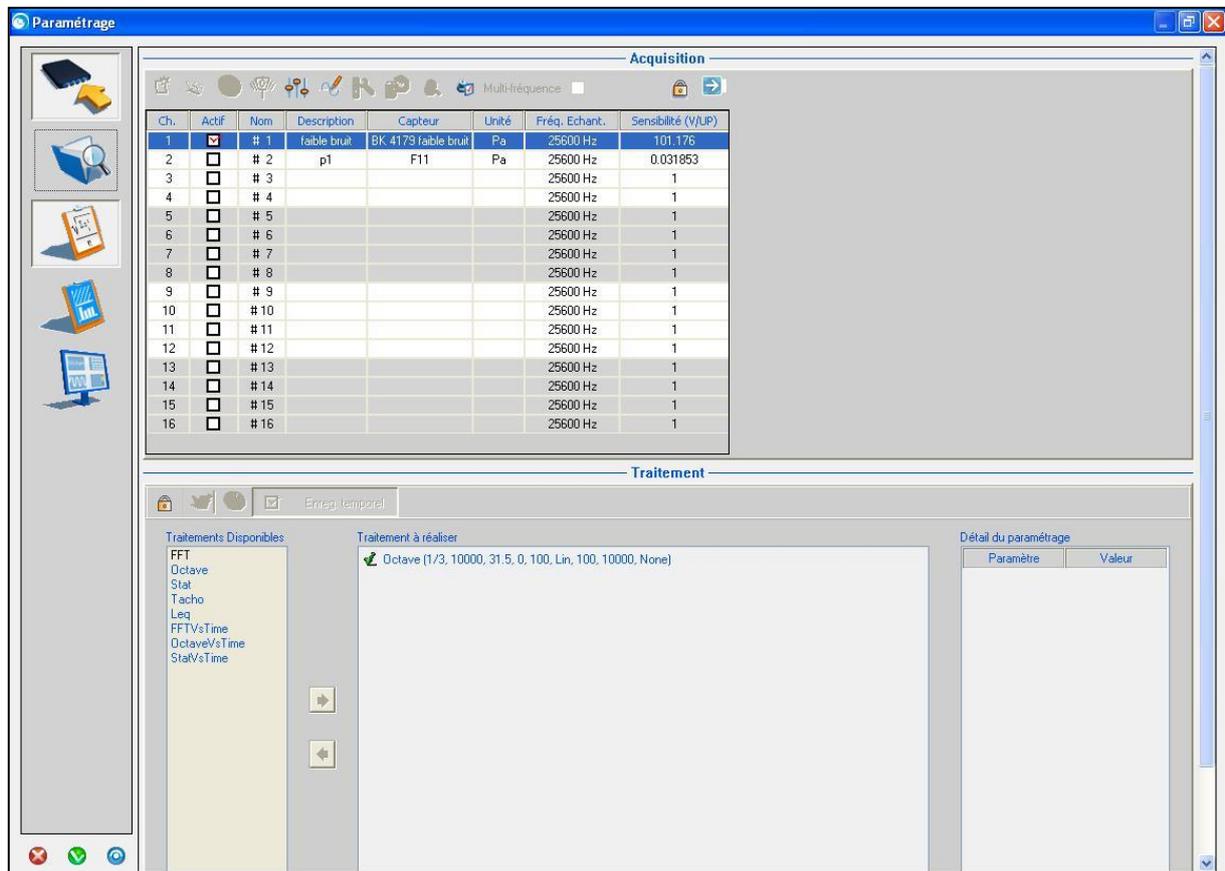


Figure 49: Capteur de sensibilité de 101,176 V/UP

Le signal recueilli est envoyé au système d'acquisition 16 voies Orchestra de 01 dB-METRAVIB. Le logiciel dBFA permet de tracer des niveaux équivalents $L_{eq,T}$, intégrés sur dix secondes, par bandes de tiers d'octave. Le niveau $L_{eq,T}$ est également présenté dans la colonne de droite en dB A ou en dB Lin (cf. rappel 1.3 Pondération A). Les mesures sont effectuées par tiers d'octave de 31,5 Hz à 10 kHz.

Les mesures des valeurs de référence du bruit ambiant ont été obtenues à la position dans laquelle la tête du sujet se trouverait dans la salle d'essais, mais en son absence.

Trois mesures du bruit de fond ont été réalisées afin d'obtenir des résultats plus fiables. Des copies d'écran ont été réalisées des trois mesures effectuées (figure 50, figure 51 et figure 52).

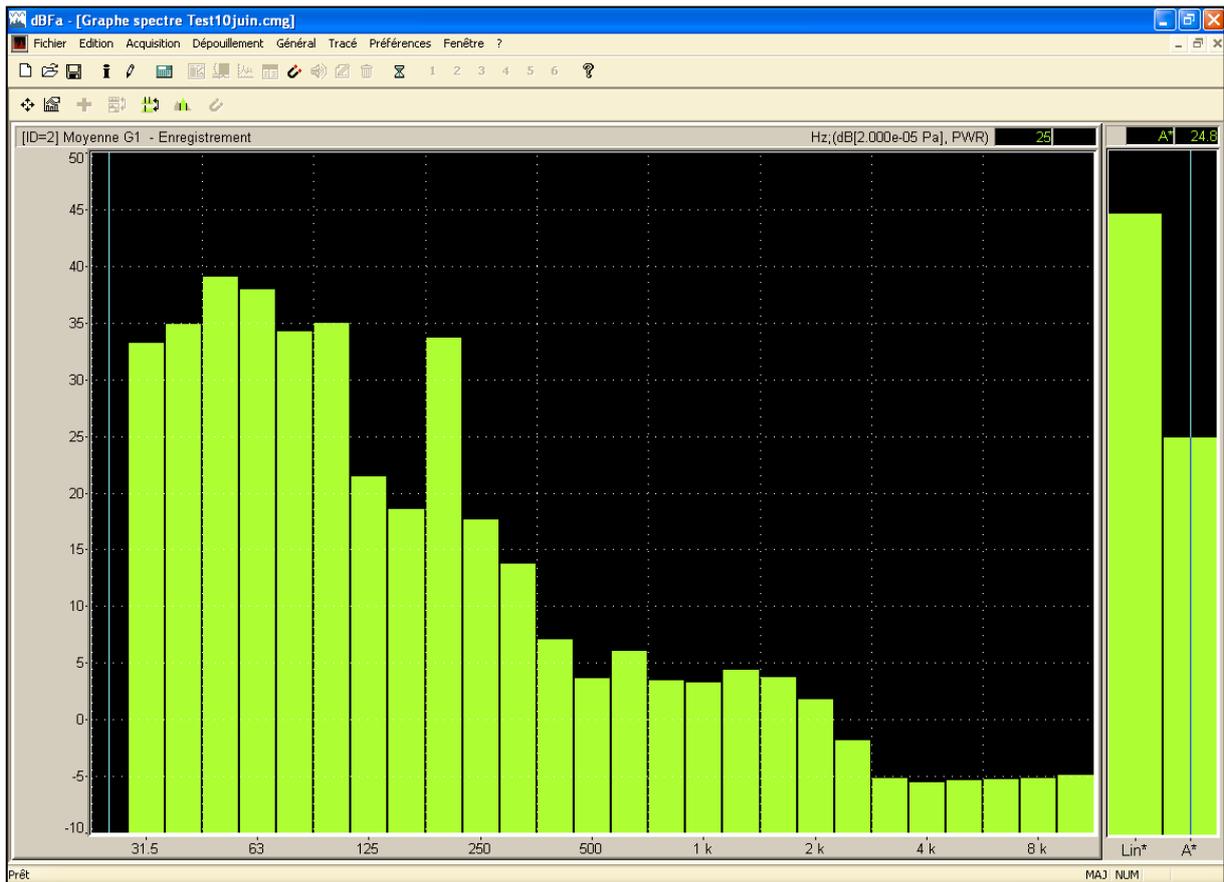


Figure 50: Première mesure du bruit de fond de la cabine insonorisée par tiers d'octave

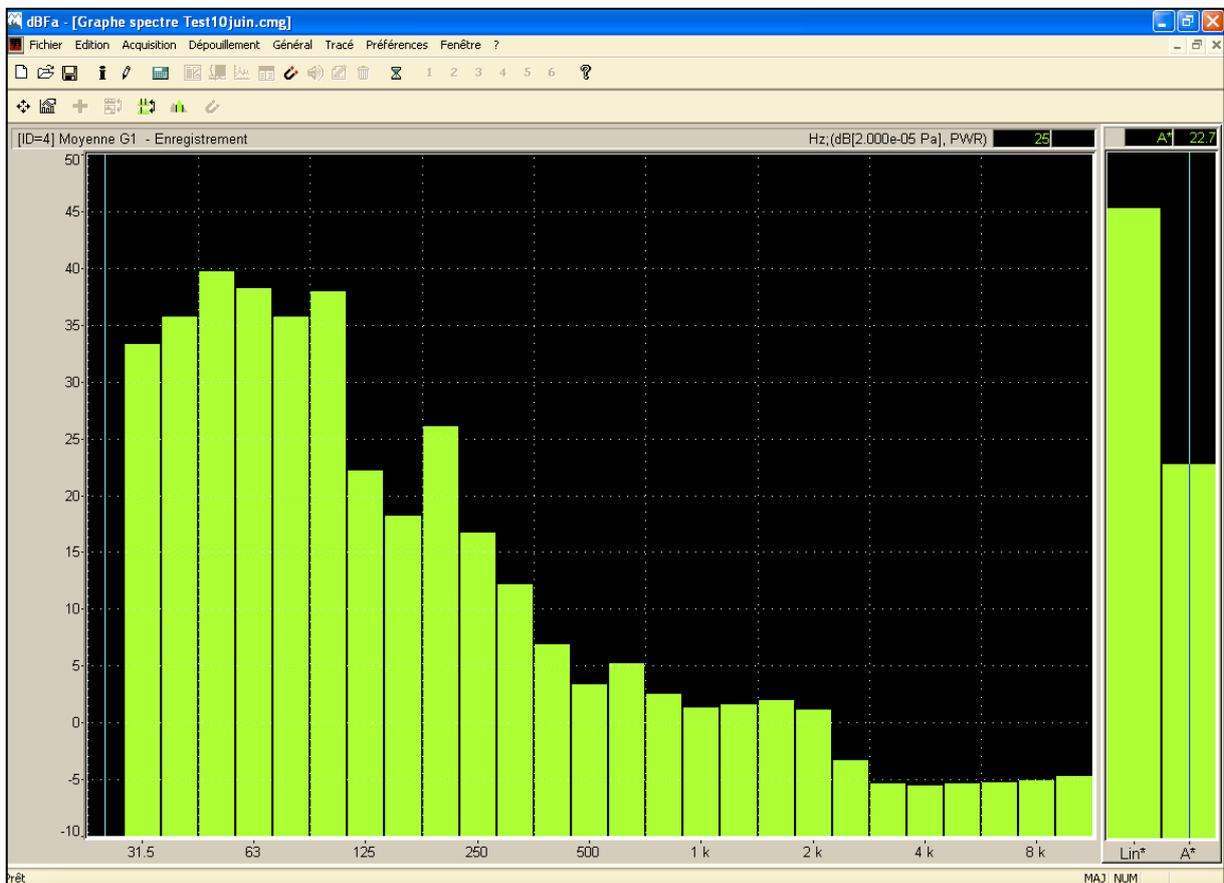


Figure 51: Deuxième mesure du bruit de fond de la cabine insonorisée par tiers d'octave

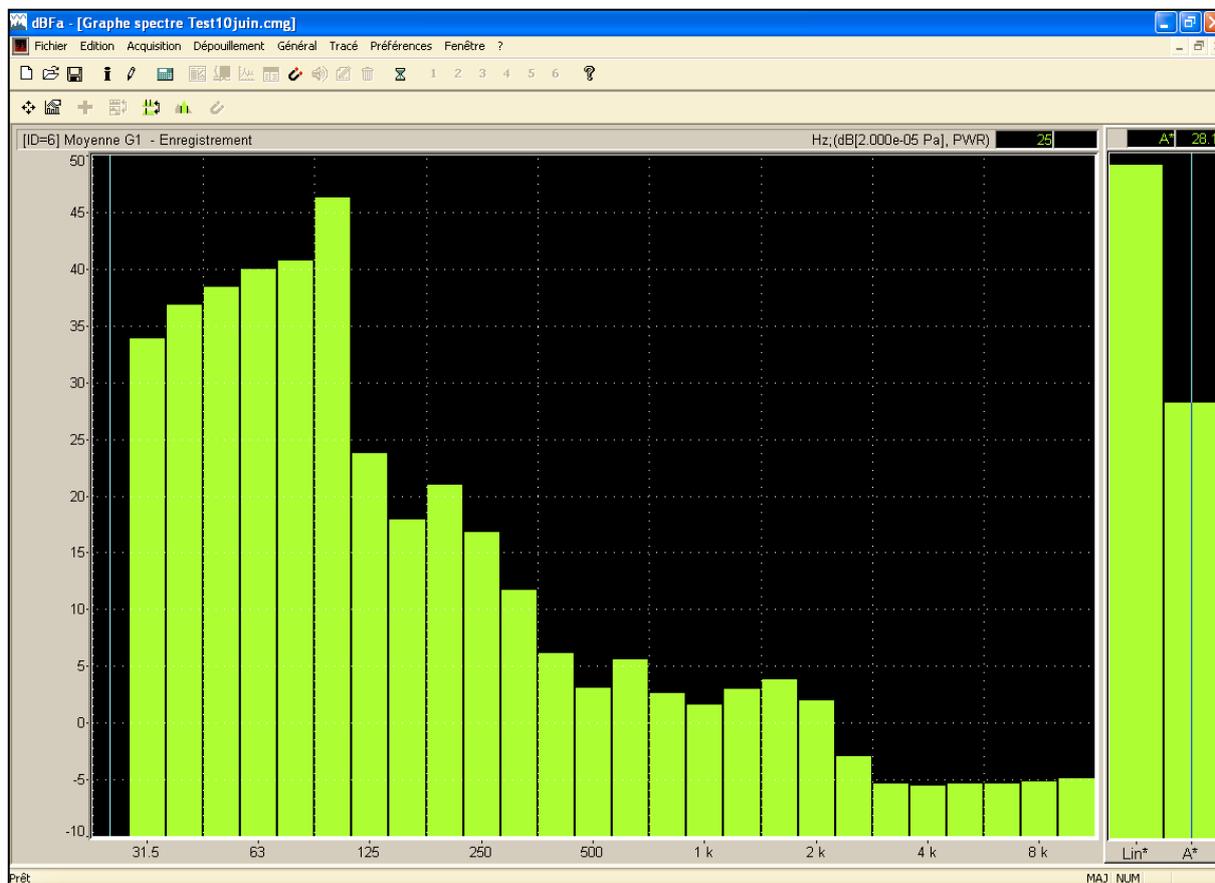


Figure 52: Troisième mesure du bruit de fond de la cabine insonorisée par tiers d'octave

Le logiciel dBFA permet d'extraire les données sous la forme d'un fichier Excel. Le dépouillement est effectué pour bénéficier des valeurs exactes de chaque tiers d'octave. Après dépouillement des données, le tableau 16 indiquant les niveaux de pression acoustique du bruit de fond de la cabine standard par tiers d'octave a pu être établi.

Les données représentées par bande de tiers d'octave de la figure 53 révèlent le niveau de bruit de fond réel de la cabine insonorisée.

Bande de tiers d'octave (Hz)	Première mesure du bruit de fond (dB SPL)	Deuxième mesure du bruit de fond (dB SPL)	Troisième mesure du bruit de fond (dB SPL)	Ecart-type des 3 mesures	1	2	1+2
					Niveaux de pression acoustique moyen \bar{L}_j du Bruit de fond (dB SPL)	Pondération A	Niveaux de pression acoustique \bar{L}_j pondérés A
31.5 Hz	33,2	33,3	33,8	0,3	33,4	-39,4	-6,0
40 Hz	34,8	35,7	36,8	1,0	35,8	-34,6	1,2
50 Hz	39,0	39,7	38,4	0,7	39,1	-30,2	8,9
63 Hz	37,9	38,2	39,9	1,1	38,7	-26,2	12,5
80 Hz	34,2	35,7	40,7	3,4	36,9	-22,5	14,4
100 Hz	34,9	37,9	46,2	5,8	39,7	-19,1	20,6
125 Hz	21,4	22,1	23,7	1,2	22,4	-16,1	6,3
160 Hz	18,5	18,1	17,9	0,3	18,2	-13,4	4,8
200 Hz	33,6	26,0	20,9	6,4	26,9	-10,9	16,0
250 Hz	17,6	16,7	16,8	0,5	17,1	-8,6	8,5
315 Hz	13,7	12,1	11,7	1,0	12,5	-6,6	5,9
400 Hz	7,0	6,8	6,1	0,5	6,6	-4,8	1,8
500 Hz	3,6	3,3	3,0	0,3	3,3	-3,2	0,1
630 Hz	6,0	5,2	5,5	0,4	5,6	-1,9	3,7
800 Hz	3,4	2,5	2,6	0,5	2,8	-0,8	2,0
1 kHz	3,2	1,3	1,5	1,1	2,0	0	2,0
1.25 kHz	4,3	1,5	2,9	1,4	2,9	0,6	3,5
1.6 kHz	3,7	1,9	3,8	1,1	3,1	1	4,1
2 kHz	1,7	1,1	1,9	0,4	1,6	1,2	2,8
2.5 kHz	-1,9	-3,4	-3,0	0,7	-2,8	1,3	-1,5
3.15 kHz	-5,2	-5,4	-5,4	0,1	-5,3	1,2	-4,1
4 kHz	-5,6	-5,6	-5,6	0,1	-5,6	1	-4,6
5 kHz	-5,4	-5,4	-5,4	0,0	-5,4	0,5	-4,9
6.3 kHz	-5,3	-5,3	-5,4	0,0	-5,3	-0,1	-5,4
8 kHz	-5,2	-5,1	-5,2	0,1	-5,2	-1,1	-6,3
10 kHz	-4,9	-4,8	-4,9	0,1	-4,9	-2,5	-7,4

Tableau 16 : Aide au calcul du niveau du bruit de fond de la salle insonorisée en dB A

D'après la formule 2 (p. 5), le niveau de bruit en dB A de la cabine audiométrique est de :

$$A.N : L(dBA) = 10 \log (10^{-0.6} + 10^{0.1} + 10^{0.9} + 10^{1.2} + 10^{1.4} + 10^{2.1} + 10^{0.6} + 10^{0.5} + 10^{1.6} + 10^{0.8} + 10^{0.6} + 10^{0.2} + 1 + 10^{0.4} + 10^{0.2} + 10^{0.2} + 10^{0.3} + 10^{0.4} + 10^{0.3} + 10^{-0.1} + 10^{-0.4} + 10^{-0.5} + 10^{-0.5} + 10^{-0.5} + 10^{-0.6} + 10^{-0.7}) = 24 \text{ dB A}$$

De part le calcul, on obtient un niveau de bruit de 24 dB A dû au bruit de fond de la cabine insonorisée. En calculant ce même niveau sans pondération, on obtient 46 dB Lin. Le niveau en dB A est très inférieur au niveau en dB Lin. La pondération A affecte essentiellement les basses fréquences. On peut donc remarquer que le bruit de fond de la cabine est chargé en basses fréquences. **Le bruit de fond de la cabine reste relativement faible.**

La cabine audiométrique de la Faculté de Pharmacie est une cabine classique, elle présente un niveau de bruit de **24 dB A**. Au sein de cette cabine, les mesures se trouvent être légèrement au dessus de la norme ISO 8253-2 [1] concernant le niveau de bruit en dB A associé aux niveaux de pression acoustique ambiants maximaux admissibles en champ libre, **pour un seuil d'audition minimal de 0 dB HL.**

Cette norme de **19,6 dB A** est la plus restrictive (figure 9). Ainsi, les mesures audiométriques pratiquées au cours de cette étude au sein de la cabine insonorisée sont donc considérées comme bonnes.

Une étude comparative sera effectuée dans la partie 4, en comparaison avec la mesure du bruit de fond dans la salle d'essais du BESA de l'INRS.

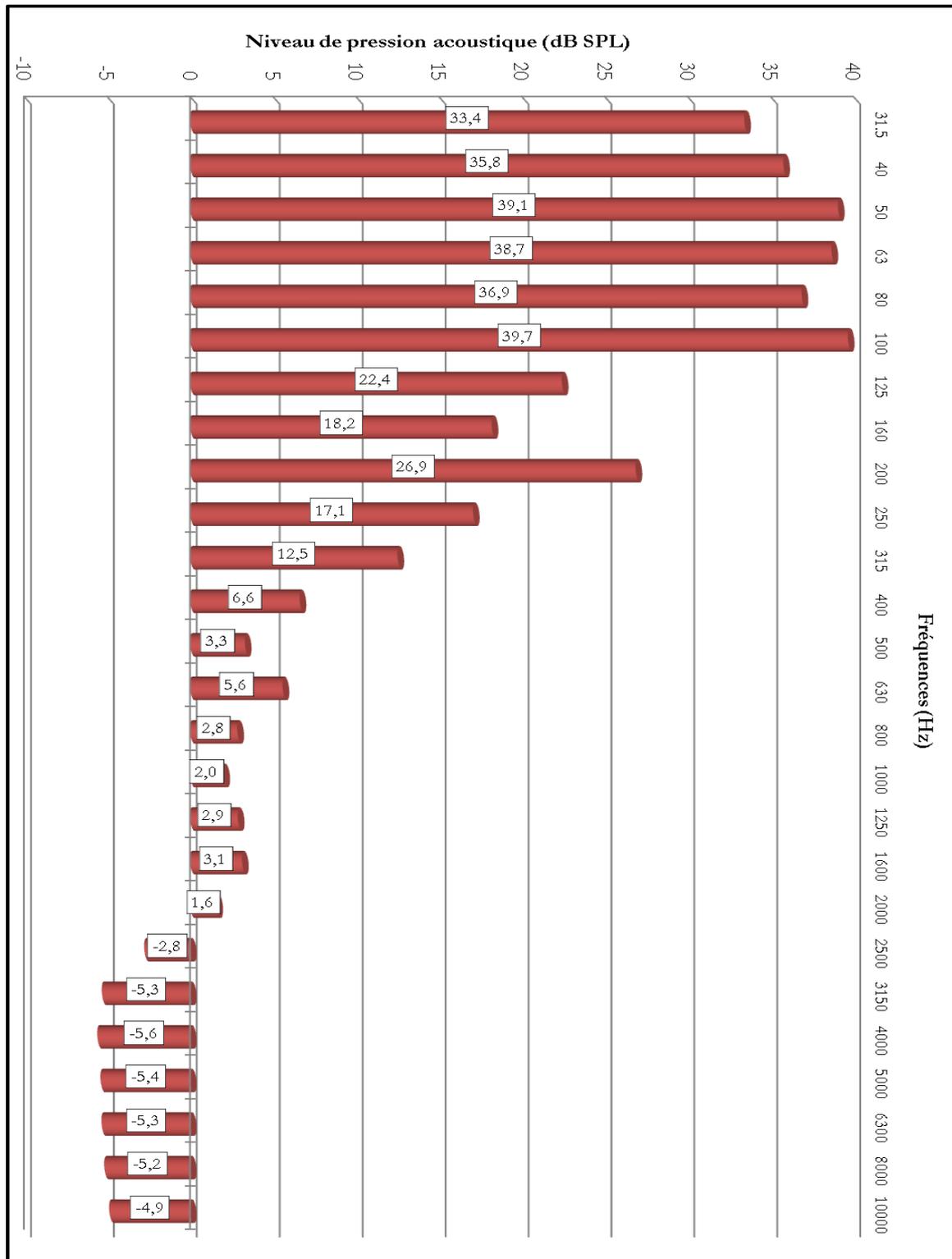


Figure 53: Représentation spectrale du bruit de fond de la salle insonorisée par tiers d'octave

3.1.4. Mesure de l'indice d'affaiblissement brut

Au cours de cette étude, une mesure de l'indice d'affaiblissement brut est réalisée afin de contrôler l'affaiblissement de la paroi testée et de cette manière de mesurer l'isolation acoustique de celle-ci.

La source sonore utilisée est un haut-parleur Klein + Hummel 0110 (figure 55). Ce type de haut-parleur comprend deux amplificateurs alimentés de classe AB, un transformateur de 230 V ainsi qu'un filtre actif de quatrième ordre de 24 dB/octave [27]. Plus la pente est abrupte, plus on se rapproche d'un filtre parfait [9]. Il est composé également d'un limiteur de graves et d'aigus avec indicateur. Le haut-parleur, monté sur un pied, est positionné face à une paroi de la cabine standard (figure 56). Le haut-parleur est connecté à un ordinateur PC, à l'aide du logiciel Windows Media Player, un bruit rose est émis, très utilisé dans l'acoustique du bâtiment (cf. rappel 1.9 Bruit rose).

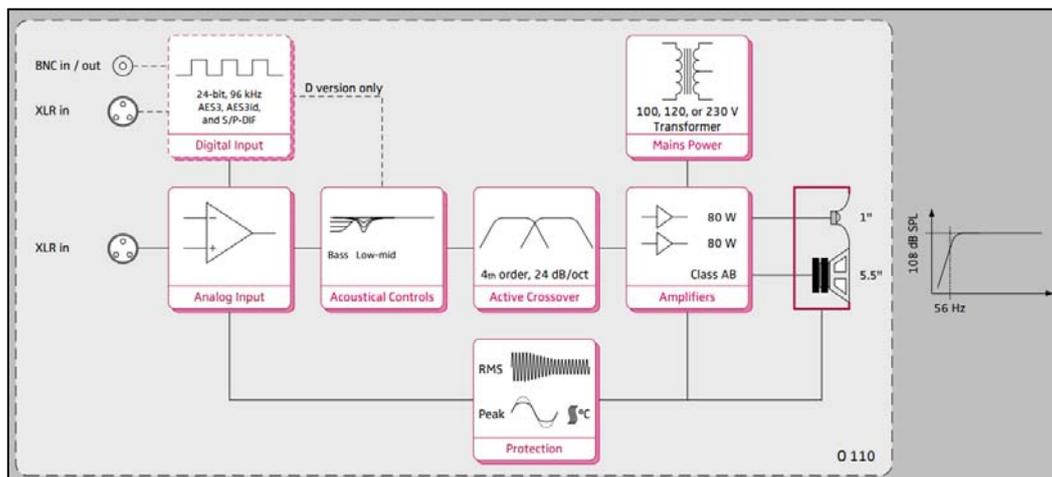


Figure 54: Schéma de fonctionnement du haut-parleur Klein + Hummel 0110



Figure 55: Haut-parleur Klein + Hummel 0110



Figure 56: Haut-parleur positionné face à une paroi de la cabine standard

Pour mesurer l'indice d'affaiblissement brut, deux microphones ont été mis en place. Le microphone B&K de type 4189 noté F11 associé à son préamplificateur B&K de type 2671 est positionné devant la paroi, il mesure donc le niveau de pression acoustique à l'émission (L_E).

Le microphone faible bruit B&K de type 4179 associé à son préamplificateur B&K de type 2660 est positionné dans la cabine standard (figure 48), il mesure donc le niveau de pression acoustique à la réception (L_R). Le microphone faible bruit a été placé à l'intérieur de la cabine insonorisée car il est préférable de l'utiliser pour des bruits de faible niveau.

Le microphone noté F11 est connecté à l'une des voies du système d'acquisition Orchestra et le microphone faible bruit B&K de type 4179 est connecté également à ce dernier via l'amplificateur de mesure B&K de type 2636.

Ainsi, en temps réel, le système d'acquisition 16 voies de 01 dB-METRAVIB enregistre les signaux de ces deux microphones (figure 57). Le cadran droit enregistre le niveau L_E et le cadran du milieu enregistre le niveau L_R .

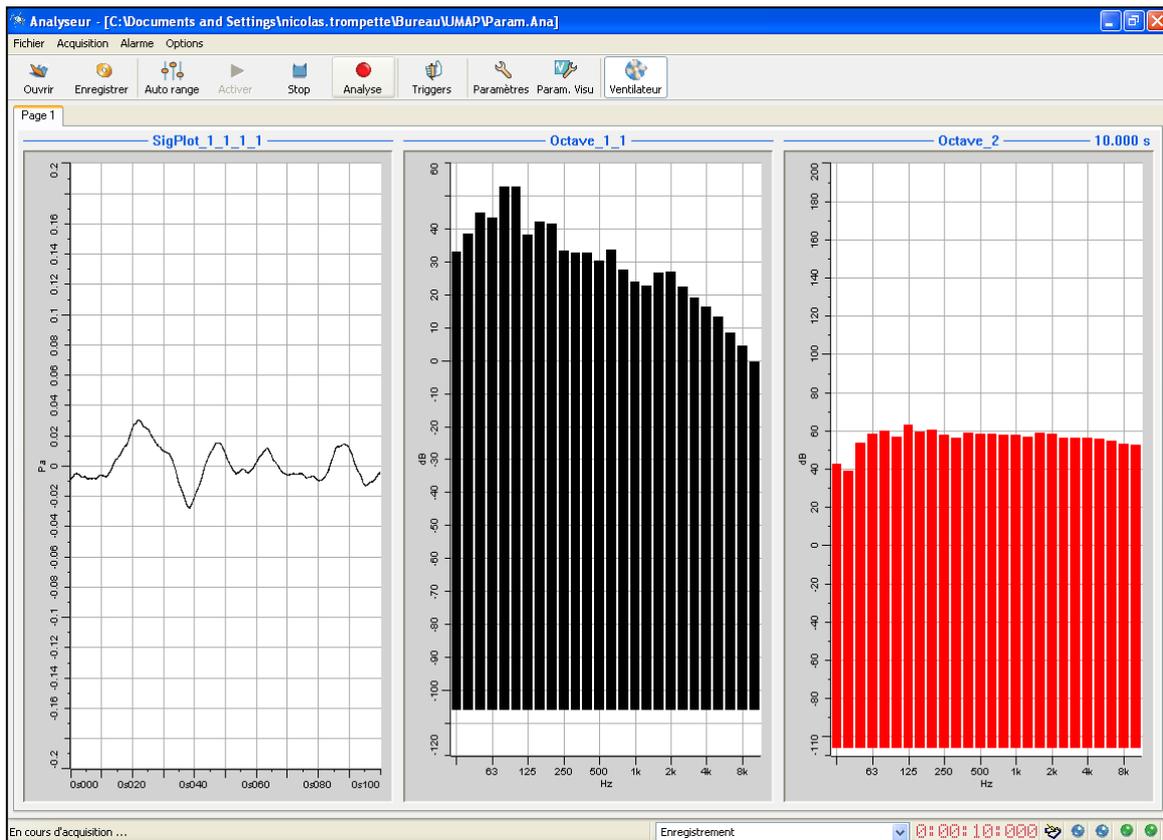


Figure 57: Niveaux de pression acoustique à l'émission L_E et à la réception L_R

Un couplage acoustique est notifié lorsqu'un local contenant une source (local émetteur) est situé à côté d'un autre local (local récepteur). Ce dernier reçoit de l'énergie sonore en provenance du local émetteur. Une partie de l'énergie contenue dans la salle réceptrice retourne dans la salle émettrice.

La surface qui sépare les locaux, dans ce cas la paroi de la cabine standard, est appelée surface de couplage. La vibration de cette surface transmet l'énergie sonore d'un local à l'autre.

L'indice d'affaiblissement brut est défini par la formule suivante [28]:

$$D = L_E - L_R \quad (9)$$

avec D : indice d'affaiblissement brut en dB SPL

L_E : niveau de pression acoustique à l'émission en dB SPL

L_R : niveau de pression acoustique à la réception en dB SPL

Cet indice d'affaiblissement brut dépend de la fréquence, dans ces conditions le mesurer dans des bandes d'octave normalisées paraît plus judicieux. Le système d'acquisition Orchestra est configuré pour acquérir des valeurs de la fréquence 31,5 Hz à la fréquence 10 kHz par tiers d'octave, pour une analyse plus détaillée du spectre. La durée moyenne de l'enregistrement est de dix secondes. Après dépouillement des fichiers Excel, le tableau 17 a été dressé.

Fréquence (Hz)	LE (dB SPL)	LR (dB SPL)	D (dB SPL)
31.5 Hz	42,7	33,1	9,7
40 Hz	39,2	38,4	0,7
50 Hz	53,5	45,0	8,5
63 Hz	58,2	43,3	14,8
80 Hz	60,0	52,7	7,3
100 Hz	56,8	52,7	4,1
125 Hz	63,0	38,3	24,7
160 Hz	59,5	42,3	17,3
200 Hz	60,7	41,6	19,1
250 Hz	58,0	33,4	24,6
315 Hz	56,5	32,8	23,7
400 Hz	58,8	32,9	25,9
500 Hz	58,5	30,4	28,1
630 Hz	58,2	33,7	24,5
800 Hz	57,7	27,7	30,0
1 kHz	57,8	23,9	33,9
1.25 kHz	57,0	22,7	34,3
1.6 kHz	58,8	26,8	32,0
2 kHz	58,4	27,2	31,3
2.5 kHz	56,5	22,5	34,0
3.15 kHz	56,2	19,1	37,1
4 kHz	56,1	16,3	39,8
5 kHz	55,5	13,4	42,1
6.3 kHz	54,6	8,3	46,3
8 kHz	53,1	4,6	48,5
10 kHz	52,6	-0,4	53,0

Tableau 17 : Indice d'affaiblissement brut D calculé à partir de L_E et de L_R

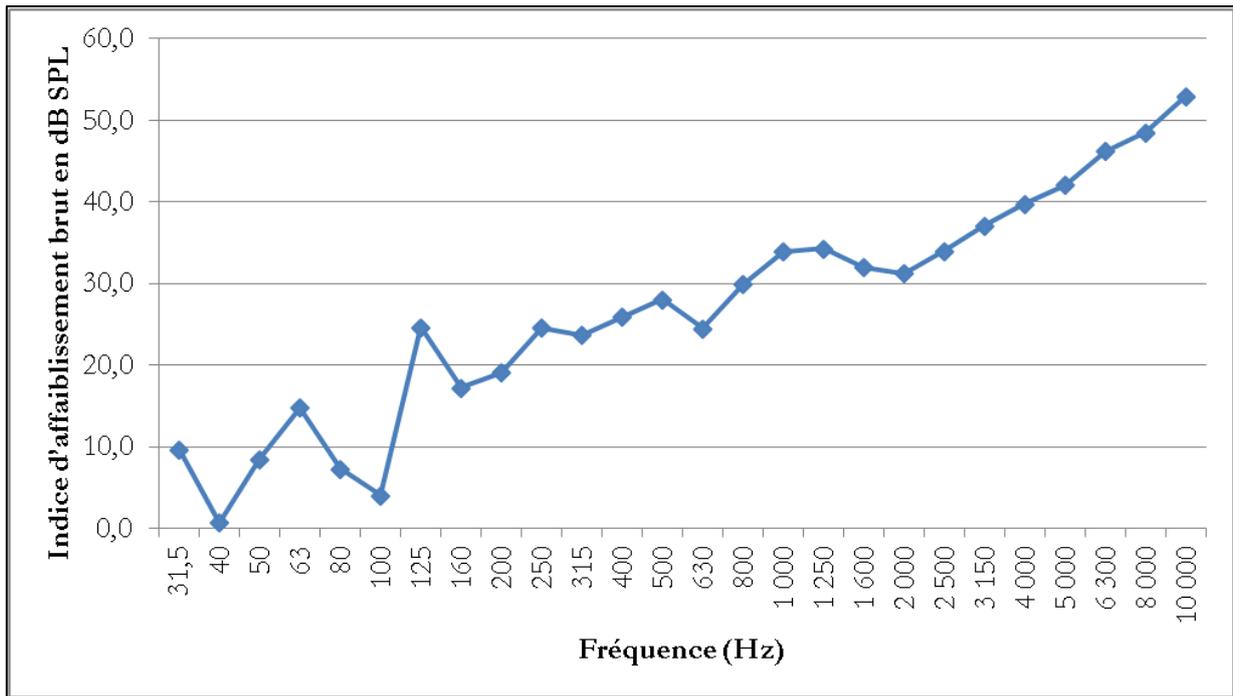


Figure 58: Indice d'affaiblissement brut représenté par tiers d'octave

Après analyse du graphique 58, la constatation suivante apparaît : **l'indice d'affaiblissement brut est élevé dans les fréquences aigües, il reste faible dans les fréquences graves.** En effet, la longueur d'onde des fréquences graves est grande, ces fréquences sont donc plus difficiles à isoler acoustiquement.

Il est à noter que la majeure partie de la transmission sonore est effectuée par voie aérienne et qu'une partie est transmise par voie solidienne. La cabine standard n'est pas équipée d'un découplage vibratoire pouvant réduire les chemins de propagation solidienne [4]. S'équiper de ce type de matériau aurait un coût trop important.

La paroi de cette cabine audiométrique permet donc un très bon isolement dans les fréquences aigües ainsi qu'un isolement assez faible surtout dans les fréquences extrêmes graves.

3.1.5. Panel des sujets

Les essais audiométriques au sein de la Faculté de Pharmacie ont été réalisés sur les mêmes sujets testés à l'INRS. Le groupe de personnes comprend une femme et quatre hommes otologiquement sains. Il s'agit donc de Monsieur V, Monsieur W, Madame X, Monsieur Y et Monsieur Z.

3.2. Audiométrie tonale liminaire

La cabine standard est équipée d'une vitrine sur l'une des parois, le sujet peut effectuer un signe de la main vers l'opérateur en cas de problème quelconque. Les audiométries réalisées à la Faculté de Pharmacie ont été pratiquées trois semaines après celles pratiquées au sein de l'INRS. De cette manière, l'anamnèse de chaque sujet a été opérée précédemment. Une question leur a été posée concernant une éventuelle modification depuis la dernière visite concernant leur état de santé.

Dans une des salles de Travaux Pratiques de la Faculté, se trouve un vidéo-otoscope Aurical Otocam 300 (figure 59). Une otoscopie a été réalisée en cas d'un éventuel changement depuis la fois précédente.



Figure 59: Vidéo-otoscope Aurical Otocam 300

Une audiométrie tonale liminaire est effectuée sur les cinq sujets (cf. rappel 1.10. Audiométrie tonale liminaire).

Chaque épreuve a été réalisée une fois, étant donné la longueur des tests et l'ajout de tests supplémentaires (dégradation de 5 dB HL de perte tonale moyenne par augmentation du bruit de fond et l'impact d'un bruit de fond de 40 dB A sur les courbes audiométriques).

Ainsi, une audiométrie tonale liminaire au casque, une audiométrie en champ libre et une audiométrie par voie osseuse ont été effectuées sur chaque sujet. Le pas de l'audiomètre est de 1 dB pour bénéficier de résultats très précis contrairement au pas de 5 dB HL, utilisé de manière courante.

3.2.1. En conduction aérienne

3.2.1.1. Au casque

L'audiométrie tonale liminaire est réalisée à l'aide de l'audiomètre Otometrics Madsen Astera et du casque TDH39. Le casque est mis en place conformément à la réglementation.

Les résultats des différentes audiométries au casque sont rassemblés dans le tableau 18.

Monsieur V														
	Oreille Droite							Oreille Gauche						
	125 Hz	250 Hz	500 Hz	1000 Hz	2000 Hz	4000 Hz	8000 Hz	125 Hz	250 Hz	500 Hz	1000 Hz	2000 Hz	4000 Hz	8000 Hz
Test 1 (dB HL)	1	-1	2	-4	4	-2	-6	1	-1	4	-5	-5	5	-10
PTM (dB HL)	1							-2						

Monsieur W														
	Oreille Droite							Oreille Gauche						
	125 Hz	250 Hz	500 Hz	1000 Hz	2000 Hz	4000 Hz	8000 Hz	125 Hz	250 Hz	500 Hz	1000 Hz	2000 Hz	4000 Hz	8000 Hz
Test 1 (dB HL)	0	1	4	2	0	0	2	-1	3	0	0	-3	-3	1
PTM (dB HL)	2							-1						

Madame X														
	Oreille Droite							Oreille Gauche						
	125 Hz	250 Hz	500 Hz	1000 Hz	2000 Hz	4000 Hz	8000 Hz	125 Hz	250 Hz	500 Hz	1000 Hz	2000 Hz	4000 Hz	8000 Hz
Test 1 (dB HL)	1	3	3	6	-4	3	3	3	1	-1	0	-2	-2	1
PTM (dB HL)	2							-1						

Monsieur Y														
	Oreille Droite							Oreille Gauche						
	125 Hz	250 Hz	500 Hz	1000 Hz	2000 Hz	4000 Hz	8000 Hz	125 Hz	250 Hz	500 Hz	1000 Hz	2000 Hz	4000 Hz	8000 Hz
Test 1 (dB HL)	5	4	3	0	1	-4	-4	9	7	3	-6	-4	-5	6
PTM (dB HL)	1							-2						

Monsieur Z														
	Oreille Droite							Oreille Gauche						
	125 Hz	250 Hz	500 Hz	1000 Hz	2000 Hz	4000 Hz	8000 Hz	125 Hz	250 Hz	500 Hz	1000 Hz	2000 Hz	4000 Hz	8000 Hz
Test 1 (dB HL)	-4	-7	-4	-8	-11	-6	0	-1	-5	-5	-6	-1	2	-2
PTM (dB HL)	-8							-4						

Tableau 18 : Résultats de l'audiométrie tonale liminaire au casque

On remarque ici que les sujets testés au casque présentent des niveaux d'audition extrêmement faibles. La Perte Tonale Moyenne (PTM) peut descendre jusqu'à -8 dB HL pour l'oreille droite de Monsieur Z.

3.2.1.2. En champ acoustique libre

L'audiomètre Otometrics Madsen Astera est relié à deux haut-parleurs situés dans la cabine insonorisée. L'audiomètre est étalonné par rapport au niveau d'audition et non pas par rapport au niveau de pression acoustique contrairement au banc d'essais de la salle BESA. Ainsi, les niveaux de pression acoustique relevés sont mesurés en dB HL.

Le sujet est installé sur un siège face aux deux haut-parleurs, l'un situé en haut à gauche et l'autre en haut à droite. L'écoute s'effectue donc de manière binaurale. Le champ acoustique de la cabine insonorisée est dit champ libre.

L'ensemble des données recueillies a été inséré dans le tableau 19 suivant.

Monsieur V							
	125 Hz	250 Hz	500 Hz	1000 Hz	2000 Hz	4000 Hz	8000 Hz
Test 1 (dB HL)	0	-4	3	-3	4	1	-10
PTM binaurale (dB HL)	1						
Monsieur W							
	125 Hz	250 Hz	500 Hz	1000 Hz	2000 Hz	4000 Hz	8000 Hz
Test 1 (dB HL)	3	-2	3	1	4	4	-5
PTM binaurale (dB HL)	3						
Madame X							
	125 Hz	250 Hz	500 Hz	1000 Hz	2000 Hz	4000 Hz	8000 Hz
Test 1 (dB HL)	-5	-6	3	5	4	6	-10
PTM binaurale (dB HL)	4						
Monsieur Y							
	125 Hz	250 Hz	500 Hz	1000 Hz	2000 Hz	4000 Hz	8000 Hz
Test 1 (dB HL)	-3	-4	0	0	0	4	-10
PTM binaurale (dB HL)	0						
Monsieur Z							
	125 Hz	250 Hz	500 Hz	1000 Hz	2000 Hz	4000 Hz	8000 Hz
Test 1 (dB HL)	-4	-9	-6	-4	-1	2	-10
PTM binaurale (dB HL)	-4						

Tableau 19 : Résultats de l'audiométrie tonale liminaire en champ acoustique libre

Dans cette étude, les sujets testés en champ acoustique libre présentent des niveaux d'audition extrêmement faibles. Dans ces conditions, la Perte Tonale Moyenne (PTM) binaurale peut descendre jusqu'à - 4 dB HL pour Monsieur Z.

3.2.2. En conduction osseuse

L'audiométrie liminaire en conduction osseuse est réalisée sur les fréquences suivantes : 250 Hz, 500 Hz, 1000 Hz, 2000 Hz et 4000 Hz.

Le même protocole employé lors des essais audiométriques en conduction osseuse à l'INRS a été utilisé à la Faculté de Pharmacie.

Après le dépouillement des données, le tableau 20 a été dressé.

Monsieur V										
	Oreille Droite					Oreille Gauche				
	250 Hz	500 Hz	1000 Hz	2000 Hz	4000 Hz	250 Hz	500 Hz	1000 Hz	2000 Hz	4000 Hz
Test 1 (dB HL)	-10	-8	-10	0	-10	4	5	-4	-2	-1
PTM (dB HL)	-6					0				
Monsieur W										
	Oreille Droite					Oreille Gauche				
	250 Hz	500 Hz	1000 Hz	2000 Hz	4000 Hz	250 Hz	500 Hz	1000 Hz	2000 Hz	4000 Hz
Test 1 (dB HL)	-10	3	-3	-2	-2	-10	-2	-1	3	-10
PTM (dB HL)	-1					0				
Madame X										
	Oreille Droite					Oreille Gauche				
	250 Hz	500 Hz	1000 Hz	2000 Hz	4000 Hz	250 Hz	500 Hz	1000 Hz	2000 Hz	4000 Hz
Test 1 (dB HL)	-5	5	2	-6	-10	-4	-3	0	2	-1
PTM (dB HL)	0					0				
Monsieur Y										
	Oreille Droite					Oreille Gauche				
	250 Hz	500 Hz	1000 Hz	2000 Hz	4000 Hz	250 Hz	500 Hz	1000 Hz	2000 Hz	4000 Hz
Test 1 (dB HL)	-8	-10	-8	-1	-10	3	-8	-9	-1	-10
PTM (dB HL)	-6					-6				
Monsieur Z										
	Oreille Droite					Oreille Gauche				
	250 Hz	500 Hz	1000 Hz	2000 Hz	4000 Hz	250 Hz	500 Hz	1000 Hz	2000 Hz	4000 Hz
Test 1 (dB HL)	-5	2	-10	-10	-5	-4	-1	-7	-4	-10
PTM (dB HL)	-6					-4				

Tableau 20 : Résultats de l'audiométrie tonale liminaire au vibreur

Enfin, au cours de cette étude, les sujets testés en conduction osseuse présentent des niveaux d'audition particulièrement faibles. En effet, la Perte Tonale Moyenne (PTM) peut descendre jusqu'à - 6 dB HL pour l'oreille droite de Monsieur V, les oreilles droite et gauche de Monsieur Y ainsi que pour l'oreille droite de Monsieur Z.

En conclusion de cette étude clinique au sein de la cabine insonorisée de la Faculté de Pharmacie, le niveau de bruit de fond au sein de la salle d'essais de **24 dB A** permet de mesurer des seuils d'audition relativement faibles, tout comme les audiométries pratiquées au sein de la salle BESA de l'INRS.

La quatrième partie de ce manuscrit sera consacrée à l'étude comparative des résultats des deux études cliniques ainsi que de l'analyse d'expériences multiples menées lors de la réalisation de ce mémoire.

Partie IV : Résultats des différentes expériences

4.1. Concordance des résultats des deux études cliniques

4.1.1. En conduction aérienne

4.1.1.1. Au casque

On remarque que dans la plupart des cas la PTM de l'audiométrie tonale liminaire au casque réalisée à l'INRS est inférieure à celle réalisée à la Faculté de Pharmacie. Effectivement, le niveau du bruit de fond de la salle d'essai du BESA située à l'INRS (**4,6 dB A**) est très faible par rapport à celui mesuré dans la cabine insonorisée à la Faculté de Pharmacie (**24 dB A**).

L'écart maximum entre la PTM mesurée à l'INRS et à la Pharmacie est de 4 dB HL.

Ces résultats sont donc assez concordants (tableau 21).

Monsieur V														
	Oreille Droite							Oreille Gauche						
	125 Hz	250 Hz	500 Hz	1000 Hz	2000 Hz	4000 Hz	8000 Hz	125 Hz	250 Hz	500 Hz	1000 Hz	2000 Hz	4000 Hz	8000 Hz
INRS (dB HL)	1	2	0	-3	1	1	-5	2	1	6	-1	-4	6	-11
PTM (dB HL)	-1							0						
Faculté (dB HL)	1	-1	2	-4	4	-2	-6	1	-1	4	-5	-5	5	-10
PTM (dB HL)	1							-2						
Différence PTM Fac - INRS (dB HL)	1							-2						
Monsieur W														
	Oreille Droite							Oreille Gauche						
	125 Hz	250 Hz	500 Hz	1000 Hz	2000 Hz	4000 Hz	8000 Hz	125 Hz	250 Hz	500 Hz	1000 Hz	2000 Hz	4000 Hz	8000 Hz
INRS (dB HL)	1	0	3	1	-3	-1	6	5	6	4	-3	-6	-5	0
PTM (dB HL)	1							-2						
Faculté (dB HL)	0	1	4	2	0	0	2	-1	3	0	0	-3	-3	1
PTM (dB HL)	2							-1						
Différence PTM Fac - INRS (dB HL)	1							1						
Madame X														
	Oreille Droite							Oreille Gauche						
	125 Hz	250 Hz	500 Hz	1000 Hz	2000 Hz	4000 Hz	8000 Hz	125 Hz	250 Hz	500 Hz	1000 Hz	2000 Hz	4000 Hz	8000 Hz
INRS (dB HL)	2	1	5	7	-1	1	3	3	-1	-4	5	4	4	5
PTM (dB HL)	4							2						
Faculté (dB HL)	1	3	3	6	-4	3	3	3	1	-1	0	-2	-2	1
PTM (dB HL)	2							-1						
Différence PTM Fac - INRS (dB HL)	-2							-3						
Monsieur Y														
	Oreille Droite							Oreille Gauche						
	125 Hz	250 Hz	500 Hz	1000 Hz	2000 Hz	4000 Hz	8000 Hz	125 Hz	250 Hz	500 Hz	1000 Hz	2000 Hz	4000 Hz	8000 Hz
INRS (dB HL)	-2	0	2	-3	-2	-9	-6	0	-2	-2	-8	-8	-6	3
PTM (dB HL)	-1							-6						
Faculté (dB HL)	5	4	3	0	1	-4	-4	9	7	3	-6	-4	-5	6
PTM (dB HL)	1							-2						
Différence PTM Fac - INRS (dB HL)	2							4						
Monsieur Z														
	Oreille Droite							Oreille Gauche						
	125 Hz	250 Hz	500 Hz	1000 Hz	2000 Hz	4000 Hz	8000 Hz	125 Hz	250 Hz	500 Hz	1000 Hz	2000 Hz	4000 Hz	8000 Hz
INRS (dB HL)	0	-2	-2	-8	-5	-2	-3	2	0	-2	-10	-2	-2	0
PTM (dB HL)	-5							-5						
Faculté (dB HL)	-4	-7	-4	-8	-11	-6	0	-1	-5	-5	-6	-1	2	-2
PTM (dB HL)	-8							-4						
Différence PTM Fac - INRS (dB HL)	-3							1						

Tableau 21 : Comparaison de l'audiométrie tonale liminaire au casque des deux études cliniques

4.1.1.2. En champ acoustique libre/diffus

Il relève ici encore des résultats de cette étude que la PTM de l'audiométrie tonale liminaire en champ acoustique réalisée à l'INRS est inférieure à celle réalisée à la Faculté de Pharmacie. La salle d'essais du BESA est considérée comme une valeur de référence dans laquelle le niveau de bruit de fond est de **4,6 dB A**. Ce niveau de bruit de fond est très faible par rapport à celui mesuré dans la cabine insonorisée à la Faculté de Pharmacie (**24 dB A**). On remarque ici aussi que l'écart maximum entre la PTM binaurale mesurée à l'INRS et à la Pharmacie est de 4 dB HL. Dans ces conditions, les résultats sont tout à fait concordants (tableau 22).

Monsieur V							
	125 Hz	250 Hz	500 Hz	1000 Hz	2000 Hz	4000 Hz	8000 Hz
INRS (dB HL)	-5	-3	-3	-1	-4	0	-12
PTM binaurale (dB HL)	-3						
Faculté (dB HL)	0	-4	3	-3	4	1	-10
PTM binaurale (dB HL)	1						
Différence PTM Fac - INRS (dB HL)	4						
Monsieur W							
	125 Hz	250 Hz	500 Hz	1000 Hz	2000 Hz	4000 Hz	8000 Hz
INRS (dB HL)	2	-1	3	-1	-3	1	-5
PTM binaurale (dB HL)	0						
Faculté (dB HL)	3	-2	3	1	4	4	-5
PTM binaurale (dB HL)	3						
Différence PTM Fac - INRS (dB HL)	3						
Madame X							
	125 Hz	250 Hz	500 Hz	1000 Hz	2000 Hz	4000 Hz	8000 Hz
INRS (dB HL)	-4	-4	1	7	3	1	0
PTM binaurale (dB HL)	4						
Faculté (dB HL)	-5	-6	3	5	4	6	-10
PTM binaurale (dB HL)	4						
Différence PTM Fac - INRS (dB HL)	0						
Monsieur Y							
	125 Hz	250 Hz	500 Hz	1000 Hz	2000 Hz	4000 Hz	8000 Hz
INRS (dB HL)	-1	-6	-4	-5	-3	0	-7
PTM binaurale (dB HL)	-4						
Faculté (dB HL)	-3	-4	0	0	0	4	-10
PTM binaurale (dB HL)	0						
Différence PTM Fac - INRS (dB HL)	4						
Monsieur Z							
	125 Hz	250 Hz	500 Hz	1000 Hz	2000 Hz	4000 Hz	8000 Hz
INRS (dB HL)	-7	-5	-4	-6	-4	0	-6
PTM binaurale (dB HL)	-5						
Faculté (dB HL)	-4	-9	-6	-4	-1	2	-10
PTM binaurale (dB HL)	-4						
Différence PTM Fac - INRS (dB HL)	1						

Tableau 22 : Comparaison de l'audiométrie tonale liminaire en champ acoustique des deux études cliniques

4.1.2. En conduction osseuse

L'écart maximum entre la PTM mesurée à l'INRS et à la Pharmacie est de 5 dB HL. Ces résultats sont donc assez concordants (tableau 23). On note tout de même sur certaines fréquences des écarts assez élevés. Le positionnement de l'ossovibrateur sur la mastoïde peut influencer les résultats. Le tableau 8 tiré de la norme ISO 389-3 indique les différences de niveaux de référence équivalents de force liminaire entre un positionnement du vibreur sur le front et sur la mastoïde [16]. Une différence maximale de 14 dB est notifiée sur la fréquence 500 Hz. On peut donc penser qu'un positionnement aléatoire sur la mastoïde peut révéler certaines différences.

Monsieur V										
	Oreille Droite					Oreille Gauche				
	250 Hz	500 Hz	1000 Hz	2000 Hz	4000 Hz	250 Hz	500 Hz	1000 Hz	2000 Hz	4000 Hz
INRS (dB HL)	-5	-2	-13	1	-10	-3	5	-6	-4	-5
PTM (dB HL)	-5					-2				
Faculté (dB HL)	-10	-8	-10	0	-10	4	5	-4	-2	-1
PTM (dB HL)	-6					0				
Différence PTM Fac - INRS (dB HL)	-1					0				

Monsieur W										
	Oreille Droite					Oreille Gauche				
	250 Hz	500 Hz	1000 Hz	2000 Hz	4000 Hz	250 Hz	500 Hz	1000 Hz	2000 Hz	4000 Hz
INRS (dB HL)	-1	11	-3	1	-5	2	6	-5	8	-11
PTM (dB HL)	3					3				
Faculté (dB HL)	-10	3	-3	-2	-2	-10	-2	-1	3	-10
PTM (dB HL)	-1					0				
Différence PTM Fac - INRS (dB HL)	-4					0				

Madame X										
	Oreille Droite					Oreille Gauche				
	250 Hz	500 Hz	1000 Hz	2000 Hz	4000 Hz	250 Hz	500 Hz	1000 Hz	2000 Hz	4000 Hz
INRS (dB HL)	-6	11	2	-9	-1	-8	-9	-10	7	7
PTM (dB HL)	1					-4				
Faculté (dB HL)	-5	5	2	-6	-10	-4	-3	0	2	-1
PTM (dB HL)	0					0				
Différence PTM Fac - INRS (dB HL)	-1					0				

Monsieur Y										
	Oreille Droite					Oreille Gauche				
	250 Hz	500 Hz	1000 Hz	2000 Hz	4000 Hz	250 Hz	500 Hz	1000 Hz	2000 Hz	4000 Hz
INRS (dB HL)	-12	-7	2	-1	-10	6	-3	1	-4	-11
PTM (dB HL)	-2					-2				
Faculté (dB HL)	-8	-10	-8	-1	-10	3	-8	-9	-1	-10
PTM (dB HL)	-6					-6				
Différence PTM Fac - INRS (dB HL)	-5					0				

Monsieur Z										
	Oreille Droite					Oreille Gauche				
	250 Hz	500 Hz	1000 Hz	2000 Hz	4000 Hz	250 Hz	500 Hz	1000 Hz	2000 Hz	4000 Hz
INRS (dB HL)	-14	-10	-13	-10	-10	-9	-8	-1	-8	-11
PTM (dB HL)	-11					-6				
Faculté (dB HL)	-5	2	-10	-10	-5	-4	-1	-7	-4	-10
PTM (dB HL)	-6					-4				
Différence PTM Fac - INRS (dB HL)	5					0				

Tableau 23 : Comparaison de l'audiométrie tonale liminaire au vibreur des deux études cliniques

4.2. Etude comparative des niveaux de pression acoustique maximaux admissibles aux bruits de fond des salles audiométriques testées

4.2.1. Norme ISO 8253-1 [1]

4.2.1.1. Audiométrie tonale liminaire en conduction aérienne

A l'aide du tableau 2 (p. 15), les niveaux de pression acoustique ambiants maximaux admissibles L_{max} ont été tracés par bande de tiers d'octave pour l'audiométrie en conduction aérienne. Les niveaux de bruit de fond de la salle d'essais du BESA au sein de l'INRS et le niveau de bruit de fond de la cabine standard de la Faculté de Pharmacie ont également été représentés (figure 60).

On remarque que le bruit de fond de la salle d'essais du BESA est sur tout le spectre en dessous du dB physique minimum de 0 dB SPL. Il respecte donc entièrement la norme ISO 8253-1.

Le bruit de fond de la cabine standard de la Faculté de Pharmacie respecte également cette norme, à l'exception de deux émergences spectrales situées sur les fréquences 100 Hz et 200 Hz. On peut penser que la fréquence 100 Hz est la fréquence fondamentale de résonance mécanique propre du local (excitation des modes propres) et la fréquence 200 Hz représente une de ses harmoniques. La fréquence fondamentale de résonance mécanique propre du local d'examen résulte de la masse du local et de la raideur du système d'amortissement des vibrations mécaniques de basse fréquence.

L'écart-type de la fréquence 100 Hz est de 5,8 dB et celui de la fréquence 200 Hz est de 6,4 dB d'après le tableau 16. On remarque un écart-type assez élevé de ces deux fréquences. On peut donc penser également à une perturbation lors des trois mesures du bruit de fond effectuées, due à la mise en route de l'ascenseur ou autre. La fréquence 100 Hz possède une émergence de 6,7 dB SPL et la fréquence 200 Hz possède une émergence de 6,9 dB SPL par rapport à la norme (tableau 3 et tableau 16).

L'affaiblissement moyen de perception sonore des écouteurs supra-auraux courants a été tracé. Le casque TDH 39 procure une atténuation importante dans les fréquences aigües. L'allure de cette courbe sur les fréquences intermédiaires et les fréquences aigües suit l'allure de la courbe des niveaux de pression acoustique ambiants maximaux admissibles.

En conclusion, le niveau de bruit de la salle d'essais du BESA de **4,6 dB A** et le niveau de bruit de la cabine standard de la Faculté de Pharmacie de **24 dB A** sont très inférieurs au niveau de bruit en dB A associé aux niveaux de pression acoustique ambiants maximaux admissibles en conduction aérienne de **43,2 dB A**.

Ces deux salles audiométriques respectent donc cette partie de la norme 8253-1.

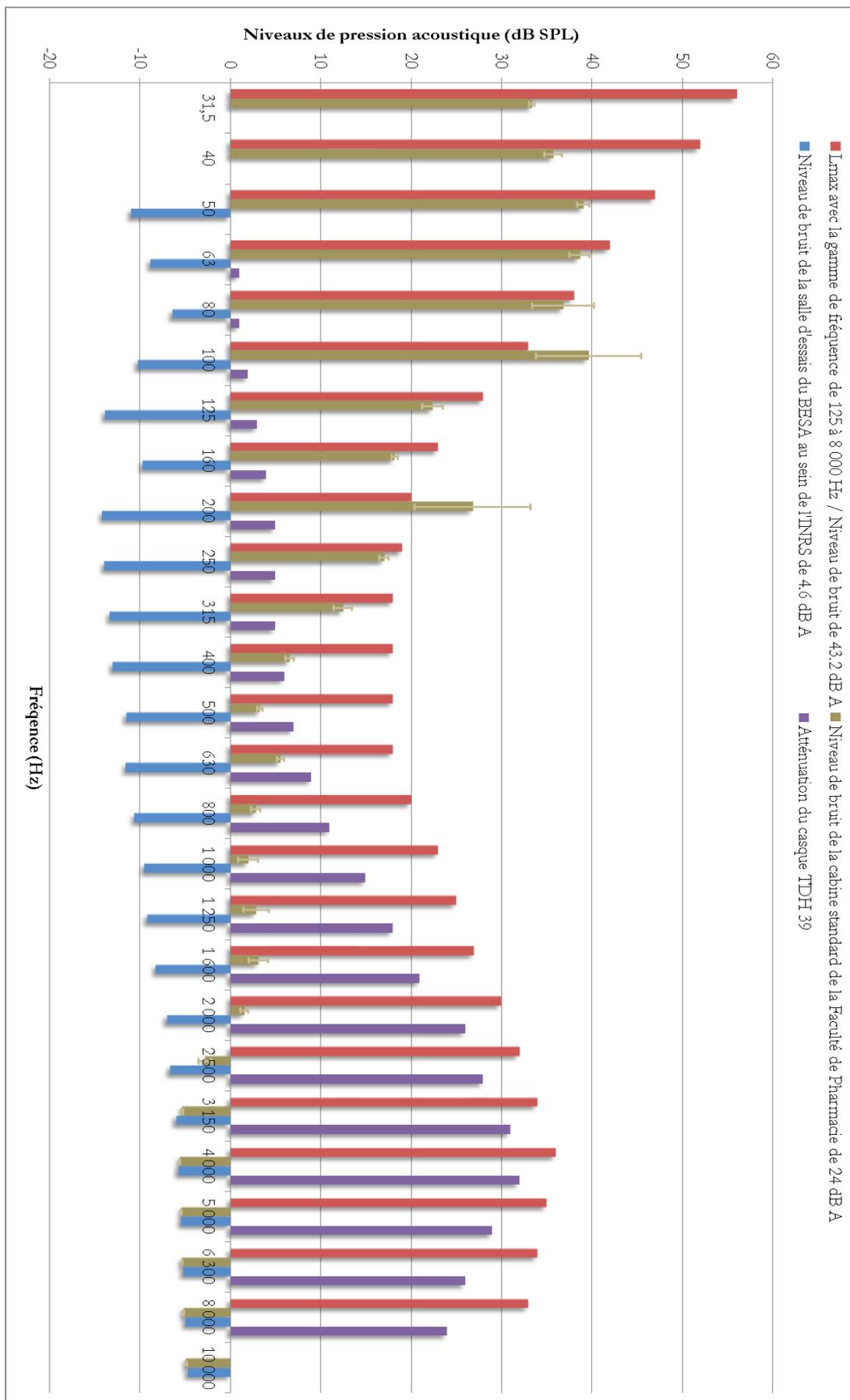


Figure 60: Comparaison de la mesure du niveau de bruit en dB A associé aux niveaux de pression acoustique ambiants maximaux admissibles pour une audiométrie tonale liminaire au casque avec le niveau de bruit en dB A des deux salles audiométriques étudiées

4.2.1.2. Audiométrie tonale liminaire en conduction osseuse

A l'aide du tableau 4, les niveaux de pression acoustique ambiants maximaux admissibles L'_{max} ont été tracés par bande de tiers d'octave pour l'audiométrie en conduction osseuse. Les niveaux de bruit de fond de la salle d'essais du BESA au sein de l'INRS et le niveau de bruit de fond de la cabine standard de la Faculté de Pharmacie ont également été représentés (figure 61).

On remarque que le bruit de fond de la salle d'essais du BESA est sur tout le spectre en dessous du dB physique minimum de 0 dB SPL. Il respecte donc entièrement la norme ISO 8253-1.

Le bruit de fond de la cabine standard de la Faculté de Pharmacie respecte également cette norme, à l'exception de quatre émergences spectrales situées sur les fréquences 100 Hz, 200 Hz, 250 Hz et 315 Hz. Comme précédemment, la fréquence 100 Hz fait penser à une fréquence de résonance mécanique du local (excitation des modes propres) et la fréquence 200 Hz représente une de ses harmoniques. L'écart-type de ces deux fréquences est assez élevé, la fréquence 100 Hz a un écart-type de 5,8 dB et la fréquence 200 Hz a un écart-type de 6,4 dB d'après le tableau 16. La fréquence 100 Hz possède une émergence de 4,7 dB SPL et la fréquence 200 Hz possède une émergence de 11,9 dB SPL par rapport à la norme (tableau 5 et tableau 16).

Les fréquences 250 Hz et 315 Hz ont un faible écart-type. La fréquence 250 Hz a un écart-type de 0,5 dB et la fréquence 315 Hz a un écart-type de 1,0 dB d'après le tableau 16. La fréquence 250 Hz possède une émergence de 4,1 dB SPL et la fréquence 315 Hz possède une émergence de 2,5 dB SPL par rapport à la norme (tableau 5 et tableau 16). Ces émergences spectrales sont assez faibles.

En conclusion, le niveau de bruit de la salle d'essais du BESA de **4,6 dB A** et le niveau de bruit de la cabine standard de la Faculté de Pharmacie de **24 dB A** sont inférieurs au niveau de bruit en dB A associé aux niveaux de pression acoustique ambiants maximaux admissibles en conduction osseuse de **28,5 dB A**.

Ces deux salles audiométriques respectent donc cette partie de la norme 8253-1.

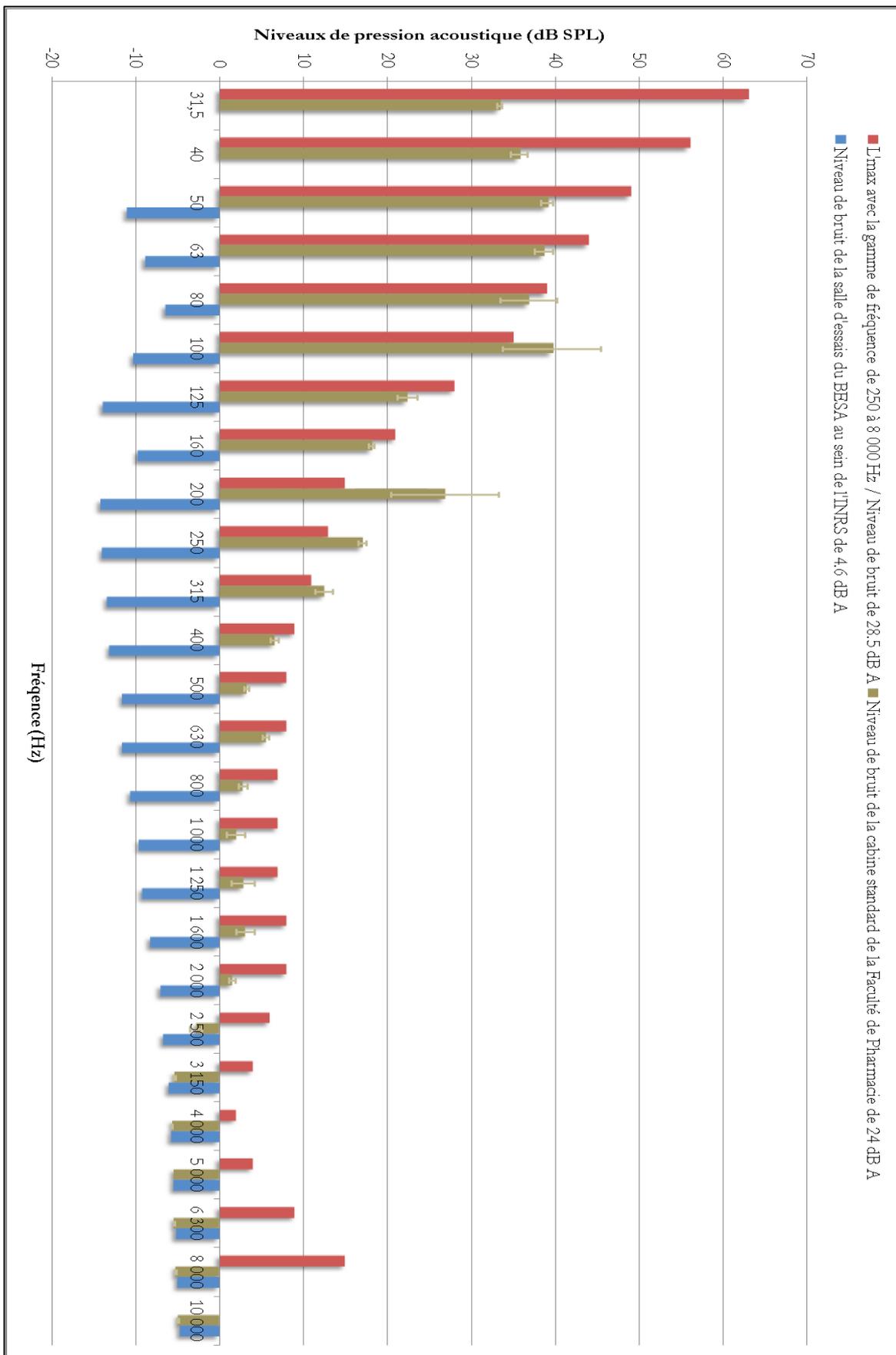


Figure 61: Comparaison de la mesure du niveau de bruit en dB A associé aux niveaux de pression acoustique ambiants maximaux admissibles pour une audiométrie tonale liminaire en conduction ossense avec le niveau de bruit en dB A des deux salles audiométriques étudiées

4.2.2. Norme ISO 8253-2 [1]

A l'aide du tableau 6 (p. 19), les niveaux de pression acoustique ambiants maximaux admissibles L''_{max} ont été tracés par bande de tiers d'octave pour l'audiométrie en champ acoustique. Les niveaux de bruit de fond de la salle d'essais du BESA au sein de l'INRS et le niveau de bruit de fond de la cabine standard de la Faculté de Pharmacie ont également été représentés (figure 62).

On remarque que le bruit de fond de la salle d'essais du BESA est sur tout le spectre en dessous du dB physique minimum de 0 dB SPL. Il respecte donc entièrement la norme ISO 8253-2.

Le bruit de fond de la cabine standard de la Faculté de Pharmacie ne respecte pas cette norme. En effet, la quasi-totalité des fréquences extrêmes graves possède une émergence spectrale par rapport aux valeurs de référence de la norme ISO 8253-2.

En conclusion, le niveau de bruit de la **salle d'essais du BESA de 4,6 dB A** est très inférieur au niveau de bruit en dB A associé aux niveaux de pression acoustique ambiants maximaux admissibles de **19,6 dB A**.

Cette salle audiométrique respecte donc cette partie de la norme 8253-2.

Par contre, le niveau de bruit de **la cabine standard de la Faculté de Pharmacie de 24 dB A** est légèrement supérieur au niveau de bruit en dB A associé aux niveaux de pression acoustique ambiants maximaux admissibles en champ acoustique de **19,6 dB A**, de 4,4 dB A.

Cette salle audiométrique ne respecte donc pas cette partie de la norme 8253-2.

L'expérience suivante va permettre de déterminer le niveau de bruit de fond qui induit une dégradation de la Perte Tonale Moyenne (PTM) de 5 dB HL dans les trois audiométries différentes.

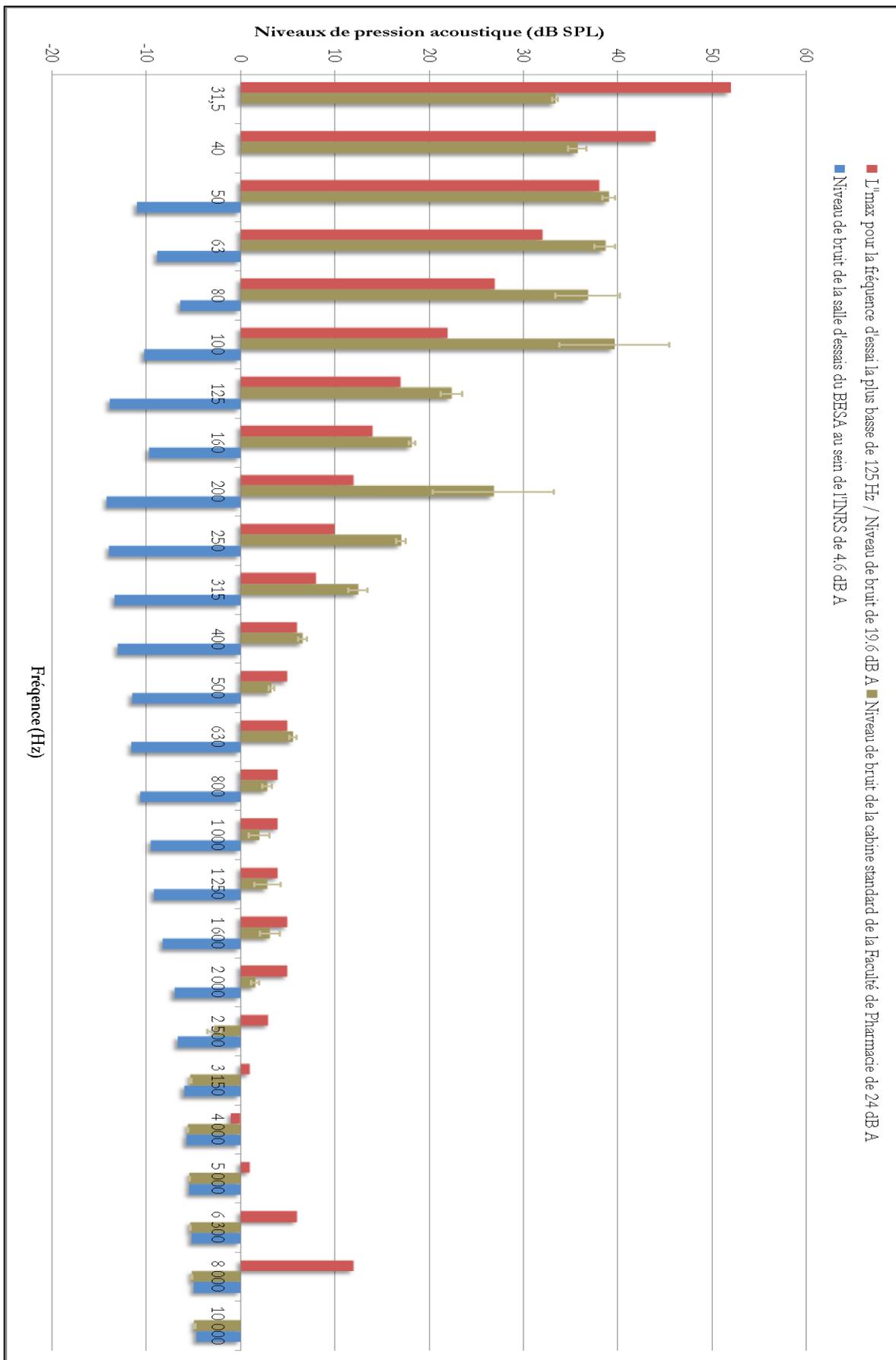


Figure 62: Comparaison de la mesure du niveau de bruit en dB A associé aux niveaux de pression acoustique ambiants maximaux admissibles pour une audiométrie tonale liminaire en champ acoustique avec le niveau de bruit en dB A des deux salles audiométriques étudiées

4.3. Dégradation de la perte tonale moyenne de 5 dB HL par augmentation du bruit de fond

L'étude est réalisée à la Faculté de Pharmacie au sein de la cabine insonorisée qui représente une cabine standard utilisée par les audioprothésistes. Il s'agit de découvrir pour chaque sujet le niveau de bruit de fond global (**bruit de fond existant de la cabine associé à un type de bruit surajouté = bruit composé**) qui entraîne une dégradation de la perte tonale moyenne de 5 dB HL. Le bruit de fond réel est donc modifié volontairement selon le type d'audiométrie réalisé au casque, par le biais du vibreur et en champ libre.

Le haut-parleur Klein + Hummel 0110 est disposé de la même manière que lors de la mesure de l'indice d'affaiblissement brut de la cabine standard (figure 56). Il est relié à un ordinateur PC émettant un bruit rose par l'intermédiaire du logiciel Windows Media Player (cf. rappel 1.9. Bruit rose). Par l'intermédiaire du curseur sur Windows Media Player, le niveau du signal émis est modifié jusqu'à obtenir une dégradation de la perte tonale moyenne de 5 dB HL. Il est difficile de trouver le niveau de bruit composé qui induit une dégradation de la PTM de 5 dB HL précisément. Les résultats obtenus font donc apparaître des nombres décimaux.

Le microphone faible bruit B&K de type 4179 associé à son préamplificateur B&K de type 2660 est positionné dans la cabine standard (figure 48). Ce microphone est connecté à l'amplificateur de mesure B&K de type 2636. Le système d'acquisition Orchestra est relié à l'amplificateur de mesure. Il enregistre les signaux du microphone faible bruit, plus précisément il regroupe en un seul signal le bruit de fond réel de la cabine standard et le bruit rose émis par le haut-parleur. Lors de l'expérience ce type de bruit sera appelé « **bruit composé** ». Le bruit composé a été mesuré à trois reprises pour bénéficier de résultats plus précis.

La dégradation de la perte tonale moyenne de 5 dB HL a été calculée à l'aide de la formule suivante :

$$D = \frac{(500 + 1\,000 + 2\,000)_{abc} - (500 + 1\,000 + 2\,000)_{min}}{3} = 5 \text{ dB HL} \quad (10)$$

avec D : dégradation de la perte tonale moyenne en dB HL

abc : seuil d'audition en dB HL aux fréquences 500 Hz, 1 000 Hz et 2 000 Hz dégradé par le bruit composé

min : seuil d'audition minimal en dB HL aux fréquences 500 Hz, 1 000 Hz et 2 000 Hz

4.3.1. Résultats obtenus sur l'audiométrie au casque

Le niveau du bruit composé a été enregistré lors de l'audiométrie tonale liminaire, mesuré par l'intermédiaire du casque TDH 39. Les sujets testés sont les suivants : Monsieur V, Monsieur W, Monsieur Y et Monsieur Z. Les résultats des audiométries sont relevés dans le tableau 24.

Les dégradations obtenues de la PTM avoisinent les 5 dB HL, elles sont induites par un niveau de bruit composé ajusté, différent selon chaque sujet :

- Monsieur V présente une dégradation de la perte tonale moyenne de 5 dB HL sur l'oreille droite et de 5,3 dB HL sur l'oreille gauche pour un niveau du bruit composé de 48 dB A (Annexe 5).

- Monsieur W présente une dégradation de la perte tonale moyenne de 5,2 dB HL sur l'oreille droite et de 6,3 dB HL sur l'oreille gauche pour un niveau du bruit composé de 40,1 dB A (Annexe 6).

- Monsieur Y présente une dégradation de la perte tonale moyenne de 5 dB HL sur l'oreille droite pour un niveau du bruit composé de 38,3 dB A (Annexe 7) et une dégradation de la perte tonale moyenne de 5,3 dB HL sur l'oreille gauche pour un niveau du bruit composé de 34,1 dB A (Annexe 8).

- Monsieur Z présente une dégradation de la perte tonale moyenne de 5 dB HL sur l'oreille droite et de 5 dB HL sur l'oreille gauche pour un niveau du bruit composé de 39,4 dB A (Annexe 9).

La dégradation de la perte tonale moyenne de ces huit oreilles est de 5,3 dB HL. Le niveau du bruit composé moyen qui induit cette dégradation est de 40 dB A. Il est calculé à l'aide des cinq bruits composés mesurés et de la formule 2 (p. 5) (tableau 25). L'écart-type des cinq bruits composés mesurés est également représenté dans ce tableau.

Sujet	Test	Oreille Droite							Oreille gauche						
		125 Hz	250 Hz	500 Hz	1000 Hz	2000 Hz	4000 Hz	8000 Hz	125 Hz	250 Hz	500 Hz	1000 Hz	2000 Hz	4000 Hz	8000 Hz
Monsieur V	seuil d'audition minimal	1	-1	2	-4	4	-2	-6	1	-1	4	-5	-5	5	-10
	PTM (dB HL)	0,7							-2,0						
	seuil d'audition dégradé	8	6	8	2	7	-1	-3	10	5	9	1	0	9	-10
	PTM (dB HL)	5,7							3,3						
	dégradation de la PTM de	5 dB HL							5,3 dB HL						
Monsieur W	seuil d'audition minimal	0	1	4	2	0	0	2	-1	3	0	0	-3	-3	1
	PTM (dB HL)	2,0							-1,0						
	seuil d'audition dégradé	13	13	14	7	1	-3	2	13	16	12	4	0	-2	4
	PTM (dB HL)	7,2							5,3						
	dégradation de la PTM de	5,2 dB HL							6,3 dB HL						
Monsieur Y	seuil d'audition minimal	5	4	3	0	1	-4	-4	9	7	3	-6	-4	-5	6
	PTM (dB HL)	1,3							-2,3						
	seuil d'audition dégradé	11	11	13	4	2	-2	-4	13	12	11	0	-2	-3	7
	PTM (dB HL)	6,3							3,0						
	dégradation de la PTM de	5 dB HL							5,3 dB HL						
Monsieur Z	seuil d'audition minimal	-4	-7	-4	-8	-11	-6	0	-1	-5	-5	-6	-1	2	-2
	PTM (dB HL)	-7,7							-4,0						
	seuil d'audition dégradé	0	4	8	-7	-9	-3	3	3	6	6	-2	-1	6	-1
	PTM (dB HL)	-2,7							1,0						
	dégradation de la PTM de	5 dB HL							5 dB HL						
PTM des 8 oreilles 5,3 dB HL															

Tableau 24 : Dégradation de la PTM de 5 dB HL au cours de l'audiométrie tonale liminaire pratiquée à l'aide du casque

Synthèse des 4 sujets soit 8 oreilles avec une moyenne de la PTM de 5,3 dB HL.

Fréquence (Hz)	Ecart-type des 3 mesures du bruit de fond de la cabine	Moyenne du bruit de fond de la cabine en dB SPL	Moyenne du bruit composé de Mr V en dB SPL	Moyenne du bruit composé de Mr W en dB SPL	Moyenne du bruit composé de Mr Y OD en dB SPL	Moyenne du bruit composé de Mr Y OG en dB SPL	Moyenne du bruit composé de Mr Z en dB SPL	Ecart-type des 5 mesures du bruit composé	1	2	1+2
									Moyenne du bruit composé I_T en dB SPL	Pondération A	Niveaux de pression acoustique I_T pondérés A
315	0,3	33,4	34,0	31,2	35,7	33,2	30,7	2,1	33,0	-39,4	-6,4
40	1,0	35,8	47,2	38,1	38,5	37,0	37,5	4,3	39,7	-34,6	5,1
50	0,7	39,1	55,4	43,5	44,3	38,0	41,6	6,5	44,6	-30,2	14,4
63	1,1	38,7	45,6	43,8	37,6	33,2	42,5	5,1	40,5	-26,2	14,3
80	3,4	36,9	59,0	50,3	50,2	45,8	50,4	4,8	51,1	-22,5	28,6
100	5,8	39,7	58,7	50,7	49,9	45,4	49,6	4,8	50,9	-19,1	31,8
125	1,2	22,4	42,5	35,1	33,6	29,5	34,2	4,7	35,0	-16,1	18,9
160	0,3	18,2	47,7	39,4	37,4	33,3	39,1	5,3	39,4	-13,4	26,0
200	6,4	26,9	48,0	40,0	37,9	34,0	39,7	5,1	39,9	-10,9	29,0
250	0,5	17,1	41,9	34,4	31,7	27,4	33,9	5,3	33,9	-8,6	25,3
315	1,0	12,5	43,0	36,0	33,1	29,0	34,8	5,1	35,2	-6,6	28,6
400	0,5	6,6	38,7	31,8	28,9	24,9	31,3	5,0	31,1	-4,8	26,3
500	0,3	3,3	38,7	30,6	28,5	24,4	29,9	5,2	30,4	-3,2	27,2
630	0,4	5,6	42,7	34,5	32,8	28,6	33,8	5,1	34,5	-1,9	32,6
800	0,5	2,8	37,8	29,1	27,4	22,9	28,5	5,4	29,1	-0,8	28,3
1 000	1,1	2,0	32,0	23,5	21,8	17,6	22,9	5,3	23,6	0	23,6
1 250	1,4	2,9	31,0	22,6	19,9	15,7	22,5	5,6	22,3	0,6	22,9
1 600	1,1	3,1	33,6	26,0	24,0	19,9	25,5	5,0	25,8	1	26,8
2 000	0,4	1,6	34,0	26,6	24,4	20,2	26,3	5,0	26,3	1,2	27,5
2 500	0,7	-2,8	29,2	21,4	19,6	15,6	20,3	5,0	21,2	1,3	22,5
3 150	0,1	-5,3	27,7	19,4	17,7	13,7	18,8	5,1	19,5	1,2	20,7
4 000	0,1	-5,6	25,0	17,3	15,1	10,8	16,4	5,2	16,9	1	17,9
5 000	0,0	-5,4	20,9	12,5	10,7	6,6	12,0	5,2	12,6	0,5	13,1
6 300	0,0	-5,3	17,4	9,1	7,2	3,3	7,7	5,2	8,9	-0,1	8,8
8 000	0,1	-5,2	10,9	4,6	1,7	-1,3	2,3	4,6	3,6	-1,1	2,5

Le niveau du bruit composé moyen en dB A est de : 40 dB A

Tableau 25 : Niveau du bruit composé moyen de 40 dB A, calculé à l'aide des cinq bruits composés mesurés

Le bruit composé moyen d'un niveau de 40 dB A, le bruit de fond de la cabine insonorisée de 24 dB A et les valeurs de référence de la norme ISO 8253-1 au casque ont été représentés par bande de tiers d'octave dans la figure 63. On remarque des émergences spectrales du bruit composé moyen par rapport à la norme ISO 8253-1 au casque uniquement sur les fréquences graves.

On souligne que l'écart-type des cinq bruits composés mesurés est assez élevé sur tout le spectre fréquentiel.

D'après cette expérience, on peut émettre l'hypothèse qu'une dégradation de la PTM de 5 dB HL sur l'audiométrie tonale liminaire au casque est induite par un niveau de bruit de fond d'une cabine insonorisée de 40 dB A.

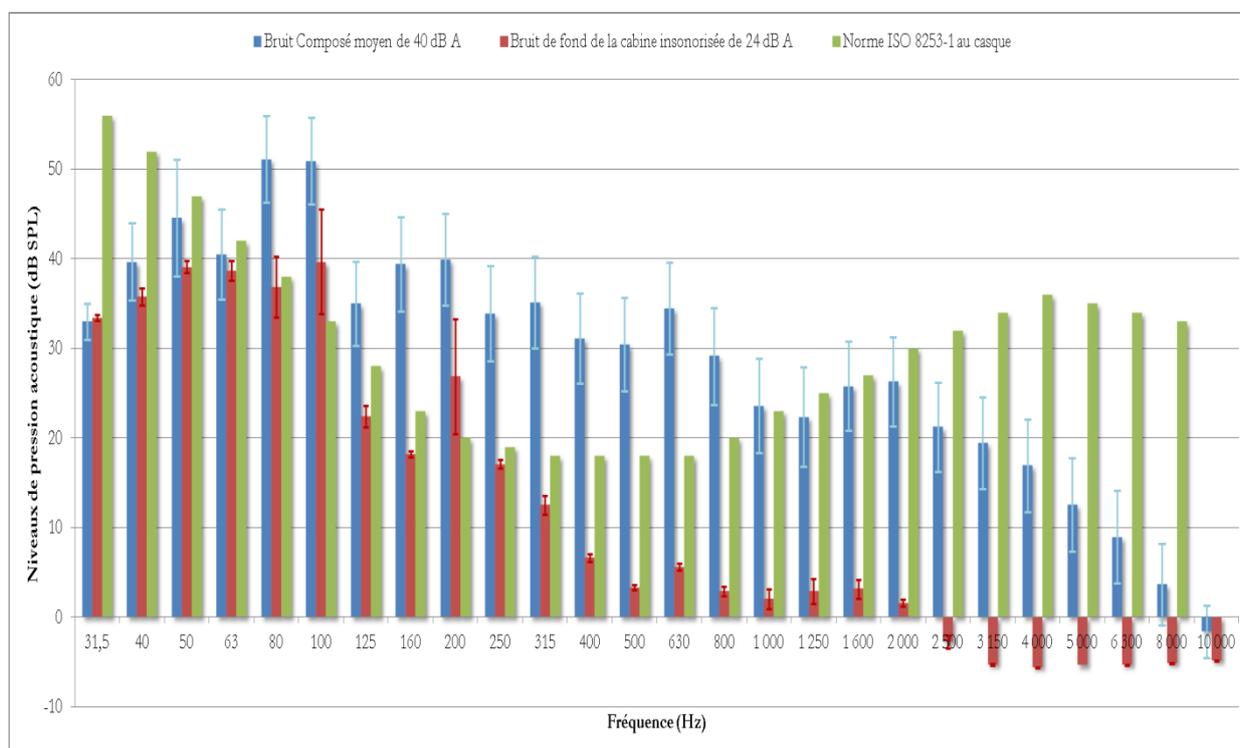


Figure 63: Les bruits représentés sont : le bruit composé moyen de 40 dB A, le bruit de fond de la cabine insonorisée de 24 dB A et les valeurs de référence de la norme ISO 8253-1 au casque

Une expérience supplémentaire a permis d'aller un peu plus loin : la recherche du bruit composé moyen qui induit une dégradation de la perte moyenne de 10 dB HL effectuée sur un seul sujet, Madame X.

Le niveau de bruit composé a également été enregistré lors de l'audiométrie tonale liminaire au casque. Les résultats des audiométries sont relevés dans le tableau 26.

Les dégradations obtenues de la PTM avoisinent les 10 dB HL, elles sont induites par un niveau de bruit composé ajusté sur un seul sujet :

- Madame X présente une dégradation de la perte tonale moyenne de 10,3 dB HL sur l'oreille droite et de 10,7 dB HL sur l'oreille gauche pour un niveau du bruit composé de 50,2 dB A.

La dégradation de la perte tonale moyenne de ces deux oreilles est de 10,5 dB HL. Le niveau du bruit composé moyen qui induit cette dégradation est de 50,2 dB A. Il est calculé à l'aide des mesures des trois bruits composés et de la formule 2 (p. 5) (tableau 27). L'écart-type des trois bruits composés mesurés est également représenté dans ce tableau.

Sujet	Test	Oreille Droite							Oreille gauche						
		125 Hz	250 Hz	500 Hz	1000 Hz	2000 Hz	4000 Hz	8000 Hz	125 Hz	250 Hz	500 Hz	1000 Hz	2000 Hz	4000 Hz	8000 Hz
Madame X	seuil d'audition minimal	1	3	3	6	-4	3	3	3	1	-1	0	-2	-2	1
	PTM (dB HL)	1,7							-1,0						
	seuil d'audition dégradé	11	12	21	16	-1	3	7	11	13	19	9	1	2	2
	PTM (dB HL)	12,0							9,7						
	dégradation de la PTM de	10,3 dB HL							10,7 dB HL						
PTM des 2 oreilles 10,5 dB HL															

Tableau 26 : Dégradation de la PTM de 10 dB HL au cours de l'audiométrie tonale liminaire pratiquée à l'aide du casque

Cas de Madame X: dégradation de la PTM de l'OD de 10,3 dB HL et de l'OG de 10,7 dB HL										
Fréquence (Hz)	Ecart-Type des 3 mesures du bruit de fond de la cabine	Moyenne du bruit de fond de la cabine en dB SPL	Mesure n°1 du bruit composé en dB SPL	Mesure n°2 du bruit composé en dB SPL	Mesure n°3 du bruit composé en dB SPL	Ecart-Type des 3 mesures du bruit composé	1	2	1+2	
							Moyenne du bruit composé L_i en dB SPL	Pondération A	Niveau de pression acoustique pondérée L_i	
31,5	0,3	33,4	33,6	31,4	33,4	1,2	32,8	-39,4	-6,6	
40	1,0	35,8	40,0	37,9	38,5	1,1	38,8	-34,6	4,2	
50	0,7	39,1	48,7	48,6	48,4	0,2	48,6	-30,2	18,4	
63	1,1	38,7	51,1	50,6	52,0	0,7	51,2	-26,2	25,0	
80	3,4	36,9	60,2	61,7	60,7	0,8	60,9	-22,5	38,4	
100	5,8	39,7	60,1	60,5	60,9	0,4	60,5	-19,1	41,4	
125	1,2	22,4	44,7	45,1	45,1	0,2	45,0	-16,1	28,9	
160	0,3	18,2	50,9	51,4	51,4	0,3	51,2	-13,4	37,8	
200	6,4	26,9	50,9	51,3	51,1	0,2	51,1	-10,9	40,2	
250	0,5	17,1	45,1	45,0	45,7	0,4	45,3	-8,6	36,7	
315	1,0	12,5	44,3	44,1	44,3	0,1	44,2	-6,6	37,6	
400	0,5	6,6	42,1	42,5	42,1	0,2	42,3	-4,8	37,5	
500	0,3	3,3	39,8	39,9	40,2	0,2	40,0	-3,2	36,8	
630	0,4	5,6	44,5	44,6	45,1	0,3	44,7	-1,9	42,8	
800	0,5	2,8	39,3	38,8	39,3	0,3	39,1	-0,8	38,3	
1 000	1,1	2,0	33,8	33,7	34,0	0,1	33,8	0	33,8	
1 250	1,4	2,9	33,3	33,4	33,4	0,0	33,4	0,6	34,0	
1 600	1,1	3,1	36,3	36,3	36,3	0,0	36,3	1	37,3	
2 000	0,4	1,6	36,4	36,4	36,7	0,1	36,5	1,2	37,7	
2 500	0,7	-2,8	30,2	30,3	30,2	0,1	30,2	1,3	31,5	
3 150	0,1	-5,3	29,2	29,4	29,3	0,1	29,3	1,2	30,5	
4 000	0,1	-5,6	26,6	26,5	26,4	0,1	26,5	1	27,5	
5 000	0,0	-5,4	22,6	22,6	22,6	0,0	22,6	0,5	23,1	
6 300	0,0	-5,3	18,0	17,9	18,0	0,0	18,0	-0,1	17,9	
8 000	0,1	-5,2	11,9	11,8	11,8	0,1	11,9	-1,1	10,8	
Le niveau du bruit composé en dB A est de : 50,2 dB A										

Tableau 27 : Niveau du bruit composé moyen de 50,2 dB A, calculé à l'aide des trois bruits composés mesurés

Le bruit composé moyen d'un niveau de 50,2 dB A, le bruit de fond de la cabine insonorisée de 24 dB A et les valeurs de référence de la norme ISO 8253-1 au casque ont été représentés par bande de tiers d'octave dans la figure 64. On remarque des émergences spectrales du bruit composé moyen par rapport à la norme ISO 8253-1 au casque, uniquement sur les fréquences graves.

On souligne que l'écart-type des cinq bruits composés mesurés est relativement faible sur tout le spectre fréquentiel.

D'après cette expérience, on peut émettre l'hypothèse qu'une dégradation de la PTM de 10 dB HL sur l'audiométrie tonale liminaire au casque est induite par un niveau de bruit de fond d'une cabine insonorisée de 50,2 dB A. Plus on augmente le niveau de bruit de fond, plus on dégrade les seuils d'audition.

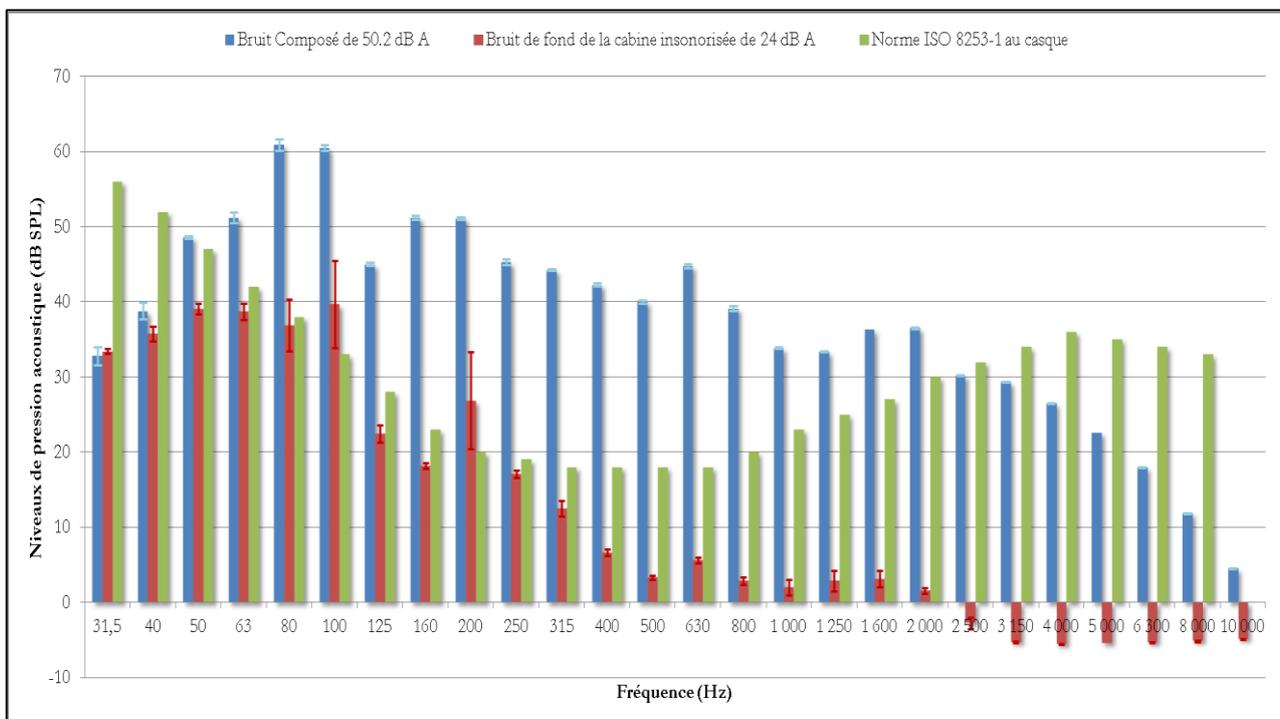


Figure 64: Les bruits représentés sont : le bruit composé moyen de 50,2 dB A, le bruit de fond de la cabine insonorisée de 24 dB A et les valeurs de référence de la norme ISO 8253-1 au casque

4.3.2. Résultats obtenus sur l'audiométrie en conduction osseuse

Le niveau du bruit composé a été enregistré lors de l'audiométrie tonale liminaire mesuré par l'intermédiaire du vibreur de type B71. Les sujets testés sont les suivants : Monsieur V, Monsieur W, Madame X, Monsieur Y et Monsieur Z. Les résultats des audiométries sont relevés dans le tableau 28.

Les dégradations obtenues de la PTM avoisinent les 5 dB HL, elles sont induites par un niveau de bruit composé ajusté, différent selon chaque sujet :

- Monsieur V présente une dégradation de la perte tonale moyenne de 5,3 dB HL sur l'oreille droite et de 6 dB HL sur l'oreille gauche pour un niveau du bruit composé de 35,4 dB A (Annexe 10).

- Monsieur W présente une dégradation de la perte tonale moyenne de 6,4 dB HL sur l'oreille droite et de 6 dB HL sur l'oreille gauche pour un niveau du bruit composé de 32,9 dB A (Annexe 11).

- Madame X présente une dégradation de la perte tonale moyenne de 5 dB HL sur l'oreille droite et de 6 dB HL sur l'oreille gauche pour un niveau du bruit composé de 39,6 dB A (Annexe 12).

- Monsieur Y présente une dégradation de la perte tonale moyenne de 5 dB HL sur l'oreille droite pour un niveau du bruit composé de 35,4 dB A (Annexe 13) et une dégradation de la perte tonale moyenne de 5 dB HL sur l'oreille gauche pour un niveau du bruit composé de 34,3 dB A (Annexe 14).

- Monsieur Z présente une dégradation de la perte tonale moyenne de 4,7 dB HL sur l'oreille droite et de 5,3 dB HL sur l'oreille gauche pour un niveau du bruit composé de 29,8 dB A (Annexe 15).

La dégradation de la perte tonale moyenne de ces dix oreilles est de 5,5 dB HL. Le niveau du bruit composé moyen qui induit cette dégradation est de 34,5 dB A. Il est calculé à l'aide des six bruits composés mesurés et de la formule 2 (p. 5) (tableau 29). L'écart-type des six bruits composés mesurés est également représenté dans ce tableau.

Sujet	Test	Oreille Droite					Oreille Gauche				
		250 Hz	500 Hz	1000 Hz	2000 Hz	4000 Hz	250 Hz	500 Hz	1000 Hz	2000 Hz	4000 Hz
Monsieur V	seuil d'audition minimal	-10	-8	-10	0	-10	4	5	-4	-2	-1
	PTM (dB HL)	-6,0					-0,3				
	seuil d'audition dégradé	-10	2	-5	1	-10	9	8	0	9	-1
	PTM (dB HL)	-0,7					5,7				
	dégradation de la PTM de	5,3 dB HL					6 dB HL				
Monsieur W	seuil d'audition minimal	-10	3	-3	-2	-2	-10	-2	-1	3	-10
	PTM (dB HL)	-0,7					0,0				
	seuil d'audition dégradé	-1	7	0	10	10	3	7	1	10	-5
	PTM (dB HL)	5,7					6,0				
	dégradation de la PTM de	6,4 dB HL					6 dB HL				
Madame X	seuil d'audition minimal	-5	5	2	-6	-10	-4	-3	0	2	-1
	PTM (dB HL)	0,3					-0,3				
	seuil d'audition dégradé	-1	8	6	2	-8	10	10	3	4	3
	PTM (dB HL)	5,3					5,7				
	dégradation de la PTM de	5 dB HL					6 dB HL				
Monsieur Y	seuil d'audition minimal	-8	-10	-8	-1	-10	3	-8	-9	-1	-10
	PTM (dB HL)	-6,3					-6,0				
	seuil d'audition dégradé	-2	-6	-4	6	-9	4	-6	-4	7	-5
	PTM (dB HL)	-1,3					-1,0				
	dégradation de la PTM de	5 dB HL					5 dB HL				
Monsieur Z	seuil d'audition minimal	-5	2	-10	-10	-5	-4	-1	-7	-4	-10
	PTM (dB HL)	-6,0					-4,0				
	seuil d'audition dégradé	2	2	-4	-2	2	-1	6	-2	0	-7
	PTM (dB HL)	-1,3					1,3				
	dégradation de la PTM de	4,7 dB HL					5,3 dB HL				
PTM des 10 oreilles 5,5 dB HL											

Tableau 28 : Dégradation de la PTM de 5 dB HL au cours de l'audiométrie tonale liminaire pratiquée à l'aide de l'ossibrateur

Synthèse des 5 sujets soit 10 oreilles avec une moyenne de la PTM de 5,5 dB HL.

Fréquence (Hz)	Ecart-Type des 3 mesures du bruit de fond de la cabine	Moyenne du bruit de fond de la cabine en dB SPL	Moyenne du bruit composé de Mr Y en dB SPL	Moyenne du bruit composé de Mr W en dB SPL	Moyenne du bruit composé de Mme X en dB SPL	Moyenne du bruit composé de Mr Y (O) en dB SPL	Moyenne du bruit composé de Mr Y (G) en dB SPL	Moyenne du bruit composé de Mr Z en dB SPL	Ecart-Type des 6 mesures de bruit composé	1	2	Niveau de pression acoustique L_p pondéré A
										Moyenne du bruit composé L_j en dB SPL	Pondération A	
315	0,3	33,4	40,0	27,3	29,6	33,2	33,7	31,2	4,4	32,5	-39,4	6,9
40	1,0	35,8	42,1	34,4	41,0	38,8	39,6	40,2	2,7	39,4	-34,6	4,8
50	0,7	39,1	43,9	37,1	40,8	42,8	41,6	38,8	2,5	40,8	-30,2	10,6
63	1,1	38,7	35,5	35,4	42,9	37,8	41,5	35,0	3,4	38,0	-26,2	11,8
80	3,4	36,9	46,2	44,3	49,9	46,4	46,3	41,4	2,8	45,8	-22,5	23,3
100	5,8	39,7	46,3	43,9	49,9	46,9	45,6	41,9	2,7	45,8	-19,1	26,7
125	1,2	22,4	32,3	29,2	34,7	30,5	29,7	27,1	2,6	30,6	-16,1	14,5
160	0,3	18,2	34,8	34,4	39,1	34,4	33,0	29,1	3,2	34,1	-13,4	20,7
200	6,4	26,9	35,5	32,1	39,8	35,1	34,1	29,9	3,4	34,4	-10,9	23,5
250	0,5	17,1	28,8	25,0	34,2	29,0	27,8	24,2	3,6	28,2	-8,6	19,6
315	1,0	12,5	29,8	28,7	35,8	30,3	29,1	24,7	3,6	29,7	-6,6	23,1
400	0,5	6,6	25,9	24,1	31,4	26,2	24,9	20,5	3,6	25,5	-4,8	20,7
500	0,3	3,3	25,5	23,9	30,3	25,9	24,6	19,2	3,6	24,9	-3,2	21,7
630	0,4	5,6	29,4	27,3	34,1	30,0	28,9	23,2	3,6	28,8	-1,9	26,9
800	0,5	2,8	25,0	22,4	28,6	24,6	23,0	17,8	3,6	23,6	-0,8	22,8
1000	1,1	2,0	20,7	16,5	23,0	19,1	17,8	12,5	3,6	18,3	0	18,3
1250	1,4	2,9	18,6	15,0	22,2	17,3	16,1	12,2	3,4	16,9	0,6	17,5
1600	1,1	3,1	21,8	17,2	25,5	21,0	19,9	15,1	3,6	20,1	1	21,1
2000	0,4	1,6	21,7	18,3	26,2	21,4	20,0	15,6	3,6	20,5	1,2	21,7
2500	0,7	-2,8	17,4	13,2	21,0	16,9	15,6	10,0	3,8	15,7	1,3	17,0
3150	0,1	-5,3	16,1	11,7	18,8	15,4	14,0	8,9	3,5	14,2	1,2	15,4
4000	0,1	-5,6	12,8	9,2	16,9	12,8	11,6	10,3	2,7	12,3	1	13,3
5000	0,0	-5,4	9,6	4,3	12,2	9,5	8,5	5,7	2,9	8,3	0,5	8,8
6300	0,0	-5,3	5,2	1,6	8,7	6,0	5,1	-1,0	3,5	4,3	-0,1	4,2
8000	0,1	-5,2	1,0	-2,0	4,3	2,0	1,5	-3,7	2,9	0,5	-1,1	-0,6

Le niveau du bruit composé moyen en dB A est de : 34,5 dB A

Tableau 29 : Niveau du bruit composé moyen de 34,5 dB A, calculé à l'aide des six bruits composés mesurés

Le bruit composé moyen d'un niveau de 34,5 dB A, le bruit de fond de la cabine insonorisée de 24 dB A et les valeurs de référence de la norme ISO 8253-1 au vibreur ont été représentés par bande de tiers d'octave dans la figure 65. On remarque des émergences spectrales du bruit composé moyen par rapport à la norme ISO 8253-1 au vibreur pratiquement sur tout le spectre fréquentiel.

On souligne que l'écart-type des six bruits composés mesurés est plus faible que celui mesuré lors de l'audiométrie tonale liminaire au casque.

D'après cette expérience, on peut émettre l'hypothèse qu'une dégradation de la PTM de 5 dB HL sur l'audiométrie tonale liminaire au vibreur est induite par un niveau de bruit de fond d'une cabine insonorisée de 34,5 dB A.

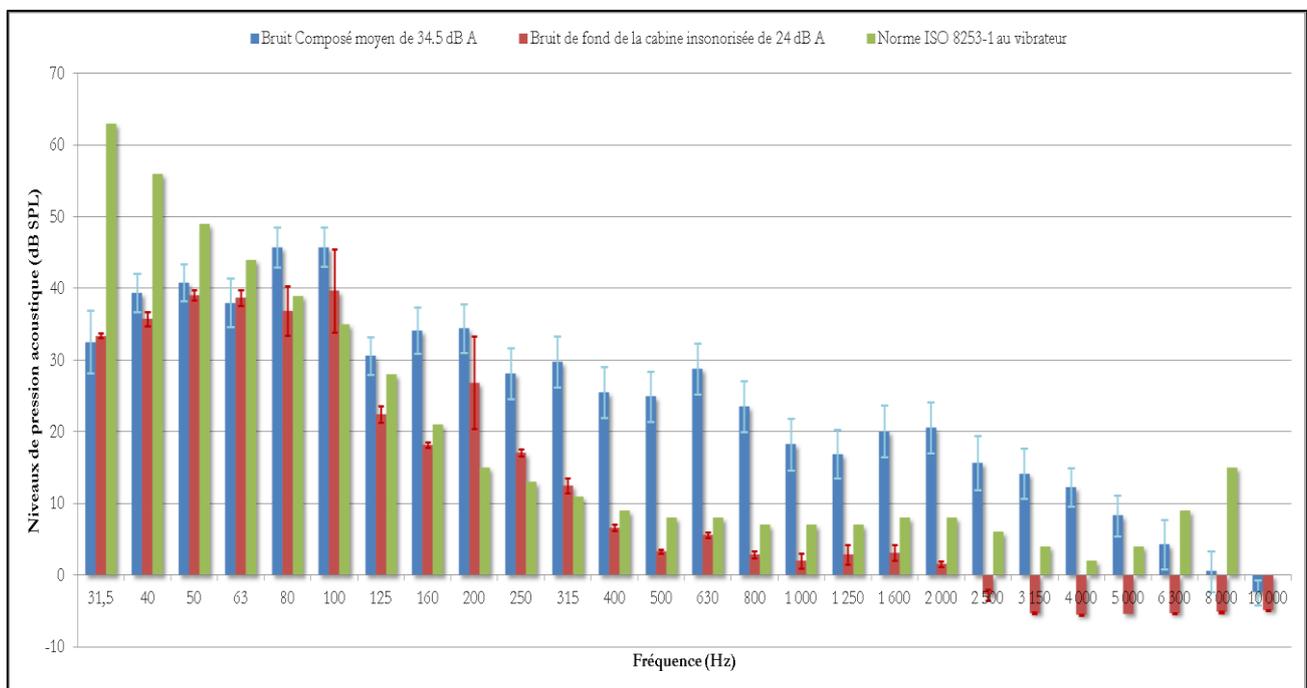


Figure 65: Les bruits représentés sont : le bruit composé moyen de 34,5 dB A, le bruit de fond de la cabine insonorisée de 24 dB A et les valeurs de référence de la norme ISO 8253-1 au vibreur

4.3.3. Résultats obtenus sur l'audiométrie en champ acoustique libre

Le niveau du bruit composé a été enregistré lors de l'audiométrie tonale liminaire mesuré en champ acoustique libre. Les sujets testés sont les suivants : Monsieur V, Monsieur W, Madame X, Monsieur Y et Monsieur Z. Les résultats des audiométries sont relevés dans le tableau 30.

Les dégradations obtenues de la PTM avoisinent les 5 dB HL, elles sont induites par un niveau de bruit composé ajusté, différent selon chaque sujet :

- Monsieur V présente une dégradation de la perte tonale moyenne binaurale de 5,7 dB HL pour un niveau du bruit composé de 31,4 dB A (Annexe 16).
- Monsieur W présente une dégradation de la perte tonale moyenne binaurale de 6 dB HL pour un niveau du bruit composé de 29,5 dB A (Annexe 17).
- Madame X présente une dégradation de la perte tonale moyenne binaurale de 6 dB HL pour un niveau du bruit composé de 31,7 dB A (Annexe 18).
- Monsieur Y présente une dégradation de la perte tonale moyenne binaurale de 5,3 dB HL pour un niveau du bruit composé de 31,3 dB A (Annexe 19).
- Monsieur Z présente une dégradation de la perte tonale moyenne binaurale de 5,7 dB HL pour un niveau du bruit composé de 29,4 dB A (Annexe 20).

La dégradation de la perte tonale moyenne binaurale de ces dix oreilles est de 5,7 dB HL. Le niveau du bruit composé moyen qui induit cette dégradation est de 30,6 dB A. Il est calculé à l'aide des cinq bruits composés mesurés et de la formule 2 (p. 5) (tableau 31). L'écart-type des cinq bruits composés mesurés est également représenté dans ce tableau.

Sujet	Test	Test binaural						
		125 Hz	250 Hz	500 Hz	1000 Hz	2000 Hz	4000 Hz	8000 Hz
Monsieur V	seuil d'audition minimal	0	-4	3	-3	4	1	-10
	PTM (dB HL)	1,3						
	seuil d'audition dégradé	3	-2	3	6	12	4	-10
	PTM (dB HL)	7,0						
	dégradation de la PTM de	5,7 dB HL						
Monsieur W	seuil d'audition minimal	3	-2	3	1	4	4	-5
	PTM (dB HL)	2,7						
	seuil d'audition dégradé	3	4	8	8	10	6	-4
	PTM (dB HL)	8,7						
	dégradation de la PTM de	6 dB HL						
Madame X	seuil d'audition minimal	-5	-6	3	5	4	6	-10
	PTM (dB HL)	4,0						
	seuil d'audition dégradé	2	-1	11	10	9	11	-9
	PTM (dB HL)	10,0						
	dégradation de la PTM de	6 dB HL						
Monsieur Y	seuil d'audition minimal	-3	-4	0	0	0	4	-10
	PTM (dB HL)	0,0						
	seuil d'audition dégradé	0	-3	2	9	5	6	-9
	PTM (dB HL)	5,3						
	dégradation de la PTM de	5,3 dB HL						
Monsieur Z	seuil d'audition minimal	-4	-9	-6	-4	-1	2	-10
	PTM (dB HL)	-3,7						
	seuil d'audition dégradé	-1	-5	0	2	4	6	-10
	PTM (dB HL)	2,0						
	dégradation de la PTM de	5,7 dB HL						
PTM binaurale des 5 sujets de 5,7 dB HL								

Tableau 30 : Dégradation de la PTM binaurale de 5 dB HL au cours de l'audiométrie tonale liminaire pratiquée en champ acoustique libre

Synthèse des 5 sujets soit 10 oreilles avec une moyenne de la PTM binaurale de 5,7 dB HL.

Fréquence (Hz)	Ecart-type des 5 mesures du bruit de fond de la cabine	Moyenne du bruit de fond de la cabine en dB SPL	Moyenne du bruit composé de Mr Y en dB SPL	Moyenne du bruit composé de Mr V en dB SPL	Moyenne du bruit composé de Mme X en dB SPL	Moyenne du bruit composé de Mr Y en dB SPL	Moyenne du bruit composé de Mr Z en dB SPL	Ecart-type des 5 composés du bruit composé	1	2	1+2
									Moyenne du bruit composé L_1 en dB SPL	Pondération A	Niveau de pression acoustique L_1 pondérés A
315	0,3	33,4	34,7	27,3	30,0	32,4	34,8	3,2	31,8	-39,4	-7,6
40	1,0	35,8	41,5	33,4	37,6	38,7	41,5	3,3	38,5	-34,6	3,9
50	0,7	39,1	47,1	40,0	40,4	46,1	40,7	3,5	42,9	-30,2	12,7
63	1,1	38,7	34,7	33,1	36,7	34,7	34,3	1,3	34,7	-26,2	8,5
80	3,4	36,9	43,3	41,1	43,9	42,2	40,6	1,4	42,2	-22,5	19,7
100	5,8	39,7	43,2	41,4	42,5	43,1	42,0	0,8	42,5	-19,1	23,4
125	1,2	22,4	21,6	28,2	21,2	26,9	26,2	0,8	21,2	-16,1	11,1
160	0,3	18,2	30,2	29,9	30,7	29,5	28,4	0,9	29,7	-13,4	16,3
200	6,4	26,9	30,7	31,1	31,5	30,9	29,5	0,8	30,8	-10,9	19,9
250	0,5	17,1	25,0	22,7	25,9	24,7	24,4	1,2	24,5	-8,6	15,9
315	1,0	12,5	25,7	23,9	21,3	25,8	24,3	1,4	25,4	-6,6	18,8
400	0,5	6,6	21,7	21,1	23,0	22,2	20,1	1,1	21,6	4,8	16,8
500	0,3	3,3	21,3	18,7	21,9	21,3	18,8	1,5	20,4	-3,2	17,2
630	0,4	5,6	25,6	22,0	25,9	25,6	22,7	1,9	24,4	-1,9	22,5
800	0,5	2,8	20,3	18,3	20,2	19,8	17,5	1,3	19,2	-0,8	18,4
1000	1,1	2,0	14,9	13,1	15,1	14,6	12,7	1,1	14,1	0	14,1
1250	1,4	2,9	13,3	11,9	14,5	13,0	12,0	1,1	12,9	0,6	13,5
1600	1,1	3,1	16,5	15,2	17,6	16,9	14,5	1,3	16,1	1	17,1
2000	0,4	1,6	17,0	15,2	18,1	16,9	15,0	1,3	16,4	1,2	17,6
2500	0,7	-2,8	12,0	10,2	12,9	12,8	9,9	1,4	11,5	1,3	12,8
3150	0,1	-5,3	10,6	8,6	10,7	11,0	8,5	1,2	9,9	1,2	11,1
4000	0,1	-5,6	7,9	6,0	8,6	9,3	7,2	1,3	7,8	1	8,8
5000	0,0	-5,4	3,9	2,0	3,8	6,8	5,1	1,8	4,3	0,5	4,8
6300	0,0	-5,3	0,9	-0,6	0,8	3,6	2,6	1,7	1,5	-0,1	1,4
8000	0,1	-5,2	-2,9	-3,5	-2,5	0,6	0,3	1,9	-1,6	-1,1	-2,7

Le niveau du bruit composé moyen en dB A est de : 30,6 dB A

Tableau 31 : Niveau du bruit composé moyen de 30,6 dB A, calculé à l'aide des cinq bruits composés mesurés

Le bruit composé moyen d'un niveau de 30,6 dB A, le bruit de fond de la cabine insonorisée de 24 dB A et les valeurs de référence de la norme ISO 8253-2 en champ acoustique ont été représentés par bande de tiers d'octave dans la figure 66. On remarque des émergences spectrales du bruit composé moyen par rapport à la norme ISO 8253-2 en champ acoustique pratiquement sur tout le spectre fréquentiel.

On souligne que l'écart-type des cinq bruits composés mesurés est faible sur tout le spectre fréquentiel à l'exception des fréquences extrêmes graves (31,5 Hz, 40 Hz et 50 Hz).

D'après cette expérience, on peut émettre l'hypothèse qu'une dégradation de la PTM de 5 dB HL sur l'audiométrie tonale liminaire en champ acoustique libre est induite par un niveau de bruit de fond d'une cabine insonorisée de 30,6 dB A.

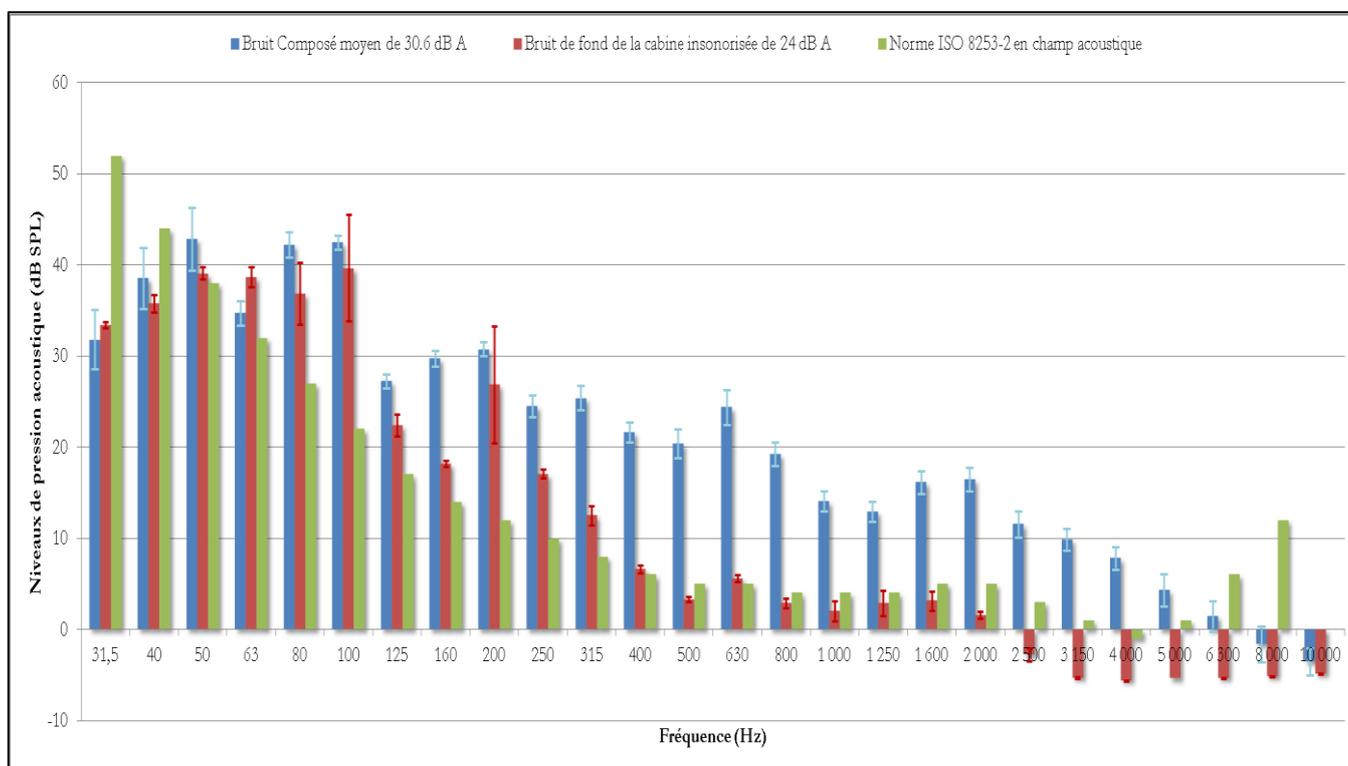


Figure 66: Les bruits représentés sont : le bruit composé moyen de 30,6 dB A, le bruit de fond de la cabine insonorisée de 24 dB A et les valeurs de référence de la norme ISO 8253-2 en champ acoustique

Analyse des différents écart-types :

Les écart-types des mesures du bruit composé des cinq sujets relevés lors de l'audiométrie tonale liminaire au casque, au vibreur et en champ acoustique (tableau 25, tableau 29 et tableau 31) ont été tracés dans la figure 67 en fonction du spectre fréquentiel de 31,5 Hz à 8 000 Hz.

On remarque que les trois écart-types sont assez homogènes sur le spectre fréquentiel mis à part les fréquences extrêmes graves (31,5 Hz, 40 Hz et 50 Hz). Les écart-types des mesures du bruit composé calculés lors de l'audiométrie en champ libre sont faibles par rapport à ceux calculés lors de l'audiométrie au vibreur et beaucoup plus faibles que ceux calculés lors de l'audiométrie en champ libre. Les mesures effectuées lors de l'audiométrie en champ libre sont donc très fiables.

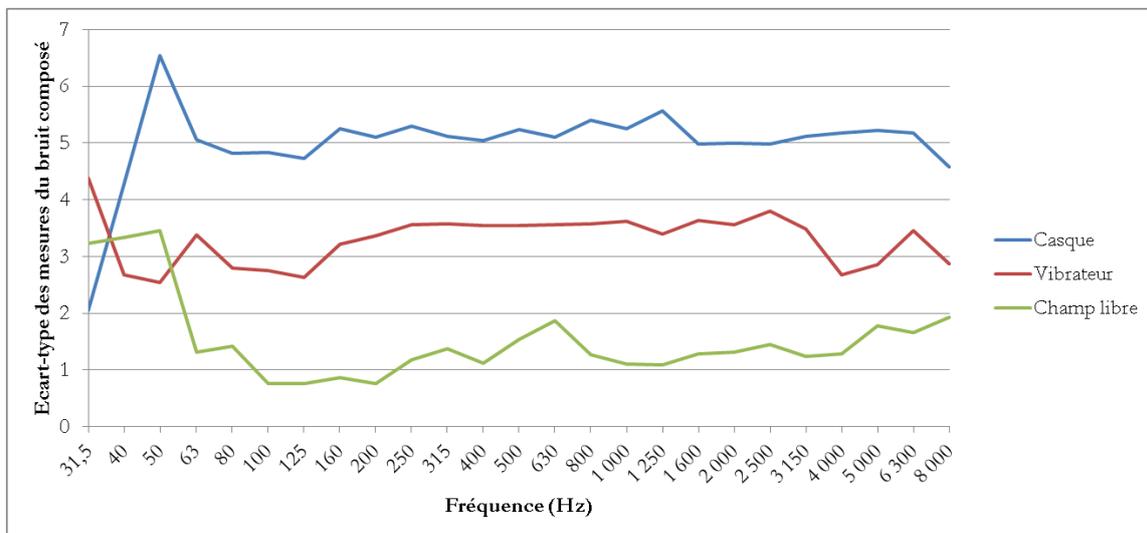


Figure 67: Ecart-types des mesures du bruit composé au casque, au vibreur et en champ libre des 5 sujets

Commentaires :

On peut noter, comme pour les normes ISO 8253-1 et ISO 8253-2, que le niveau de bruit de fond en dB A est plus faible pour l'audiométrie en champ libre que l'audiométrie au vibreur et que celle au casque.

En effet, l'audiométrie au casque bénéficie de l'atténuation des écouteurs supra-auraux. L'audiométrie pratiquée à l'aide de l'osvibrateur stimule l'oreille interne par le biais de vibrations acoustiques transmises à travers la peau et le crâne. La peau amortit les vibrations. Une force suffisante délivrée par le vibreur (en Newtons) est nécessaire pour stimuler le sujet. La peau joue en quelque sorte, comme le casque, un rôle d'atténuateur.

On peut comprendre que lors de l'audiométrie en champ libre pratiquée avec les oreilles nues, le niveau de bruit de fond en dB A requis doit être au plus bas, en effet aucun moyen de protection (système d'atténuation) ne lui est associé.

Cette expérience a permis de déceler les niveaux de bruit de fond en dB A de la cabine insonorisée de la Faculté de Pharmacie qui entraînent une dégradation de la PTM de 5 dB HL sur l'audiométrie tonale liminaire au casque, au vibreur et en champ acoustique. La figure 68 présente ces trois niveaux de bruit de fond en dB A. Ainsi, lors d'une audiométrie au casque, le niveau de bruit de fond de 40 dB A induit une dégradation de la PTM de 5 dB HL. Or, lors d'une audiométrie en champ libre, le niveau de bruit de fond de seulement 30,6 dB A induit cette même dégradation.

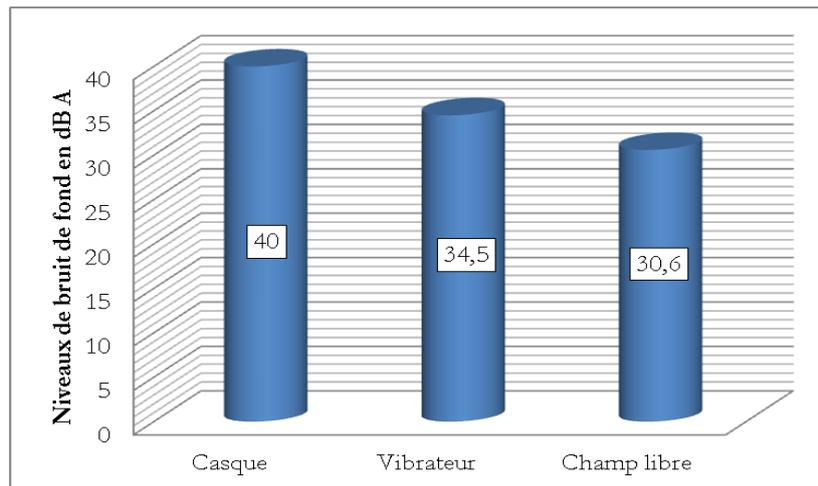


Figure 68: Niveaux de bruit de fond en dB A de la cabine insonorisée entraînant une dégradation de la PTM de 5 dB HL sur l'audiométrie tonale liminaire au casque, au vibreur et en champ acoustique

L'expérience suivante va permettre de déterminer la valeur de la dégradation de la PTM, selon les trois différentes audiométries, avec un niveau de bruit de fond de 40 dB A.

4.4. Impact d'un bruit de fond de 40 dB A sur les courbes audiométriques d'un sujet unique

Contrairement à l'expérience précédente, le raisonnement est inverse. On essaie de déterminer le niveau de la dégradation de la PTM en dB HL engendrée par un bruit de fond de 40 dB A, énoncé par le décret n°85-590 du 10 juin 1985 [18]. Ce niveau est à déterminer dans les trois types d'audiométrie tonale liminaire au casque, au vibreur et en champ libre. Le protocole d'essai utilisé est le même que celui mis en place dans l'expérience 4.3. Dégradation de la perte tonale moyenne de 5 dB HL par augmentation du bruit de fond. La différence étant que, dans ce cas, le bruit composé émis est de 40 dB A.

Le curseur du logiciel Windows Media Player est positionné de tel sorte que le bruit rose émis par le haut-parleur Klein + Hummel 0110 enregistre un niveau de bruit composé de 40 dB A par le microphone faible bruit B&K de type 4179. Les trois mesures du bruit composé sont enregistrées par le logiciel dBFA (figure 69, figure 70 et figure 71).

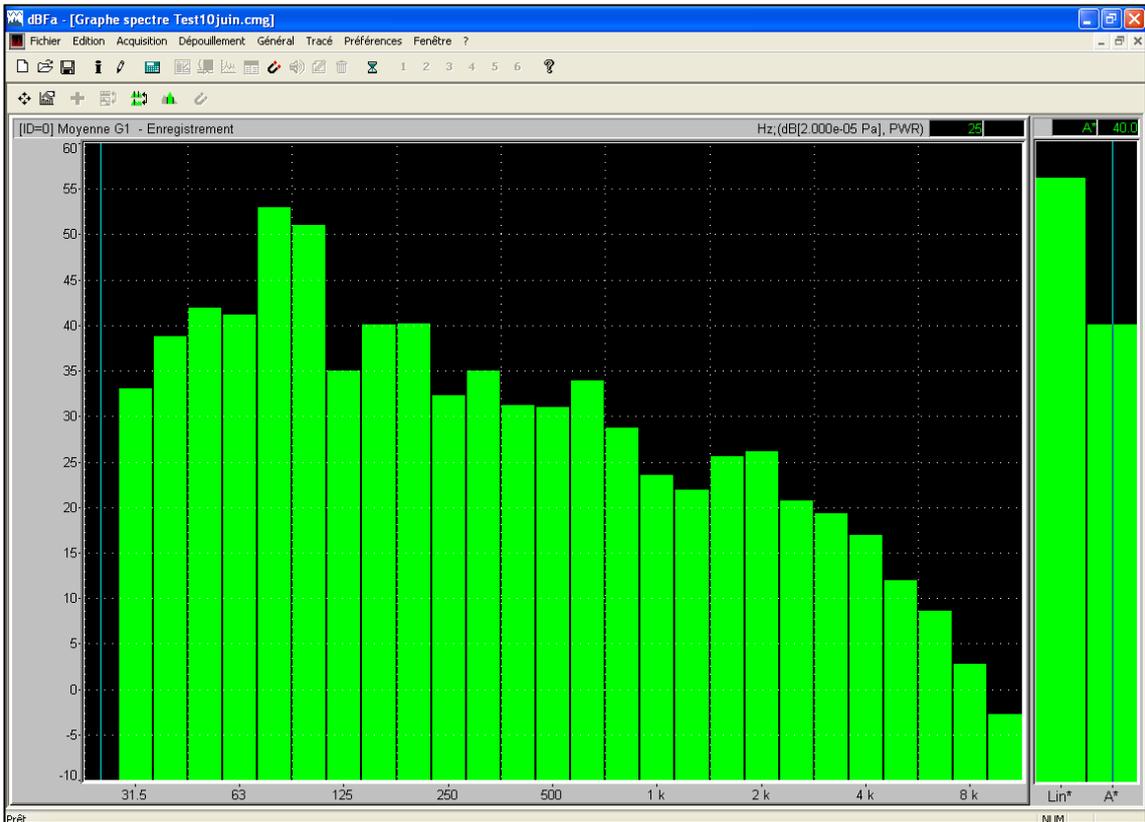


Figure 69: Première mesure du bruit composé par tiers d'octave

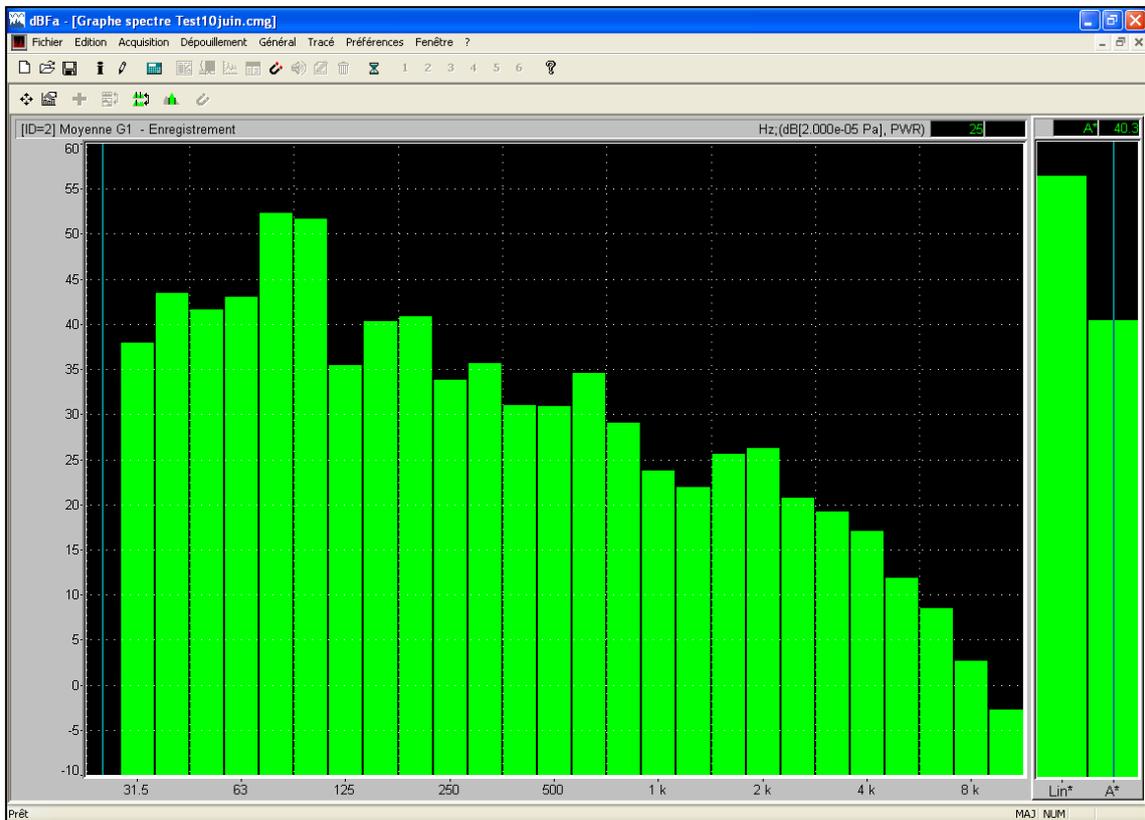


Figure 70: Deuxième mesure du bruit composé par tiers d'octave

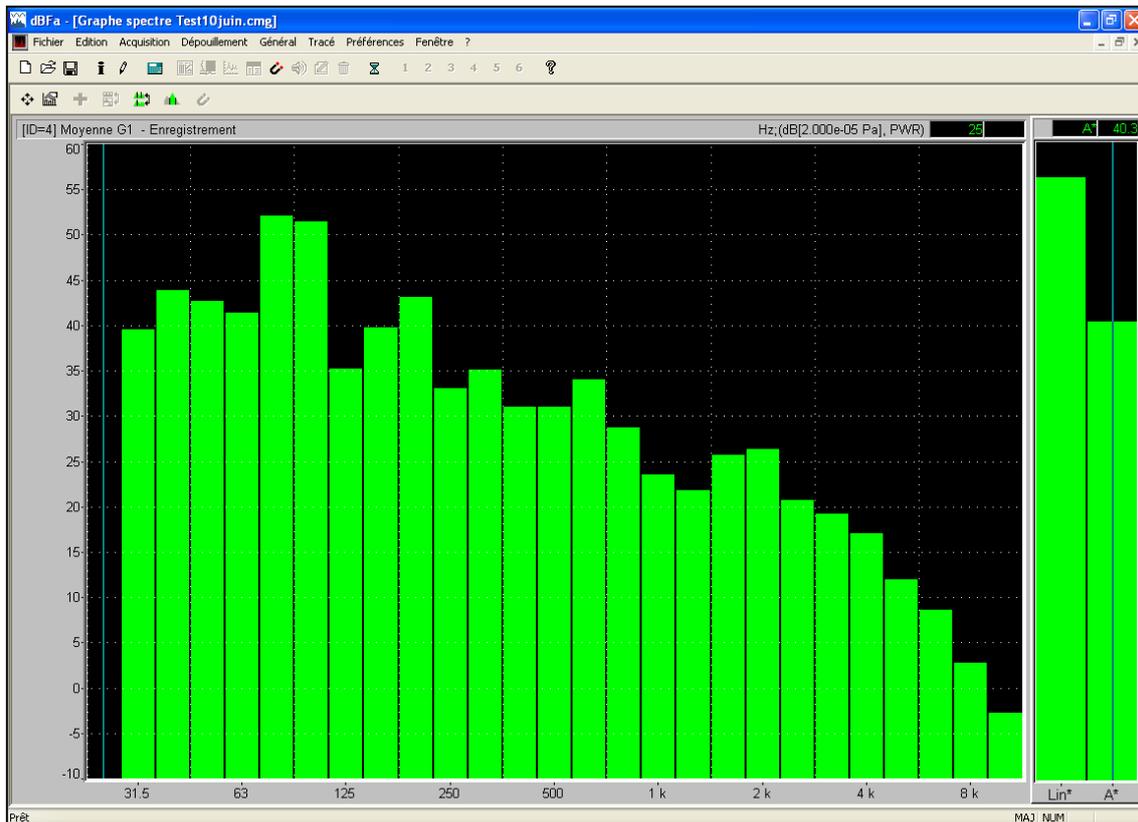


Figure 71: Troisième mesure du bruit composé par tiers d'octave

L'étude est menée uniquement sur un sujet, Monsieur V, soit sur deux oreilles différentes. **Le bruit composé moyen de 40,2 dB A, donc proche de 40 dB A, est calculé à partir des trois mesures réalisées et de la formule 2 (p. 5) (tableau 32).** L'écart-type des trois bruits composés mesurés est également représenté dans ce tableau.

Cas de Monsieur V							
Fréquence (Hz)	Mesure n°1 du bruit composé en dB SPL	Mesure n°2 du bruit composé en dB SPL	Mesure n°3 du bruit composé en dB SPL	Ecart-Type des 3 mesures du bruit composé	1	2	1+2
					Moyenne du bruit composé \bar{L}_i en dB SPL	Pondération A	Niveaux de pression acoustique L_i pondérés A
31,5	33,0	37,9	39,5	3,4	36,8	-39,4	-2,6
40	38,7	43,4	43,8	2,8	42,0	-34,6	7,4
50	41,9	41,6	42,6	0,5	42,1	-30,2	11,9
63	41,1	43,0	41,3	1,0	41,8	-26,2	15,6
80	52,9	52,3	52,0	0,5	52,4	-22,5	29,9
100	51,0	51,6	51,4	0,3	51,3	-19,1	32,2
125	34,9	35,4	35,2	0,3	35,2	-16,1	19,1
160	40,0	40,3	39,7	0,3	40,0	-13,4	26,6
200	40,2	40,8	43,1	1,5	41,4	-10,9	30,5
250	32,3	33,8	33,0	0,8	33,0	-8,6	24,4
315	34,9	35,6	35,1	0,3	35,2	-6,6	28,6
400	31,2	30,9	30,9	0,2	31,0	-4,8	26,2
500	31,0	30,8	30,9	0,1	30,9	-3,2	27,7
630	33,9	34,5	34,0	0,3	34,1	-1,9	32,2
800	28,7	29,0	28,7	0,2	28,8	-0,8	28,0
1 000	23,5	23,7	23,5	0,1	23,6	0	23,6
1 250	21,9	21,9	21,8	0,1	21,9	0,6	22,5
1 600	25,5	25,5	25,6	0,1	25,5	1	26,5
2 000	26,1	26,2	26,3	0,1	26,2	1,2	27,4
2 500	20,7	20,7	20,7	0,0	20,7	1,3	22,0
3 150	19,3	19,2	19,2	0,1	19,2	1,2	20,4
4 000	16,9	17,0	17,0	0,1	17,0	1	18,0
5 000	11,9	11,8	11,9	0,0	11,8	0,5	12,3
6 300	8,6	8,5	8,6	0,1	8,6	-0,1	8,5
8 000	2,7	2,6	2,7	0,0	2,7	-1,1	1,6

Le niveau du bruit composé en dB A est de : 40,2 dB A

Tableau 32 : Niveau du bruit composé moyen de 40,2 dB A, calculé à l'aide des trois bruits composés mesurés

Les résultats des audiométries sont relevés dans le tableau 33. Le niveau du bruit composé de 40,2 dB A a influencé les courbes audiométriques de la manière suivante :

- Monsieur V présente une dégradation de la perte tonale moyenne de 3,4 dB HL sur l'oreille droite et de 2 dB HL sur l'oreille gauche **au cours de l'audiométrie tonale liminaire au casque, soit une moyenne de 2,7 dB HL.**

- Monsieur V présente une dégradation de la perte tonale moyenne de 7,3 dB HL sur l'oreille droite et de 7,3 dB HL sur l'oreille gauche **au cours de l'audiométrie tonale liminaire au vibreur, soit une moyenne de 7,3 dB HL.**

- Monsieur V présente une dégradation de la perte tonale moyenne binaurale de 12 dB HL **au cours de l'audiométrie tonale liminaire en champ libre.**

Audiométrie tonale liminaire au casque															
Sujet	Test	Oreille Droite							Oreille gauche						
		125 Hz	250 Hz	500 Hz	1000 Hz	2000 Hz	4000 Hz	8000 Hz	125 Hz	250 Hz	500 Hz	1000 Hz	2000 Hz	4000 Hz	8000 Hz
Monsieur V	seuil d'audition minimal	-1	-3	-2	-5	-1	-2	-10	-2	-4	1	-4	-5	4	-10
	PTM (dB HL)	-2,7							-2,7						
	seuil d'audition dégradé	-1	-1	3	-2	1	0	-7	7	4	4	-1	-5	4	-10
	PTM (dB HL)	0,7							-0,7						
	dégradation de la PTM de	3,4 dB HL							2 dB HL						
PTM des 2 oreilles 2,7 dB HL															
Audiométrie tonale liminaire au vibreur															
Sujet	Test	Oreille Droite					Oreille Gauche								
		250 Hz	500 Hz	1000 Hz	2000 Hz	4000 Hz	250 Hz	500 Hz	1000 Hz	2000 Hz	4000 Hz				
Monsieur V	seuil d'audition minimal	-12	-4	-11	0	-16	1	2	-4	-1	-8				
	PTM (dB HL)	-5					-1								
	seuil d'audition dégradé	-8	5	-3	5	-8	1	5	6	8	-5				
	PTM (dB HL)	2,5					6,3								
	dégradation de la PTM de	7,3 dB HL					7,3 dB HL								
PTM des 2 oreilles 7,3 dB HL															
Audiométrie tonale liminaire en champ libre															
Sujet	Test	Test binaural													
		125 Hz	250 Hz	500 Hz	1000 Hz	2000 Hz	4000 Hz	8000 Hz							
Monsieur V	seuil d'audition minimal	0	-6	0	-2	3	0	-12							
	PTM (dB HL)	0,3													
	seuil d'audition dégradé	11	5	14	8	15	12	-12							
	PTM (dB HL)	12,3													
	dégradation de la PTM de	12 dB HL													

Tableau 33 : Différentes dégradations de la PTM en dB HL au cours de l'audiométrie tonale liminaire pratiquée à l'aide du casque, de l'ossivibreur et en champ acoustique libre

Le bruit composé moyen d'un niveau de 40,2 dB A, la norme ISO 8253-1 au casque, la norme ISO 8253-1 au vibreur et la norme ISO 8253-2 en champ libre ont été représentés par bande de tiers d'octave dans la figure 72.

On remarque des émergences spectrales du bruit composé moyen d'un niveau de 40,2 dB A par rapport aux normes ISO 8253-1 au vibreur et ISO 8253-2 en champ libre sur les fréquences de 80 Hz à 5 000 Hz. De plus, le niveau de bruit global de la norme ISO 8253-1 au vibreur est de 28,5 dBA et celui de la norme ISO 8253-2 en champ libre est de 19,6 dB A. **Ainsi, le niveau de bruit de fond de 40,2 dB A dépasse donc les exigences de ces deux normes.**

D'autre part, on remarque des émergences spectrales du bruit composé moyen d'un niveau de 40,2 dB A par rapport à la norme ISO 8253-1 au casque de 80 Hz à 1 000 Hz. Ces émergences sont dues au bruit rose chargé en basses fréquences (cf. rappel 1.9. Bruit rose). Néanmoins, le niveau du bruit composé moyen de 40,2 dB A respecte la norme ISO 8253-1 au casque avec un niveau global de 43,2 dB A. En effet, ces émergences spectrales sont situées dans les fréquences graves, ces fréquences sont atténuées lors du calcul du niveau global en dB A par la pondération A.

On souligne que l'écart-type des trois bruits composés mesurés est pratiquement nul sur tout le spectre fréquentiel à l'exception des fréquences extrêmes graves de 31,5 Hz et de 40 Hz. **La mesure du bruit composé de 40,2 dB A est donc très fiable.**

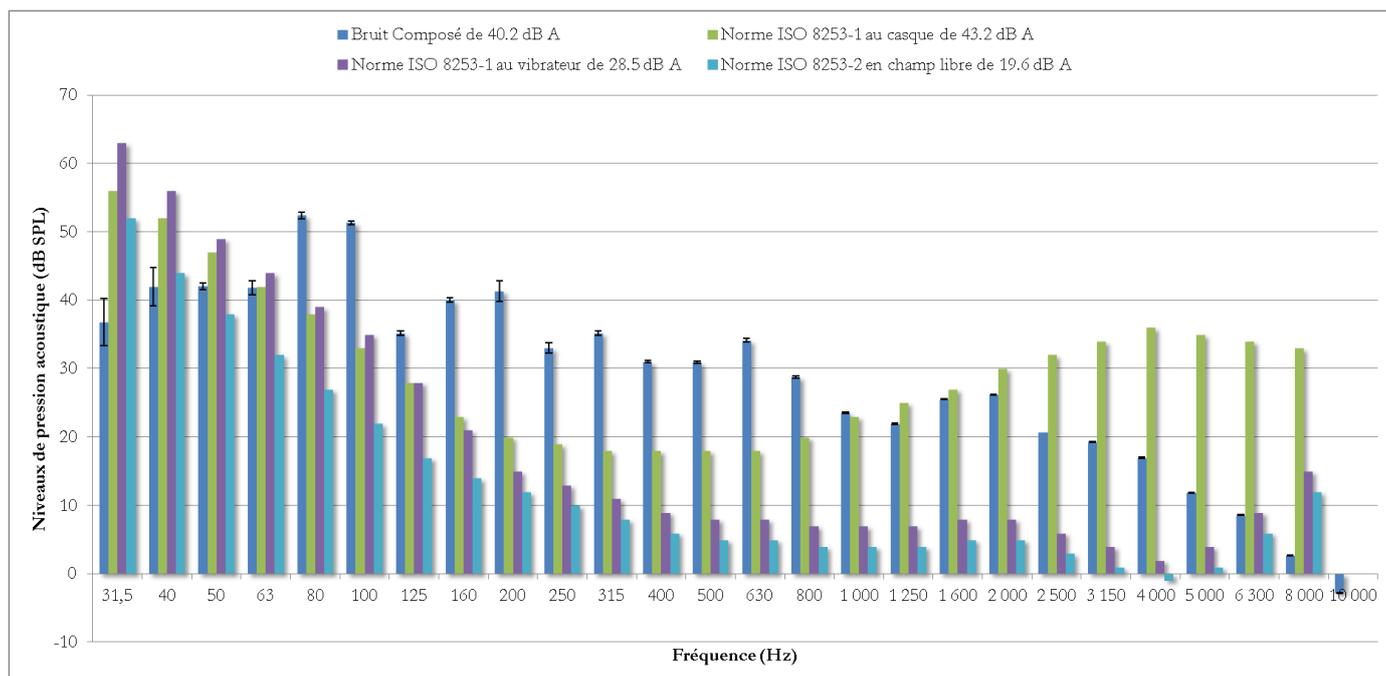


Figure 72: Les bruits représentés sont : le bruit composé moyen de 40,2 dB A et les valeurs de référence de la norme ISO 8253-1 au casque et au vibreur et la norme ISO 8253-2 en champ acoustique

Ces différents résultats sont reportés dans le graphique suivant (figure 73). On peut notamment relever une certaine différence concernant le niveau de la dégradation de la PTM en dB HL au cours de l'audiométrie tonale liminaire au casque. Ce niveau est de 2,7 dB HL dans cette expérience alors que dans l'expérience 4.3.1 ce niveau est 5,3 dB HL pour un même niveau du bruit composé de 40 dB A. Cette différence n'aurait pas lieu d'être avec un pas classique de l'audiomètre de 5 dB HL. Cette étude a été effectuée avec un pas de 1 dB pour des mesures de précision.

Cette différence peut s'expliquer par le fait que l'écart-type des mesures du bruit composé des cinq sujets relevés lors de l'audiométrie tonale liminaire au casque dans l'expérience 4.3.1 est très élevé, de l'ordre de 5 (tableau 25). D'autre part, cette mesure a été réalisée sur un sujet unique dans ce cas précis. Il aurait fallu effectuer cette expérience sur d'autres sujets pour bénéficier de résultats plus fiables.

Un niveau de bruit de fond de 40 dB A reste assez élevé, il peut induire une dégradation de la PTM dans l'audiométrie tonale liminaire en champ libre pouvant aller jusqu'à 12 dB HL. Ce critère peut faire basculer l'audioprothésiste dans le choix de l'appareillage ou non d'un patient inhabilité à pratiquer une audiométrie tonale liminaire au casque tel que les enfants.

En effet, une audition normale ou subnormale est caractérisée par une perte tonale moyenne comprise entre -10 dB HL et 20 dB HL alors qu'une déficience auditive légère est caractérisée par une perte tonale moyenne comprise entre 21 dB HL et 40 dB HL [29].

Le choix du type d'appareil peut également être tronqué, car dépendant du type de déficience auditive légère, moyenne, sévère ou profonde.

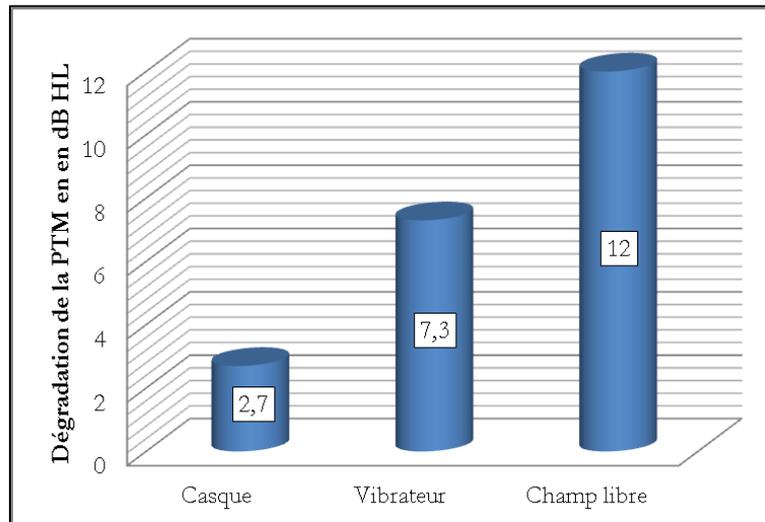


Figure 73: Dégradation de la PTM sur l'audiométrie tonale liminaire au casque, au vibrateur et en champ acoustique induite par un niveau de bruit de fond de la cabine insonorisée de 40 dB A

4.5. Décret n°85-590 du 10 Juin 1985 [18]

Le décret n°85-590 du 10 Juin 1985 fixe les conditions d'aménagement du local réservé à l'activité d'audioprothésiste (Annexe 1). La cabine insonorisée doit avoir un volume utile minimum de $15m^3$. **Le niveau de bruit de fond ne doit pas dépasser 40 dB A** exprimé en niveau constant équivalent sur une durée de mesure d'une heure. D'autre part, le temps de réverbération dit T_R , ne doit pas être supérieur à 0.5 seconde à la fréquence de 500 Hz.

Les expériences 4.3 et 4.4 ont révélé que ce niveau de bruit de fond de 40 dB A restait tout de même assez élevé dans la réalisation des audiométries **pour un seuil d'audition minimal de 0 dB HL** et que les cabines classiques d'audiométrie pourrait donc assurer ce niveau minimum de bruit de fond.

4.6. Audiométrie tonale liminaire des patients malentendants

Les patients malentendants présentent une déficience auditive supérieure à 21 dB selon la recommandation 02/1 bis du Bureau International d'Audiophonologie [29]. Dans le cas de la réalisation d'une audiométrie sur des sujets malentendants, **pour un seuil d'audition minimal de 20 dB HL, une valeur de 20 dB est donc à ajouter aux niveaux de pression acoustique ambiants maximaux admissibles.**

En effet, les normes ISO 8253-1 et 8253-2 présentent les niveaux de pression acoustique ambiants maximaux admissibles établis sur une base de mesure du **niveau liminaire d'audition minimal de 0 dB HL**. Pour des mesures du niveau liminaire d'audition supérieur à 0 dB HL, il convient d'ajouter aux niveaux de pression acoustique ambiants maximaux admissibles, le niveau liminaire d'audition minimal à mesurer.

4.6.1. En conduction aérienne

	1			
	Seuil d'audition minimal de 0 dB HL	Seuil d'audition minimal de 20 dB HL	2	1+2
Bande de tiers d'octave (Hz)	<i>L</i> _{max} pour la gamme de fréquence de 125 Hz à 8 000 Hz en dB SPL	<i>L</i> _{max} pour la gamme de fréquence de 125 Hz à 8 000 Hz en dB SPL	Pondération A	Niveaux de pression acoustique <i>L</i> _{max} pondérés A
31.5 Hz	56	76	-39,4	36,6
40 Hz	52	72	-34,6	37,4
50 Hz	47	67	-30,2	36,8
63 Hz	42	62	-26,2	35,8
80 Hz	38	58	-22,5	35,5
100 Hz	33	53	-19,1	33,9
125 Hz	28	48	-16,1	31,9
160 Hz	23	43	-13,4	29,6
200 Hz	20	40	-10,9	29,1
250 Hz	19	39	-8,6	30,4
315 Hz	18	38	-6,6	31,4
400 Hz	18	38	-4,8	33,2
500 Hz	18	38	-3,2	34,8
630 Hz	18	38	-1,9	36,1
800 Hz	20	40	-0,8	39,2
1 kHz	23	43	0	43,0
1.25 kHz	25	45	0,6	45,6
1.6 kHz	27	47	1	48,0
2 kHz	30	50	1,2	51,2
2.5 kHz	32	52	1,3	53,3
3.15 kHz	34	54	1,2	55,2
4 kHz	36	56	1	57,0
5 kHz	35	55	0,5	55,5
6.3 kHz	34	54	-0,1	53,9
8 kHz	33	53	-1,1	51,9

Tableau 34 : Mesure du niveau de bruit en dB A associé aux niveaux de pression acoustique ambiants maximaux admissibles pour une audiométrie tonale liminaire au casque et un seuil d'audition minimal de 20 dB HL

D'après la formule 2 (p. 5), le niveau de bruit en dB A associé aux niveaux de pression acoustique ambiants maximaux admissibles en conduction aérienne est de :

$$A.N : L(dBA) = 10 \log (10^{3.7} + 10^{3.7} + 10^{3.7} + 10^{3.6} + 10^{3.6} + 10^{3.4} + 10^{3.2} + 10^{3.0} + 10^{2.9} + 10^{3.0} + 10^{3.1} + 10^{3.3} + 10^{3.5} + 10^{3.6} + 10^{3.9} + 10^{4.3} + 10^{4.6} + 10^{4.8} + 10^{5.1} + 10^{5.3} + 10^{5.5} + 10^{5.7} + 10^{5.6} + 10^{5.4} + 10^{5.2}) = 63,2 \text{ dB A}$$

De part le calcul, on obtient un niveau de bruit de 63,2 dB A associé à la norme ISO 8253-1 concernant l'audiométrie tonale liminaire au casque.

4.6.2. En conduction osseuse

	1			
	Seuil d'audition minimal de 0 dB HL	Seuil d'audition minimal de 20 dB HL	2	1+2
Bande de tiers d'octave (Hz)	L'max pour la gamme de fréquence de 250 Hz à 8 000 Hz en dB SPL	L'max pour la gamme de fréquence de 250 Hz à 8 000 Hz en dB SPL	Pondération A	Niveaux de pression acoustique L'max pondérés A
31.5 Hz	63	83	-39,4	43,6
40 Hz	56	76	-34,6	41,4
50 Hz	49	69	-30,2	38,8
63 Hz	44	64	-26,2	37,8
80 Hz	39	59	-22,5	36,5
100 Hz	35	55	-19,1	35,9
125 Hz	28	48	-16,1	31,9
160 Hz	21	41	-13,4	27,6
200 Hz	15	35	-10,9	24,1
250 Hz	13	33	-8,6	24,4
315 Hz	11	31	-6,6	24,4
400 Hz	9	29	-4,8	24,2
500 Hz	8	28	-3,2	24,8
630 Hz	8	28	-1,9	26,1
800 Hz	7	27	-0,8	26,2
1 kHz	7	27	0	27,0
1.25 kHz	7	27	0,6	27,6
1.6 kHz	8	28	1	29,0
2 kHz	8	28	1,2	29,2
2.5 kHz	6	26	1,3	27,3
3.15 kHz	4	24	1,2	25,2
4 kHz	2	22	1	23,0
5 kHz	4	24	0,5	24,5
6.3 kHz	9	29	-0,1	28,9
8 kHz	15	35	-1,1	33,9

Tableau 35 : Mesure du niveau de bruit en dB A associé aux niveaux de pression acoustique ambiants maximaux admissibles pour une audiométrie tonale liminaire au vibreur et un seuil d'audition minimal de 20 dB HL.

D'après la formule 2 (p. 5), le niveau de bruit en dB A associé aux niveaux de pression acoustique ambiants maximaux admissibles en conduction osseuse est de :

$$A.N : L(dBA) = 10 \log (10^{4.4} + 10^{4.1} + 10^{3.9} + 10^{3.8} + 10^{3.7} + 10^{3.6} + 10^{3.2} + 10^{2.8} + 10^{2.4} + 10^{2.4} + 10^{2.4} + 10^{2.5} + 10^{2.6} + 10^{2.6} + 10^{2.7} + 10^{2.8} + 10^{2.9} + 10^{2.9} + 10^{2.7} + 10^{2.5} + 10^{2.3} + 10^{2.5} + 10^{2.9} + 10^{3.4}) = 48,5 \text{ dB A}$$

De part le calcul, on obtient un niveau de bruit de 48,5 dB A associé à la norme ISO 8253-1 concernant l'audiométrie tonale liminaire au vibreur.

4.6.3. En champ acoustique libre

	1			
	Seuil d'audition minimal de 0 dB HL	Seuil d'audition minimal de 20 dB HL	2	1+2
Bande de tiers d'octave (Hz)	L''max pour la fréquence d'essai la plus basse de 125 Hz en dB SPL	L''max pour la fréquence d'essai la plus basse de 125 Hz en dB SPL	Pondération A	Niveaux de pression acoustique L''max pondérés A
31.5 Hz	52	72	-39,4	32,6
40 Hz	44	64	-34,6	29,4
50 Hz	38	58	-30,2	27,8
63 Hz	32	52	-26,2	25,8
80 Hz	27	47	-22,5	24,5
100 Hz	22	42	-19,1	22,9
125 Hz	17	37	-16,1	20,9
160 Hz	14	34	-13,4	20,6
200 Hz	12	32	-10,9	21,1
250 Hz	10	30	-8,6	21,4
315 Hz	8	28	-6,6	21,4
400 Hz	6	26	-4,8	21,2
500 Hz	5	25	-3,2	21,8
630 Hz	5	25	-1,9	23,1
800 Hz	4	24	-0,8	23,2
1 kHz	4	24	0	24,0
1.25 kHz	4	24	0,6	24,6
1.6 kHz	5	25	1	26,0
2 kHz	5	25	1,2	26,2
2.5 kHz	3	23	1,3	24,3
3.15 kHz	1	21	1,2	22,2
4 kHz	-1	19	1	20,0
5 kHz	1	21	0,5	21,5
6.3 kHz	6	26	-0,1	25,9
8 kHz	12	32	-1,1	30,9

Tableau 36 : Mesure du niveau de bruit en dB A associé aux niveaux de pression acoustique ambiants maximaux admissibles pour une audiométrie tonale liminaire en champ acoustique libre et un seuil d'audition minimal de 20 dB HL

D'après la formule 2 (p. 5), le niveau de bruit en dB A associé aux niveaux de pression acoustique ambiants maximaux admissibles en champ acoustique est de :

$$A.N : L(dBA) = 10 \log (10^{3.3} + 10^{2.9} + 10^{2.8} + 10^{2.6} + 10^{2.5} + 10^{2.3} + 10^{2.1} + 10^{2.1} + 10^{2.1} + 10^{2.1} + 10^{2.1} + 10^{2.2} + 10^{2.3} + 10^{2.3} + 10^{2.4} + 10^{2.5} + 10^{2.6} + 10^{2.6} + 10^{2.4} + 10^{2.2} + 10^{2.0} + 10^{2.2} + 10^{2.6} + 10^{3.1}) = 39,6 \text{ dB A}$$

De part le calcul, on obtient un niveau de bruit de **39,6 dB A** associé à la norme ISO 8253-2 concernant l'audiométrie tonale liminaire en champ libre.

Les différents niveaux de bruit en dB A associés aux niveaux de pression acoustique ambiants maximaux admissibles au casque, au vibreur et en champ sont représentés à la figure 74.

Le niveau du bruit de fond le plus faible à ne pas dépasser est celui de la norme 8253-2 associé à l'audiométrie tonale liminaire en champ libre de 39,6 dB A. Ce niveau correspond étroitement avec le niveau de bruit de fond établi par le décret n°85-590 du 10 juin 1985 de 40 dB A [18].

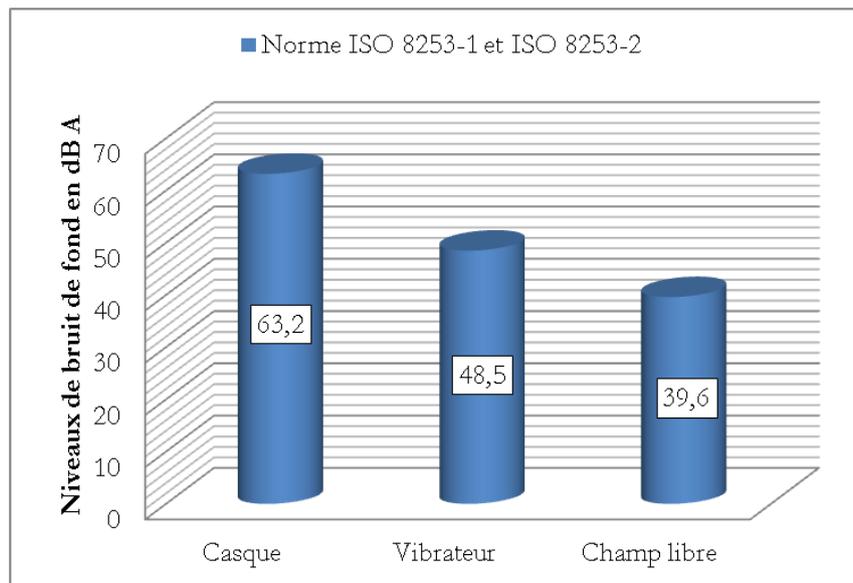


Figure 74: Niveau de bruit en dB A associé aux niveaux de pression acoustique ambiants maximaux admissibles au casque, au vibreur et en champ libre pour un seuil d'audition minimal de 20 dB HL

L'audiométrie tonale liminaire est réalisée en général sur des patients malentendants. Dans ce type de cas le niveau du bruit de fond de la cabine audiométrique de 40 dB A n'a aucune influence sur les audiométries tonales liminaires au casque, au vibreur et en champ libre pour un seuil d'audition minimal de 20 dB HL.

Néanmoins, l'audioprothésiste est amené à pratiquer des audiométries tonales liminaires sur des sujets acouphéniques qui ne présentent pas nécessairement de perte d'audition. La fréquence de l'acouphène, caractérisée par un scotum, peut se situer sur les fréquences aigües, telle que la fréquence 6 000 Hz. Cette fréquence n'a aucun impact sur la perte tonale moyenne. De ce fait, l'audioprothésiste pratique des audiométries tonales liminaires sur des patients normoentendants.

4.7. Limites de l'étude

Les durées des différentes sessions de tests pouvaient atteindre jusqu'à trois heures et trente minutes. On peut donc comprendre la lourdeur des tests pour les sujets. La fatigabilité des sujets peut influencer les résultats audiométriques. Une importante concentration de la part du sujet testé est très importante pour l'obtention de résultats fiables. Une pause de cinq à dix minutes a été accordée entre chaque test pour palier à ce problème.

Les différents tests ont été pratiqués sur un nombre limité de sujets, avec un maximum de cinq sujets, en raison de la lourdeur des tests énoncée précédemment. D'autres tests ont été réalisés sur un sujet unique.

D'autre part, les sujets testés ne sont pas des sujets entraînés à ce type de banc d'essai. Des sujets avec une expérience dans la pratique des différents tests audiométriques peuvent procurer des résultats plus précis.

4.7. Synthèse des manipulations

Les différentes expériences menées ont permis de démontrer l'importance d'un niveau de bruit de fond relativement faible afin d'éviter toute influence de celui-ci sur les résultats audiométriques.

En effet, il relève de ces expériences qu'un niveau de bruit de fond de 30,6 dB A entraîne une dégradation de la perte tonale moyenne (PTM) de 5 dB HL sur l'audiométrie tonale liminaire en champ libre. De plus, cette même dégradation de 5 dB HL est induite par un niveau de bruit de 40 dB A lors de l'audiométrie tonale liminaire au casque.

On peut ainsi noter le caractère important de l'audiométrie effectuée en champ libre (oreilles nues) qui est pratiquée sans aucune protection contre le bruit de fond de la cabine. Contrairement à ce type d'audiométrie, l'audiométrie effectuée au casque TDH 39 présente des coussins atténuateurs MX 41/AR qui affaiblissent le bruit ambiant de la cabine audiométrique permettant ainsi un niveau de bruit ambiant plus élevé.

D'autre part, un niveau de bruit de fond de 40 dB A (fixé par le décret n°85-590 du 10 juin 1985 [18]) entraîne une baisse de la perte tonale moyenne (PTM) de 12 dB HL sur l'audiométrie tonale liminaire en champ libre.

Conclusion

Il y a nécessairement un impact du niveau du bruit de fond de 40 dB A sur les courbes audiométriques réalisées sur des patients normoentendants. L'impact se fait ressentir plus particulièrement sur l'audiométrie tonale liminaire au vibreur et en champ libre, comme le montrent les expériences 4.3 et 4.4 pour un seuil d'audition minimal de 0 dB HL.

L'expérience 4.3 a permis de mesurer les niveaux de bruit de fond en dB A d'une cabine classique d'audiométrie qui entraînent une dégradation de la PTM de 5 dB HL sur l'audiométrie tonale liminaire au casque, au vibreur et en champ acoustique. Ainsi, lors d'une audiométrie au casque, le niveau de bruit de fond de 40 dB A induit une dégradation de la PTM de 5 dB HL. Lors d'une audiométrie au vibreur, le niveau de bruit de fond de 34,5 dB A entraîne cette même dégradation. Or, lors d'une audiométrie en champ libre, le niveau de bruit de fond de seulement 30,6 dB A induit cette même dégradation.

De plus, l'expérience 4.4 a permis de déterminer les hypothèses suivantes. Un niveau de bruit composé de 40,2 dB A entraîne, au cours de l'audiométrie tonale liminaire au casque, une dégradation de la PTM de 2,7 dB HL. Ce niveau de bruit composé entraîne, au cours de l'audiométrie tonale liminaire au vibreur, une dégradation de la PTM de 7,3 dB HL. En outre, ce niveau de bruit composé induit, au cours de l'audiométrie tonale liminaire en champ libre, une dégradation de la PTM binaurale de 12 dB HL.

L'audioprothésiste ne connaît pas au préalable la perte d'audition de son patient, il serait donc plus rigoureux de bénéficier d'un niveau de bruit de fond de la cabine audiométrique le plus bas possible, pour éviter de possibles influences du bruit de fond sur les mesures audiométriques.

Le niveau du bruit de fond à ne pas dépasser de 40 dB A est régi par le décret n°85-590 datant du 10 juin 1985 [18], soit près de 28 ans. Le Précis d'Audioprothèse estime que cette valeur est très excessive et suggère que le niveau de bruit de fond à ne pas dépasser soit de 30 dB A [2].

Ce type de cabine reste très difficile à réaliser. La cabine insonorisée doit être positionnée sur un sol très stable possédant une masse surfacique importante. La cabine audiométrique ne doit avoir aucune surface de contact avec une paroi sonore (cage d'escalier ou d'ascenseur ...). Les fréquences graves possédant une grande longueur d'onde, transmises par conduction solidienne, restent les bruits les plus difficiles à éliminer [13].

Bibliographie

- [1] Acoustique, Méthodes d'essais audiométriques, Partie 1 : Audiométrie liminaire fondamentale à sons purs en conduction aérienne et en conduction osseuse, Norme NF EN ISO 8253-1, Avril 1999, p. 13-14 ; Partie 2 : Audiométrie en champ acoustique avec des sons purs et des bruits à bande étroite comme signaux d'essais, Norme NF EN ISO 8253-2, Avril 1999.
- [2] Précis d'audioprothèse Tome 1, L'appareillage de l'adulte, Le bilan d'orientation prothétique, édition du Collège National d'Audioprothèse 1997, p. 55, p. 87.
- [3] Les lignes isosoniques normales, Norme NF ISO 226 Février 2004, p. 5.
- [4] CHATILLON J., Cours du Bruit au travail et prévention des surdités professionnelles, D.U. Nuisances Sonores, 2013, p. 24.
- [5] Précis d'audioprothèse Tome 1, L'appareillage de l'adulte, Le bilan d'orientation prothétique, édition du Collège National d'Audioprothèse 1997, p. 66.
- [6] GREMAUD E., Représentant du fabricant B&K, Cours sur les Nuisances Sonores, D.U. Nuisances Sonores, 2013, p.33.
- [7] Dr DUCOURNEAU J., Cours de Physioacoustique, D.E d'Audioprothésiste 2^{ème} année, Faculté de Pharmacie de Nancy, 2011-2012.
- [8] Dr PARIETI. C, Cours d'Audiologie, D.E d' Audioprothésiste 1^{ère} année, Faculté de Pharmacie de Nancy, 2010-2011.
- [9] Dr DUCOURNEAU J., Cours de Traitement du signal, D.E d'Audioprothésiste 3^{ème} année, Faculté de Pharmacie de Nancy, 2012-2013, p. 13-15, p. 6.
- [10] Dr DUCOURNEAU J., Cours de Propagation des ondes planes, D.E d'Audioprothésiste 1^{ère} année, Faculté de Pharmacie de Nancy, 2010-2011.
- [11] Dr DUCOURNEAU J., Cours de Généralités sur les sons, D.E d'Audioprothésiste 2^{ème} année, Faculté de Pharmacie de Nancy, 2011-2012.
- [12] Site internet :
<http://www.inrs.fr/accueil/produits/mediatheque/doc/publications.html?refINRS=ED%20962>
Site de l'INRS, Techniques de réduction du bruit en entreprise, Référence ED 962, date de consultation Août 2013.
- [13] Site internet :
<http://www.saudiologie.fr/Drupal/sites/default/files/GBPAA.pdf> :
Site de la Société Française d'Audiologie, Guide des Bonnes Pratiques en Audiométrie de l'Adulte, Audiométrie fondamentale, date de consultation Août 2013, p. 9, p. 5.
- [14] Site internet :
<http://mpeea.free.fr/data/enique/Acoustique-2-12.pdf> :
Site de l'Université de Franche-Comté, Cours d'Acoustique.

[15] Acoustique, Zéro de référence pour l'étalonnage d'équipements audiométriques, Partie 7 : Niveau liminaire de référence dans des conditions d'écoute en champ libre et en champ diffus, Norme ISO 389-7, Décembre 1996, p. 2-3.

[16] Zéro de référence pour l'étalonnage d'équipements audiométriques, Partie 3 : Niveaux de référence équivalents de force liminaire pour les vibreurs à sons purs et les ossivateurs, Norme NF EN ISO 389-3, Août 1999, p. 7.

[17] Dr MEYER-BISCH C., La cabine audiométrique, Audio infos numéro 177, Novembre 2012, p.36-39.

[18] Décret n°85-590 du 10 juin 1985 fixant les conditions d'aménagement du local réservé à l'activité d'audioprothésiste.

[19] Site internet :

<http://www.bksv.fr/Products/transducers/acoustic/microphones/microphone-cartridges/4179.aspx?tab=overview> :

Site du fabricant B&K, date de consultation Août 2013.

[20] Dr DUCOURNEAU J., Cours d'Electroacoustique, D.E d'Audioprothésiste 1^{ère} année, Faculté de Pharmacie de Nancy, 2010-2011.

[21] Site internet : <http://www.bksv.fr/Products/transducers/acoustic/microphones/preamplifiers/2660.aspx?tab=overview> :

Site du fabricant B&K, date de consultation Août 2013.

[22] FAUCHEUX S., Cours sur l'Environnement, D.U. Nuisances Sonores, 2013, p. 34.

[23] Site internet :

http://www.acoustic1.co.uk/equipment/environment/docs/gb_dbbati32_laboratory.pdf :

Site du fabricant 01 dB-METRAVIB, date de consultation Août 2013.

[24] Site internet :

<http://sfaudiologie.fr/documents/AM21908.html> :

Site de la Société Française d'Audiologie, Guide des Bonnes Pratiques en Audiométrie de l'Adulte, date de consultation Août 2013.

[25] Acoustique, Distribution statistique des seuils d'audition en fonction de l'âge, Norme NF EN ISO 7029, Août 2000.

[26] Site internet :

<http://www.bksv.fr/Products/transducers/acoustic/microphones/microphone-preamplifier-combinations/4189-W-3.aspx?tab=specifications> :

Site du fabricant B&K, date de consultation Août 2013.

[27] Site internet :

http://www.neumann-kh-line.com/neumann-kh/home_en.nsf/root/prof-monitoring_discontinued-monitors_studio-products_O110# :

Site du fabricant Neumann, date de consultation Août 2013.

[28] Dr DUCOURNEAU J., Cours Acoustique du bâtiment, D.E d'Audioprothésiste 2^{ème} année, Faculté de Pharmacie de Nancy, 2011-2012.

[29] Site internet :

<http://www.biap.org/fr/recommandations/65-ct-2-classification-des-surdites/5-recommandation-biap-021-bis> :

Site du Bureau International d'Audiophonologie, Recommandation BIAP 02/1 bis, date de consultation Août 2013.

Liste des illustrations

FIGURE 1 : LIGNES ISOSONNIQUES NORMALES POUR DES SONS PURS DANS DES CONDITIONS D'ECOUTE	3
FIGURE 2 : PONDERATIONS FREQUENTIELLES A, B ET C TIREES DU FABRICANT B&K [6]	4
FIGURE 3 : CONVERSION DES DB PHYSIQUES DB SPL EN DB AUDIOMETRIQUES DB HL.....	5
FIGURE 4 : ANALYSE DE LA DENSITE SPECTRALE DU BRUIT ROSE EN BANDES FINES (dB/Hz) [11]	9
FIGURE 5 : ANALYSE DE LA DENSITE SPECTRALE DU BRUIT ROSE PAR BANDE D'OCTAVE (DB/OCTAVE) [11].....	9
FIGURE 6 : ORIGINE DU CHAMP DIFFUS [14]	11
http://mpeea.free.fr/data/enique/Acoustique-2-12.pdf	
FIGURE 7: DIFFERENCE CHAMP DIRECT / CHAMP DIFFUS [14].....	12
http://mpeea.free.fr/data/enique/Acoustique-2-12.pdf	
FIGURE 8: SON WOBULE, EXEMPLE D'UN SIGNAL MODULE EN FREQUENCE, VARIATION TEMPORELLE ET SPECTRALE DE L'AMPLITUDE RESPECTIVEMENT [9]	12
FIGURE 9: NIVEAU DE BRUIT EN DB A ASSOCIE AUX NIVEAUX DE PRESSION ACOUSTIQUE AMBIANTS MAXIMAUX ADMISSIBLES AU CASQUE, AU VIBRATEUR ET EN CHAMP LIBRE POUR UN SEUIL D'AUDITION MINIMAL DE 0 DB HL	21
FIGURE 10: MATERIAUX ISOLANTS ET DIFFUSEURS.....	22
FIGURE 11: POSITIONNEMENT DU FAUTEUIL	22
FIGURE 12: ISOLATION DES CABLES PAR UTILISATION DU SABLE	23
FIGURE 13: MICROPHONE FAIBLE BRUIT B&K DE TYPE 4179	24
FIGURE 14: MICROPHONE FAIBLE BRUIT B&K DE TYPE 4179 ASSOCIE A SON PREAMPLIFICATEUR B&K	24
FIGURE 15: BOITIER DE RANGEMENT	24
FIGURE 16: PISTONPHONE B&K DE TYPE 4231	25
http://www.signalysis.com/pdf/BK4231%20Microphone%20Calibrator.pdf	
FIGURE 17: CALIBRAGE DU MICROPHONE FAIBLE BRUIT B&K DE TYPE 4179	25
FIGURE 18: AMPLIFICATEUR DE MESURE B&K DE TYPE 2636.....	25
FIGURE 19: SCHEMA DE FONCTIONNEMENT DE L'AMPLIFICATEUR DE MESURE B&K DE TYPE 2636	26
http://ims.si/documents/2636.pdf	
FIGURE 20: AMPLIFICATEUR DE MESURE B&K DE TYPE 2636 DU PROTOCOLE D'ESSAI.....	26
FIGURE 21: SYSTEME D'ACQUISITION BI-VOIES SYMPHONIE DE	27
FIGURE 22: OREILLE ARTIFICIELLE ET MASTOÏDE ARTIFICIELLE	27
FIGURE 23: AUDIOMETRE INTERACOUSTICS AD629	28
FIGURE 24: CASQUE TDH 39 EQUIPE DE COQUES PELTOR	29
FIGURE 25: KNOWLES ELECTRONIC MANIKIN FOR ACOUSTIC RESEARCH (KEMAR)	30
FIGURE 26: COUPLEUR CEI 711	30
http://www.aes.org/technical/documentDownloads.cfm?docID=177	
FIGURE 27: OSSIVIBRATEUR DE TYPE B71	31
http://www.echodia.fr/fr/accessoire.php?id=22	
FIGURE 28: MESURE DU BRUIT DE FOND DE LA SALLE D'ESSAI BESA PAR BANDE D'OCTAVE	33
FIGURE 29: REPRESENTATION SPECTRALE DU BRUIT DE FOND DE LA SALLE BESA PAR TIERS D'OCTAVE.....	35
FIGURE 30: AUDIOGRAMMES DE REFERENCE CHEZ LES HOMMES ET LES FEMMES DE 20 A 70 ANS [25]	37
http://www.sfaudiologie.fr/documents/GBPAA1_6.pdf	
FIGURE 31: MICROPHONE DE REFERENCE POSITIONNE SUR UN PIED	40
FIGURE 32: CHOIX DES FREQUENCES A TESTER.....	41
FIGURE 33: TRACE DE LA COURBE DE REponses REGULIER	41
FIGURE 34: SEUIL D'AUDITION DE REFERENCE POUR DES SONS PURS DANS DES CONDITIONS D'ECOUTE EN CHAMP LIBRE BINAURAL (INCIDENCE FRONTAL) ET POUR DES BANDES D'UN TIERS D'OCTAVE DE BRUIT	42
FIGURE 35: SCHEMA TYPE DU POSITIONNEMENT DU SUJET ET DE L'OPERATEUR.....	47
http://www.otometrics.fr/evaluation-de-laudition/Audiometres/clinique-audiom%C3%A8tre-Madsen-astera	
FIGURE 36: CABINE STANDARD MUNIE D'UNE PORTE ISOLANTE	47
FIGURE 37: SYSTEME D'ACQUISITION 16 VOIES ORCHESTRA DE 01 DB-METRAVIB	48
FIGURE 38: EXEMPLE TYPE D'UNE MESURE DU BRUIT PAR TIERS D'OCTAVE	49
FIGURE 39: BOITIER DE L'AUDIOMETRE OTOMETRICS MADSEN ASTERA INSTALLE DANS LA CABINE AUDIOMETRIQUE.....	50
FIGURE 40: AUDIOMETRE OTOMETRICS MADSEN ASTERA PILOTE PAR UN ORDINATEUR PC	50
FIGURE 41: CASQUE TDH 39	50

FIGURE 42: COUSSINS MX 41/AR COMPATIBLE AVEC LES CASQUES TDH 39 ET TDH 49	50
http://www.puretone.net/tsnp_2011/mx41_ar_cushion.html	
FIGURE 43: AFFAIBLISSEMENT MOYEN DE PERCEPTION SONORE DU CASQUE TDH 39 PAR TIERS D'OCTAVE.....	51
FIGURE 44: VALIDITE DE L'ETALONNAGE	53
FIGURE 45: MICROPHONE B&K DE TYPE 4189 NOTE F11	53
FIGURE 46: CALIBRAGE DU MICROPHONE FAIBLE BRUIT B&K DE TYPE 4179	54
FIGURE 47: AMPLIFICATEUR DE MESURE B&K DE TYPE 2636 REGLE AVEC UN GAIN DE 40 DB SUR LA SECTION DE SORTIE (OUTPUT SECTION GAIN)	54
FIGURE 48: MICROPHONE FAIBLE BRUIT POSITIONNE SUR UN SUPPORT (FRAGILITE DE CE TYPE DE MICROPHONE)	54
FIGURE 49: CAPTEUR DE SENSIBILITE DE 101,176 V/UP.....	55
FIGURE 50: PREMIERE MESURE DU BRUIT DE FOND DE LA CABINE INSONORISEE PAR TIERS D'OCTAVE.....	56
FIGURE 51: DEUXIEME MESURE DU BRUIT DE FOND DE LA CABINE INSONORISEE PAR TIERS D'OCTAVE	56
FIGURE 52: TROISIEME MESURE DU BRUIT DE FOND DE LA CABINE INSONORISEE PAR TIERS D'OCTAVE	57
FIGURE 53: REPRESENTATION SPECTRALE DU BRUIT DE FOND DE LA SALLE INSONORISEE PAR TIERS D'OCTAVE	59
FIGURE 54: SCHEMA DE FONCTIONNEMENT DU HAUT-PARLEUR KLEIN + HUMMEL 0110	60
http://www.neumann-kh-line.com/klein-hummel/globals.nsf/resources/o110_block_diagram.pdf/\$File/o110_block_diagram.pdf	
FIGURE 55: HAUT-PARLEUR KLEIN + HUMMEL 0110.....	60
FIGURE 56: HAUT-PARLEUR POSITIONNE FACE A UNE PAROI DE LA CABINE STANDARD.....	61
FIGURE 57: NIVEAUX DE PRESSION ACOUSTIQUE A L'EMISSION <i>LE</i> ET A LA RECEPTION <i>LR</i>	62
FIGURE 58: INDICE D'AFFAIBLISSEMENT BRUT REPRESENTE PAR TIERS D'OCTAVE	64
FIGURE 59: VIDEO-OTOSCOPE AURICAL OTOCAM 300.....	65
http://www.medicaexpo.fr/prod/otometrics/otoscopes-video-70796-473212.html	
FIGURE 60: COMPARAISON DE LA MESURE DU NIVEAU DE BRUIT EN DB A ASSOCIE AUX NIVEAUX DE PRESSION ACOUSTIQUE AMBIANTS MAXIMAUX ADMISSIBLES POUR UNE AUDIOMETRIE TONALE LIMINAIRE AU CASQUE	74
FIGURE 61: COMPARAISON DE LA MESURE DU NIVEAU DE BRUIT EN DB A ASSOCIE AUX NIVEAUX DE PRESSION ACOUSTIQUE AMBIANTS MAXIMAUX ADMISSIBLES POUR UNE AUDIOMETRIE TONALE LIMINAIRE EN CONDUCTION OSSEUSE	76
FIGURE 62: COMPARAISON DE LA MESURE DU NIVEAU DE BRUIT EN DB A ASSOCIE AUX NIVEAUX DE PRESSION ACOUSTIQUE AMBIANTS MAXIMAUX ADMISSIBLES POUR UNE AUDIOMETRIE TONALE LIMINAIRE EN CHAMP ACOUSTIQUE	78
FIGURE 63: LES BRUITS REPRESENTES SONT : LE BRUIT COMPOSE MOYEN DE 40 DB A, LE BRUIT DE FOND DE LA CABINE INSONORISEE DE 24 DB A ET LES VALEURS DE REFERENCE DE LA NORME ISO 8253-1 AU CASQUE	82
FIGURE 64: LES BRUITS REPRESENTES SONT : LE BRUIT COMPOSE MOYEN DE 50,2 DB A, LE BRUIT DE FOND DE LA CABINE INSONORISEE DE 24 DB A ET LES VALEURS DE REFERENCE DE LA NORME ISO 8253-1 AU CASQUE	84
FIGURE 65: LES BRUITS REPRESENTES SONT : LE BRUIT COMPOSE MOYEN DE 34,5 DB A, LE BRUIT DE FOND DE LA CABINE INSONORISEE.....	88
FIGURE 66: LES BRUITS REPRESENTES SONT : LE BRUIT COMPOSE MOYEN DE 30,6 DB A, LE BRUIT DE FOND DE LA CABINE INSONORISEE.....	92
FIGURE 67: ECART-TYPES DES MESURES DU BRUIT COMPOSE AU CASQUE, AU VIBRATEUR ET EN CHAMP LIBRE DES 5 SUJETS	93
FIGURE 68: NIVEAUX DE BRUIT DE FOND EN DB A DE LA CABINE INSONORISEE ENTRAINANT UNE DEGRADATION DE LA PTM DE 5 DB HL SUR L'AUDIOMETRIE TONALE LIMINAIRE AU CASQUE, AU VIBRATEUR ET EN CHAMP ACOUSTIQUE.....	94
FIGURE 69: PREMIERE MESURE DU BRUIT COMPOSE PAR TIERS D'OCTAVE.....	95
FIGURE 70: DEUXIEME MESURE DU BRUIT COMPOSE PAR TIERS D'OCTAVE	95
FIGURE 71: TROISIEME MESURE DU BRUIT COMPOSE PAR TIERS D'OCTAVE	96
FIGURE 72: LES BRUITS REPRESENTES SONT : LE BRUIT COMPOSE MOYEN DE 40,2 DB A	99
FIGURE 73: DEGRADATION DE LA PTM SUR L'AUDIOMETRIE TONALE LIMINAIRE AU CASQUE, AU VIBRATEUR ET EN CHAMP ACOUSTIQUE INDUITE PAR UN NIVEAU DE BRUIT DE FOND DE LA CABINE INSONORISEE DE 40 DB A ..	100
FIGURE 74: NIVEAU DE BRUIT EN DB A ASSOCIE AUX NIVEAUX DE PRESSION ACOUSTIQUE AMBIANTS MAXIMAUX ADMISSIBLES CASQUE VIBRATEUR ET EN CHAMP LIBRE POUR UN SEUIL D'AUDITION MINIMAL DE 20 DB HL	104

Liste des tableaux

TABLEAU 1 : FREQUENCES CENTRALES ET LIMITES NORMALISEES POUR LES OCTAVES ET TIERS D'OCTAVES DU DOMAINE AUDIBLE [9]	6
TABLEAU 2 : NIVEAUX DE PRESSION ACOUSTIQUE AMBIANTS MAXIMAUX ADMISSIBLES PAR TIERS D'OCTAVE	15
TABLEAU 3 : MESURE DU NIVEAU DE BRUIT EN DB A ASSOCIE AUX NIVEAUX DE PRESSION ACOUSTIQUE AMBIANTS MAXIMAUX ADMISSIBLES POUR UNE AUDIOMETRIE TONALE LIMINAIRE AU CASQUE	16
TABLEAU 4 : NIVEAUX DE PRESSION ACOUSTIQUE AMBIANTS MAXIMAUX ADMISSIBLES PAR BANDE DE TIERS D'OCTAVE, L'_{max} , POUR L'AUDIOMETRIE EN CONDUCTION OSSEUSE [1].....	17
TABLEAU 5 : MESURE DU NIVEAU DE BRUIT EN DB A ASSOCIE AUX NIVEAUX DE PRESSION ACOUSTIQUE AMBIANTS MAXIMAUX ADMISSIBLES POUR UNE AUDIOMETRIE TONALE LIMINAIRE EN CONDUCTION OSSEUSE	18
TABLEAU 6 : AUDIOMETRIE EN CHAMP ACOUSTIQUE NIVEAUX MAXIMAUX ADMISSIBLES, L''_{max} , PAR BANDE DE TIERS D'OCTAVE, DE LA PRESSION ACOUSTIQUE AMBIANTE [1].....	19
TABLEAU 7 : MESURE DU NIVEAU DE BRUIT EN DB A ASSOCIE AUX NIVEAUX DE PRESSION ACOUSTIQUE AMBIANTS MAXIMAUX ADMISSIBLES POUR UNE AUDIOMETRIE TONALE LIMINAIRE EN CHAMP ACOUSTIQUE	20
TABLEAU 8 : DIFFERENCES PROVISOIRES DES NIVEAUX DE REFERENCE EQUIVALENTS DE FORCE LIMINAIRE ENTRE LE POSITIONNEMENT DU VIBRATEUR SUR LE FRONT ET SUR L'APOPHYSE MASTOÏDE DE L'OS TEMPORAL [ISO 389-3] [16].....	31
TABLEAU 9 : NIVEAUX DE PRESSION ACOUSTIQUE DU BRUIT DE FOND DE LA SALLE BESA PAR BANDE D'OCTAVE	34
TABLEAU 10 : AIDE AU CALCUL DU NIVEAU DU BRUIT DE FOND DE LA SALLE BESA EN DB A.....	36
TABLEAU 11 : RESULTATS DES TROIS AUDIOMETRIES TONALES LIMINAIRES AU CASQUE	39
TABLEAU 12 : SEUILS D'AUDITION DE REFERENCE POUR LES CONDITIONS D'ECOUTE ET DIFFERENCE ENTRE LES NIVEAUX DE PRESSION ACOUSTIQUE ENTRE LES DEUX TYPES DE CHAMP ACOUSTIQUE POUR LE SEUIL D'AUDITION PAR BANDE D'OCTAVE.....	43
TABLEAU 13 : RESULTATS DES TROIS AUDIOMETRIES TONALES LIMINAIRES EN CHAMP ACOUSTIQUE DIFFUS	44
TABLEAU 14 : RESULTATS DES TROIS AUDIOMETRIES TONALES LIMINAIRES EN CONDUCTION OSSEUSE.....	45
TABLEAU 15 : AFFAIBLISSEMENT MOYEN DE PERCEPTION SONORE DES ECOUTEURS SUPRA-AURAUX COURANTS [ISO 8253-1] [1]	51
TABLEAU 16 : AIDE AU CALCUL DU NIVEAU DU BRUIT DE FOND DE LA SALLE INSONORISEE EN DB A	58
TABLEAU 17 : INDICE D'AFFAIBLISSEMENT BRUT D CALCULE A PARTIR DE LE ET DE LR	63
TABLEAU 18 : RESULTATS DE L'AUDIOMETRIE TONALE LIMINAIRE AU CASQUE	66
TABLEAU 19 : RESULTATS DE L'AUDIOMETRIE TONALE LIMINAIRE EN CHAMP ACOUSTIQUE LIBRE.....	67
TABLEAU 20 : RESULTATS DE L'AUDIOMETRIE TONALE LIMINAIRE AU VIBRATEUR	68
TABLEAU 21 : COMPARAISON DE L'AUDIOMETRIE TONALE LIMINAIRE AU CASQUE DES DEUX ETUDES CLINIQUES.....	70
TABLEAU 22 : COMPARAISON DE L'AUDIOMETRIE TONALE LIMINAIRE EN CHAMP ACOUSTIQUE DES DEUX ETUDES CLINIQUES	71
TABLEAU 23 : COMPARAISON DE L'AUDIOMETRIE TONALE LIMINAIRE AU VIBRATEUR DES DEUX ETUDES CLINIQUES....	72
TABLEAU 24 : DEGRADATION DE LA PTM DE 5 DB HL AU COURS DE L'AUDIOMETRIE TONALE LIMINAIRE PRATIQUEE A L'AIDE DU CASQUE.....	80
TABLEAU 25 : NIVEAU DU BRUIT COMPOSE MOYEN DE 40 DB A, CALCULE A L'AIDE DES CINQ BRUITS COMPOSES MESURES.....	81
TABLEAU 26 : DEGRADATION DE LA PTM DE 10 DB HL AU COURS DE L'AUDIOMETRIE TONALE LIMINAIRE PRATIQUEE A L'AIDE DU CASQUE.....	83
TABLEAU 27 : NIVEAU DU BRUIT COMPOSE MOYEN DE 50,2 DB A, CALCULE A L'AIDE DES TROIS BRUITS COMPOSES MESURES.....	83
TABLEAU 28 : DEGRADATION DE LA PTM DE 5 DB HL AU COURS DE L'AUDIOMETRIE TONALE LIMINAIRE PRATIQUEE A L'AIDE DE L'OSSIVIBRATEUR	86
TABLEAU 29 : NIVEAU DU BRUIT COMPOSE MOYEN DE 34,5 DB A, CALCULE A L'AIDE DES SIX BRUITS COMPOSES MESURES.....	87
TABLEAU 30 : DEGRADATION DE LA PTM BINAURALE DE 5 DB HL AU COURS DE L'AUDIOMETRIE TONALE LIMINAIRE PRATIQUEE EN CHAMP ACOUSTIQUE LIBRE	90

TABLEAU 31 : NIVEAU DU BRUIT COMPOSE MOYEN DE 30,6 DB A, CALCULE A L'AIDE DES CINQ BRUITS COMPOSES MESURES.....	91
TABLEAU 32 : NIVEAU DU BRUIT COMPOSE MOYEN DE 40,2 DB A, CALCULE A L'AIDE DES TROIS BRUITS COMPOSES MESURES.....	97
TABLEAU 33 : DIFFERENTES DEGRADATIONS DE LA PTM EN DB HL AU COURS DE L'AUDIOMETRIE TONALE LIMINAIRE PRATIQUEE A L'AIDE DU CASQUE, DE L'OSSIVIBRATEUR ET EN CHAMP ACOUSTIQUE LIBRE	98
TABLEAU 34 : MESURE DU NIVEAU DE BRUIT EN DB A ASSOCIE AUX NIVEAUX DE PRESSION ACOUSTIQUE AMBIANTS MAXIMAUX ADMISSIBLES POUR UNE AUDIOMETRIE TONALE LIMINAIRE AU CASQUE ET UN SEUIL D'AUDITION MINIMAL DE 20 DB HL.....	101
TABLEAU 35 : MESURE DU NIVEAU DE BRUIT EN DB A ASSOCIE AUX NIVEAUX DE PRESSION ACOUSTIQUE AMBIANTS MAXIMAUX ADMISSIBLES POUR UNE AUDIOMETRIE TONALE LIMINAIRE AU VIBRATEUR ET UN SEUIL D'AUDITION MINIMAL DE 20 DB HL.....	102
TABLEAU 36 : MESURE DU NIVEAU DE BRUIT EN DB A ASSOCIE AUX NIVEAUX DE PRESSION ACOUSTIQUE AMBIANTS MAXIMAUX ADMISSIBLES POUR UNE AUDIOMETRIE TONALE LIMINAIRE EN CHAMP ACOUSTIQUE LIBRE ET UN SEUIL D'AUDITION MINIMAL DE 20 DB HL	103

Table des Annexes

ANNEXE 1 : DECRET N°85-590 DU 10 JUIN 1985.....	115
ANNEXE 2 : FICHE TECHNIQUE DU MICROPHONE FAIBLE BRUIT B&K DE TYPE 4179.....	116
ANNEXE 3 : FICHE TECHNIQUE DE L'AUDIOMETRE INTERACOUSTICS AD 629.....	120
ANNEXE 4 : FICHE TECHNIQUE DE L'AUDIOMETRE OTOMETRICS MADSEN ASTERA.....	121
ANNEXE 5 : DEGRADATION DE LA PTM DE 5 DB HL AU CASQUE (CAS DE MONSIEUR V).....	122
ANNEXE 6 : DEGRADATION DE LA PTM DE 5 DB HL AU CASQUE (CAS DE MONSIEUR W).....	123
ANNEXE 7 : DEGRADATION DE LA PTM DE 5 DB HL AU CASQUE (CAS DE MONSIEUR Y OREILLE DROITE).....	124
ANNEXE 8 : DEGRADATION DE LA PTM DE 5 DB HL AU CASQUE (CAS DE MONSIEUR Y OREILLE GAUCHE).....	125
ANNEXE 9 : DEGRADATION DE LA PTM DE 5 DB HL AU CASQUE (CAS DE MONSIEUR Z).....	126
ANNEXE 10 : DEGRADATION DE LA PTM DE 5 DB HL AU VIBRATEUR (CAS DE MONSIEUR V).....	127
ANNEXE 11 : DEGRADATION DE LA PTM DE 5 DB HL AU VIBRATEUR (CAS DE MONSIEUR W).....	128
ANNEXE 12 : DEGRADATION DE LA PTM DE 5 DB HL AU VIBRATEUR (CAS DE MADAME X).....	129
ANNEXE 13 : DEGRADATION DE LA PTM DE 5 DB HL AU VIBRATEUR (CAS DE MONSIEUR Y OREILLE DROITE).....	130
ANNEXE 14:DEGRADATION DE LA PTM DE 5 DB HL AU VIBRATEUR (CAS DE MONSIEUR Y OREILLE GAUCHE).....	131
ANNEXE 15 : DEGRADATION DE LA PTM DE 5 DB HL AU VIBRATEUR (CAS DE MONSIEUR Z).....	132
ANNEXE 16 : DEGRADATION DE LA PTM BINAURALE DE 5 DB HL EN CHAMP LIBRE (CAS DE MONSIEUR V).....	133
ANNEXE 17 : DEGRADATION DE LA PTM BINAURALE DE 5 DB HL EN CHAMP LIBRE (CAS DE MONSIEUR W).....	134
ANNEXE 18 : DEGRADATION DE LA PTM BINAURALE DE 5 DB HL EN CHAMP LIBRE (CAS DE MADAME X).....	135
ANNEXE 19 : DEGRADATION DE LA PTM BINAURALE DE 5 DB HL EN CHAMP LIBRE (CAS DE MONSIEUR Y).....	136
ANNEXE 20 : DEGRADATION DE LA PTM BINAURALE DE 5 DB HL EN CHAMP LIBRE (CAS DE MONSIEUR Z).....	137

A	x = 961 740	y = 3 151 580
	(sommet A du permis initial)	
F	x = 961 135	y = 3 147 500
	(sommet F du permis initial)	
I	x = 961 200	y = 3 146 500
	(sommet I du permis initial)	
J	x = 958 980	y = 3 146 460
E	x = 959 300	y = 3 149 550
	(sommet E du permis initial)	

Nota. - L'extrait de carte mentionné ci-dessus pourra être consulté par le public à la direction générale de l'énergie et des matières premières (bureau de législation), 97, rue de Grenelle, Paris (7^e), ainsi que dans les bureaux de la direction régionale de l'industrie et de la recherche de Provence-Alpes-Côte d'Azur, 57, boulevard Périer, à Marseille.

MINISTÈRE DES AFFAIRES SOCIALES ET DE LA SOLIDARITÉ NATIONALE

Décret n° 85-590 du 10 juin 1985 fixant les conditions d'aménagement du local réservé à l'activité d'audioprothésiste

Le Premier ministre,

Sur le rapport du ministre de la défense, du ministre de l'éducation nationale, du ministre des affaires sociales et de la solidarité nationale, porte-parole du Gouvernement,

Vu le code de la santé publique, et notamment les articles L. 510-4 ;

Vu le décret n° 70-428 du 14 mai 1970 fixant les conditions d'aménagement du local réservé à l'activité professionnelle d'audioprothésiste,

Décète :

Art. 1^{er}. - Le local réservé à l'activité professionnelle d'audioprothésiste comprend :

1. Soit un cabinet et une cabine insonorisée, soit une salle de mesures audioprothétiques d'un volume utile minimum de quinze mètres cubes. Dans les deux cas, le niveau de bruit dans les conditions normales d'utilisation ne doit pas excéder quarante décibels A exprimé en niveau constant équivalent sur une durée de mesure d'une heure ; ce temps de réverbération ne doit pas, pendant les mesures audioprothétiques, y être supérieur à 0,5 seconde à la fréquence de 500 hertz.

2. Une salle d'attente distincte de la salle de mesures audioprothétiques.

3. Un laboratoire isolé de la salle de mesures audioprothétiques lorsqu'il y a fabrication d'embouts ou de coques.

Art. 2. - L'audioprothésiste doit disposer dans le local défini à l'article 1^{er} des matériels suivants :

1. Matériel de mesures audioprothétiques :

- un audiomètre tonal et vocal classe A normalisé ou un ensemble audiométrique équivalent comportant des sorties sur écouteurs, vibreur, haut-parleur. Un système de localisation sonore est composé d'au moins trois haut-parleurs distants d'un mètre au moins par rapport au sujet testé ;

- un dispositif permettant l'équilibrage des prothèses stéréophoniques ;

- une boucle magnétique ;

- un dispositif permettant d'effectuer des tests d'audition dans le bruit ;

- un dispositif de conditionnement audiométrique adaptable aux aptitudes psychomotrices du sujet testé, comprenant notamment en cas d'appareillage du jeune enfant un matériel d'audiologie infantile ;

- un dispositif permettant de tester l'efficacité des prothèses auditives vis-à-vis de différents moyens de communication ;

- une chaîne de mesure électro-acoustique permettant de contrôler les caractéristiques des amplificateurs correcteurs de l'audition courbe de réponse, gain ou formule acoustique, distorsions, niveau de sortie ;

- un sonomètre de précision normalisé.

2. Matériel et produits nécessaires aux prises d'empreintes du conduit auditif : otoscope éclairant, miroir de Clar pour l'examen du conduit auditif externe, seringues à empreintes, spéculum d'oreille.

3. Matériel d'entretien nécessaire à la maintenance des amplificateurs correcteurs de l'audition et des-embouts.

Art. 3. - Le décret du 14 mai 1970 susvisé est abrogé.

Art. 4. - A titre dérogatoire, les audioprothésistes, en exercice à la date de publication du présent décret et ne disposant pas d'un local professionnel répondant aux conditions d'aménagement définies aux articles 1^{er} et 2, peuvent continuer à exercer leur activité dans les conditions anciennement définies par le décret du 14 mai 1970, sous réserve de se conformer aux présentes dispositions avant le 1^{er} juillet 1986.

Art. 5. - Le ministre de la défense, le ministre de l'éducation nationale, le ministre des affaires sociales et de la solidarité nationale, porte-parole du Gouvernement et le secrétaire d'Etat auprès du ministre des affaires sociales et de la solidarité nationale, porte-parole du Gouvernement, chargé de la santé, sont chargés, chacun en ce qui le concerne, de l'exécution du présent décret, qui sera publié au *Journal officiel* de la République française.

Fait à Paris, le 10 juin 1985.

LAURENT FABIUS

Par le Premier ministre :

*Le ministre des affaires sociales
et de la solidarité nationale,
porte-parole du Gouvernement,*
GEORGINA DUFOIX

Le ministre de la défense,
CHARLES HERNU

Le ministre de l'éducation nationale,
JEAN-PIERRE CHEVÈNEMENT

*Le secrétaire d'Etat auprès du ministre
des affaires sociales et de la solidarité nationale,
porte-parole du Gouvernement, chargé de la santé,*
EDMOND HERVÉ

Décret n° 85-591 du 10 juin 1985 relatif à l'indemnisation des gardes médicales et des astreintes effectuées dans les établissements hospitaliers publics

Le Premier ministre,

Sur le rapport du ministre de l'économie, des finances et du budget, du ministre de l'intérieur et de la décentralisation et du ministre des affaires sociales et de la solidarité nationale, porte-parole du Gouvernement,

Vu le décret du 17 avril 1943 portant règlement d'administration publique pour l'application de la loi du 21 décembre 1941 relative aux hôpitaux et hospices publics, modifié, et notamment ses articles 225, 226 et 226 bis ;

Vu le décret n° 64-207 du 7 mars 1964 modifié relatif aux conditions de recrutement et au statut des externes et des internes en médecine des centres hospitaliers régionaux faisant partie d'un centre hospitalier et universitaire, et notamment ses articles 32 et 36 ;

Vu le décret n° 73-848 du 22 août 1973 modifié relatif à l'internat en pharmacie, et notamment ses articles 20 et 26 ;

Vu le décret n° 82-634 du 8 juillet 1982 relatif à la prise en compte des rémunérations des praticiens, à la tarification des consultations externes et au contrôle de l'activité médicale hos-

Product Data

Condenser Microphone — Type 4179 Microphone Preamplifier — Type 2660

System for very-low-level sound measurements

USES:

- 0 Hearing research
- 0 Monitoring of very low background noise levels
- 0 Sound power measurement of very-low-level sources
- 0 Distanced measurement of very-low-level compressor, fan or motor noise where close measurements are impaired by wind-induced noise

FEATURES:

- 0 Very low inherent noise floor of $-2,5\text{dB (A)}$ (-7 to -16dB in the $1/3$ -octave bands 20 Hz to 20 kHz)
- 0 High sensitivity: 1 V/Pa
- 0 Frequency response in accordance with IEC 651, Type 1
- 0 Microphone individually calibrated
- 0 Well-defined operating characteristics

Condenser Microphone Type 4179 and Microphone Preamplifier Type 2660 constitute a unique system for measuring sound pressures well below the nominal $0\text{dB re } 20\text{ }\mu\text{Pa}$ reference level for acoustic measurements. The $1/3$ -octave bandwidth inherent noise floor of the complete system at 1 kHz is typically -16dB .

The frequency response of the combined microphone and preamplifier system ranges from 7 Hz to $12,5\text{ kHz}$ $+2, -3\text{dB}$ and is in accordance with IEC 651, Type 1 requirements. High sensitivity, low inherent noise and well-defined operating characteristics, make the system suitable for a wide range of applications: from laboratory hearing research and quality assurance measurements in anechoic chambers, to industrial measurements of very low-level machine noise.

Condenser Microphone Type 4179 is supplied with a calibration chart which includes individually measured frequency responses, sensitivity and inherent noise.



Brüel & Kjær has developed the 1" Condenser Microphone Type 4179 and Microphone Preamplifier Type 2660 system for measuring ultra-low sound pressure levels. High-quality, conventional 1" condenser microphones, such as B&K Types 4144 and 4145, and half-inch diameter Types 4165 and 4166, provide for the majority of noise measurements to IEC, ISO

and ANSI standards. However, for measurements around the $20\text{ }\mu\text{Pa}$ reference pressure, a very low noise floor in the $1/3$ -octave bands between 20 Hz and 20 kHz is needed. The microphone and preamplifier system, with a noise floor of typically $-2,5\text{dB(A)}$, provides for this area without compromising the useful frequency range and omnidirectivity of a microphone intended

for precision measurements. With narrow-band analysis, the noise floor falls to approximately -16dB for $1/3$ -octave bandwidth at 1 kHz , and -34dB for $3,16\text{Hz}$ bandwidth at 1 kHz . The system is thus well-suited to both laboratory and industrial applications ranging from hearing research to the measurement of very-low-level machine noise.

Brüel & Kjær 

System Description

Introduction

The system for very low-level sound measurements comprises Type 4179, the Type 2660 and a 1/2" to 1" Adaptor DB0375. Type 2660 is presented in a mahogany case designed with space for the Type 4179 and adaptor, so that the system may be stored together (see main picture). Type 4179, also has its own mahogany case (which fits in the larger case) for separate storage when required. The microphone is supplied with its own calibration chart, and a plastic cover for protecting the diaphragm from dust when the microphone is not in use.

Microphone Preamplifier Type 2660, while designed especially for use with Type 4179, may also be used with other microphones. It has a function selector which is set to "4179 +20dB" for Type 4179, and either "Lin. 0dB" or "Lin. +20dB" for other condenser microphones. Fig. 1 shows the settings in a simplified block diagram of Type 2660. It accepts 1/2" microphones di-

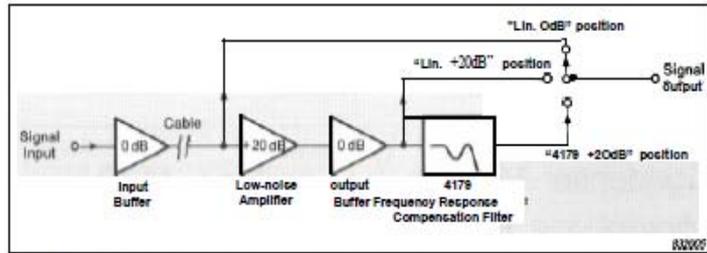


Fig. 1. Simplified block diagram of Type 2660, showing the signal path in each of the three operation modes

rectly and 1" types via the supplied adaptor DB0375. Adaptors are also available for fitting 1/4" and 1/8" diameter microphones*.

Type 2660 may be connected to the range of B&K Frequency Analyzers and Measuring Amplifiers via their 7-pin preamplifier input socket. The necessary preamplifier voltages for the power supply, heater supply and microphone polarization are provided via this socket (see Specifications). Adaptor JE0002 is available for connection to the deeper preamplifier input socket of earlier B&K instruments.

Frequency Response — Individual Calibration

The very low inherent noise of Type 4179 is achieved by reducing the acoustic resistance of the diaphragm damping system. This reduction causes a resonance peak in the frequency response (at approximately 7 kHz) because the diaphragm resonance is underdamped. To compen-

*For details of use of the 2660 with microphones other than Type 4179, see separate Product Data for Microphone Preamplifiers Types 2633, 2639, 2645 and 2660

Inherent Noise of Condenser Microphone Systems

In acoustic circuits, as in electrical networks, thermal noise arises as a result of damping mechanisms, or resistances. These result in an effective equivalent noise pressure given by the equation:

$$\overline{p^2} = \int_{f_1}^{f_2} 4KTRdf$$

where $\overline{p^2}$ is the mean value of the squared equivalent noise pressure. K is Boltzmann's constant, T is the absolute temperature, R is the acoustic resistance and the definite integral is evaluated over frequency limits f_1 and f_2 .

Condenser microphones have two internal sources of noise: the damping mechanism behind the diaphragm, R_1 , and the acoustic resistance of the pressure equalization vent, R_2 . Externally, the acoustic impedance, Z_a , loading the diaphragm on the outside, has a real part, R_a , which also produces thermal noise. A corresponding loading impedance exists at the outside of the pressure equalization vent, but the effect is very small and can be neglected. The most serious noise generator is the dominant acoustic impedance associated with the diaphragm damping system, R_1 . The inherent noise of the transducer can thus be minimized by reducing R_1 .

This approach has been adopted in the design of B&K Condenser Microphone Type 4179. A damping resistance approximately forty times lower than that of conventional 1" microphones has been achieved with a corresponding reduction in noise of 16dB. Since it is not

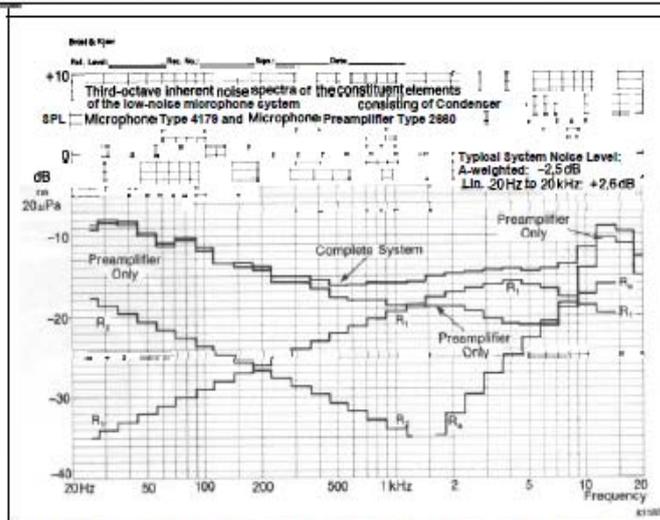


Fig. 2. 1/3-octave inherent noise spectra. Spectra for the complete system and preamplifier alone are measured. Spectra for the cartridge noise generators R_1 , R_2 and R_a have been calculated

possible to reduce the diaphragm mass and stiffness proportionally, the cartridge frequency response is changed significantly; the primary resonance of the diaphragm system is underdamped causing a peak at the diaphragm resonance of 7 kHz. To compensate for this, the Preamplifier Type 2660, has a special filter built-in for use with the 4179. The filter produces a linear frequency response for the complete system (within ± 2 dB from 10 Hz to 10 kHz).

Third-octave noise spectra of the elements comprising the system are shown in Fig. 2. The spectra for the preamplifier alone and the complete system are measured spectra, while those for the individual noise generators of the cartridge are calculated. With the large reduction in R_1 , the real part of the external load impedance R_a becomes a relatively significant noise generator at high frequencies. The inherent noise of the system is typically -2.5 dB(A).

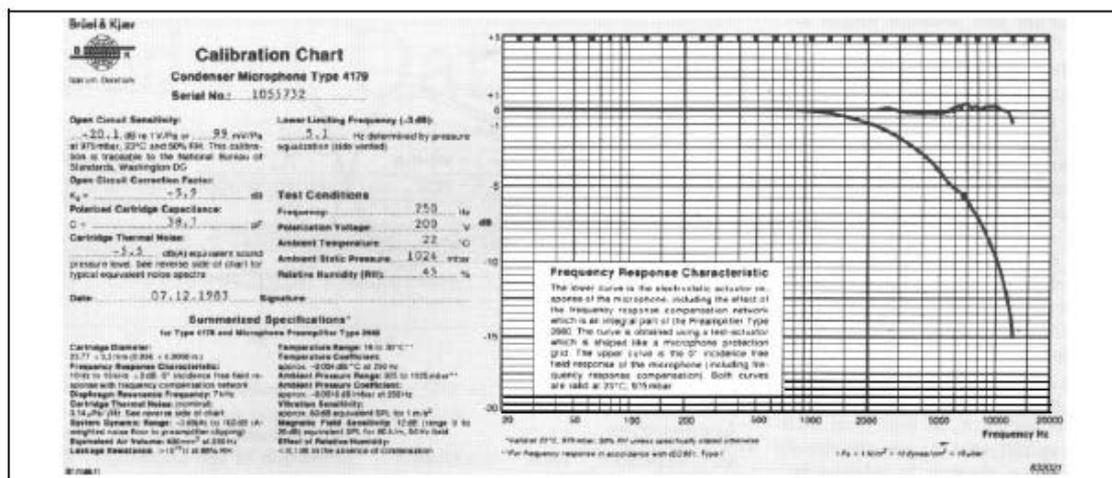


Fig. 3 Calibration chart supplied with Type 4179

sate for the resonance peak, a filter is built into Type 2660, so that the complete system has a linear 0° incidence free-field response. The system can thus be used in accordance with IEC 651, Type 1, for the angles of incidence specified in the standard (0° to 30° and 0° to 90°).

An example of the calibration chart for the 4179 is shown in Fig. 3. The lower curve is the electrostatic actuator response. The upper curve is the 0° incidence free-field response which is obtained by adding the 0° incidence free-field correction to the actuator response. Both curves include the effect of the compensation filter built into the 2660. The calibration chart also includes individually measured values of sensitivity, inherent noise and other relevant data for the 4179.

Free-field correction curves for the 4179 are given in Fig. 4. These show the pressure increase caused by the presence of the microphone itself in the sound field. The free-field response at a specified angle of incidence can then be obtained by adding the relevant free-field correction to the actuator response. The microphone is sensitive to objects placed close to it².

Dynamic Range

The dynamic range of the assembly is shown in Table 1. The lower limits indicate the system noise floor for different bandwidths of the associated measurement equipment. Note that

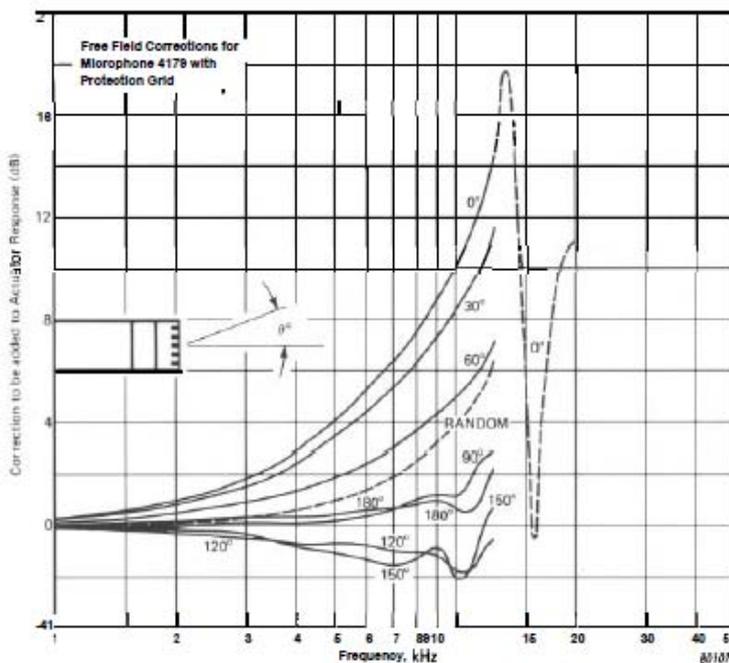


Fig. 4. Free-field correction curves for Microphone Type 4179

Upper Limit	<3% distortion	102dB
Lower Limit	Lin. 20 Hz to 20 kHz	+2,6 dB
	A-weighted Level	-2,5 dB
	1/3 octave at 1 kHz	-16 dB
	3,16 Hz at 1 kHz	-34dB

Table 1. Dynamic range of the assembly

the lower limits for 1/3-octave and 3,16Hz bandwidths are valid at 1 kHz only. (Third-octave spectra are shown in Fig. 2.) The upper limit indicates the 3% distortion limit.

When used with Type 4179, the

maximum input voltage of the 2660 is 0,25V RMS which corresponds to a maximum SPL of 102dB re 20 μPa (105dB peak). Since the system frequency response is limited above 14 kHz, the effect of capacitive loading on the preamplifier output due to extension cables can be neglected. The maximum output current of the preamplifier should not be exceeded, as the signal will be distorted.

Environmental Considerations
For frequency response in accordance with IEC 651, Type 1 the ambient

² Electrostatic actuator calibration using UA 0023 is not possible. Random Incidence corrector and noise cones impair the frequency response of the microphone

temperature and pressure ranges are from 16 to 30°C and from 925 to 1025 mbar, respectively. Fig. 5 shows the change in sensitivity for temperature or pressure variations over these ranges. (Ambient temperature or pressure variations cause a shift in the resonance frequency of the cartridge and thus affect the frequency response of the combined system). With extended frequency response tolerances, the operating temperature and pressure ranges are from -10 to +50°C and from 800 to 1040mbar. The operating temperature range of the preamplifier is from -20 to +60°C.

The long-term stability of the cartridge is excellent, at less than 1dB change in 250 years. In the absence of condensation, changes in relative humidity affect the cartridge sensitivity by less than 0,1dB.

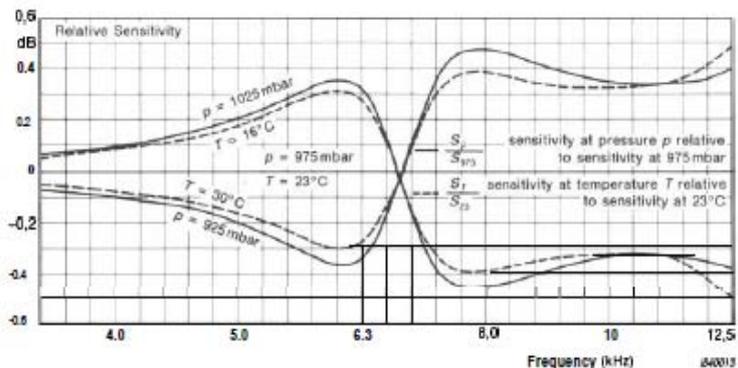


Fig. 5. Relative sensitivity of Type 4179 for variations in ambient temperature and pressure

Accessories

An expanded foam windscreen UA0207 is available for use outdoors or in very dusty environments. This windscreen may also be used in other

measurement situations for additional protection of the diaphragm. The effect of the windscreen on the frequency response of the microphone is small, within ± 1 dB up to 10 kHz.

Specifications 4179, 2660

Note: Data given here refer to use of Type 2660 with Type 4179. For details of use with other condenser microphones, please refer to the separate Product Data available for Types 2633, 2639, 2645 and 2660.

Cartridge data valid at 23°C, 975 mbar, 50% RH unless specifically stated otherwise.

FREQUENCY RESPONSE*:

In accordance with IEC 651, Type 1:
14 Hz to 4 kHz ± 1 dB**
10 Hz to 10 kHz ± 2 dB**
7 Hz to 12,5 kHz $\pm 2, -3$ dB**

Cartridge Lower Limiting Frequency*:
-3dB point at 5 to 7 Hz, determined by pressure equalization system (side vented)

SENSITIVITY:

System: nominally 1 V/Pa (0 dB re 1 V/Pa)
Cartridge*: nominally 100 mV/Pa at 250 Hz (-20 dB re 1 V/Pa)
Preamplifier Gain: 20dB $\pm 0,1$ dB

INHERENT NOISE:

Cartridge Thermal Noise: $0,14 \mu\text{Pa}/\sqrt{\text{Hz}}$
A-weighted: $-5,5$ dB(A) including R_A **
Lin. 20 Hz to 20 kHz: $-3,5$ dB including R_A **
Preamplifier Equivalent Input Noise:
Typically $1,1 \mu\text{V}$ A-weighted with 50 pF connected to preamplifier input
Total System Noise: See Fig.2
A-weighted: $-2,5$ dB
Lin. 20 Hz to 20 kHz: $2,6$ dB

PREAMPLIFIER INPUT:

Input Impedance: $36 \text{ G}\Omega/0,3 \text{ pF}$
Maximum Input Voltage: $0,25 \text{ V RMS}$

PREAMPLIFIER OUTPUT:

Output Impedance: 50Ω
Maximum Output Voltage: $2,5 \text{ V RMS sine}$ (unloaded)

* Individually calibrated

Maximum Output Current: 7mA peak

UPPER LIMIT OF DYNAMIC RANGE:

Cartridge Open Circuit Distortion Limit:
 $< 3\%$ at 100 Hz at 140 dB re $20 \mu\text{Pa}$.
Safety limit: 154dB peak
Upper limit of System: 102 dB re $20 \mu\text{Pa}$

SENSITIVITY TO VIBRATION:

Cartridge: $20 \text{ mPa}/\text{ms}^{-2}$ or 60dB equivalent SPL at 1 ms^{-2} ($f < 1 \text{ kHz}$)
Preamplifier: $400 \mu\text{V}$ or 46dB equivalent SPL at 1 ms^{-2}

SENSITIVITY TO MAGNETIC FIELDS:

Cartridge: Typically 12 dB (range: 0 to 20dB) equivalent SPL for 50 Hz, 80A/m field
Preamplifier: $4 \mu\text{V}$ or 6dB equivalent SPL for 50 Hz, 80 A/m field

OPERATING TEMPERATURE RANGE*:

Preamplifier: -20 to +60°C (-4 to +140°F)
Cartridge: +16 to +30°C (+61 to +86°F)**
-10 to +50°C (+14 to +122°F) with extended frequency response tolerances
Cartridge Temperature Coefficient:
 $-0,004 \text{ dB}/^\circ\text{C}$ at 250 Hz, mean for the range -10 to +50°C

AMBIENT PRESSURE RANGE:

925 to 1025 mbar***
600 to 1040mbar with extended frequency response tolerances
Cartridge Ambient Pressure Coefficient:
 $-0,0016 \text{ dB}/\text{mbar}$ at 250 Hz

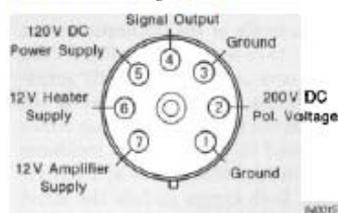
ADDITIONAL CARTRIDGE DATA:

Resonance Frequency: 7 kHz
Polarization Voltage: 200V
Polarized Capacitance*: 40 pF at 250 Hz
Equivalent Air Volume: 400 mm^3 at 250 Hz

**with frequency response compensation network built into Type 2660

Sensitivity To Changes In Relative Humidity: $< 0,1 \text{ dB}$ in the absence of condensation
Long Term Stability: > 250 years/dB at 20°C

POWERING: See Figure below



soldering side of plug JP0715 shown

DIMENSIONS:

Cartridge: $\phi 23,77 \times 25$ mm with protection grid ($\phi 23,77 \times 23$ mm without).
Grid and Preamplifier Mounting Threads: 23,11 – 60 UNS
Preamplifier input Stage: $\phi 12,7 \times 83$ mm
Preamplifier Output Stage: 025×175 mm

ACCESSORIES INCLUDED TYPE 2660:

Coaxial Input Adaptor JJ 2617
 $1/2$ " to 1" Adaptor DB 0375

ACCESSORIES INCLUDED TYPE 4179:

Protective Dust Cap DZ 9025

ACCESSORIES AVAILABLE:

Set of 6 Windscreens UA 0207 .. UA 0253
Measuring Amplifiers Types 2610, 2636
Cables (3, 10, 30m) A00027/28/29
Tape Cable AR 0001
Adaptor JE 0002

*** for system frequency response in accordance with IEC 651, Type 1

Brüel & Kjær

WORLD HEADQUARTERS: DK-2850 Nærum Denmark. Telephone: +45 42 80 05 00 · Telex: 37316 bruka dk · Fax: +45 42 80 14 05 / +45 42 80 21 63

Australia (02) 450-2066 Austria 02235/755010 · Belgium 02-242-97 45 Breda (011) 246-8149/246-8166 Canada (514) 695-8225 Finland (00) 80 17044
France (1) 045720 10 Federal Republic of Germany 04106/7095-0 Great Britain (01) 954-2366 · Holland 03402-3994 Hong Kong 5-487486 · Hungary (1) 338305/33 69 29
Italy (02) 5244 141 Japan 03-438-0761 Republic of Korea (02) 554-0605 · Norway 02-90 44 10 Portugal (1) 65 92 56/65 92 80 · Singapore 225633 · Spain (91) 268 1000
Sweden 10817112730 Switzerland (042) 85 11 81 Taiwan (02) 713303 USA (508) 491-7000 Local representatives and service organisations world-wide

Annexe 3 : Fiche technique de l'audiomètre Interacoustics AD 629

Normes de sécurité	IEC60601-1, ES60601-1, CAN/CSA-C22.2 No.60601-1
Classifications	Classe I, Pièces appliquées type B, Fonctionnement continu
Normes de l'audiomètre	Audiomètre : IEC 60645 -1, ANSI S3.6, type 2. Voix : IEC 60645-2/ANSI S3.6, type B ou B-E.
Calibrage	AC: ISO389-1, ISO389-2; BC: ISO389-3, IEC 60645-4. (Licence en option)
Fonction de plage étendue	En l'absence d'activation, la sortie CA sera limitée à 20 dB en dessous de la sortie maximale.
Entrée	Son, Warble, NB, CD1, CD2, Mic1, Mic2, fichiers wave.
Stimulation de masquage	Sélection automatique du bruit bande étroite (ou bruit blanc) pour la présentation du son et bruit vocal pour la présentation vocale.
Sorties	AC Gauche + Droite, BC Bauche + Droite, Insert téléphonique gauche + droite, Insert masquage , FF1 et FF2.
Transducteurs	Casque audiométrique TDH39/DD45, Conducteur osseux B71.
Présentation de son	Manuelle ou inversée. Impulsions uniques ou multiples.
Signal du patient	Par bouton poussoir manuel.
Intensité	AC: -10 à 120 dB HL par pas de 1, 2 ou 5 dB. BC: -10 à 80 dB en pas de 1, 2 ou 5 dB
Gamme de fréquences	125Hz à 8kHz. HF en option jusqu'à 20 kHz.
Communication patient	Talk Forward et Talk Back.
Moniteur	Sortie par un haut-parleur intégré ou par un casque ou haut-parleur externe.
Stockage interne	Stockage interne pour 500 patients/50 000 sessions de test.
Sélection des fréquences	125Hz, 250Hz, 750Hz, 1500Hz et 8kHz sélectionnables
Tests spéciaux/batterie de test	Seuil auto, ABLB, Stenger, Stenger Speech. Version étendue (AD629e) seulement : SISI, Langenbeck (son dans bruit), Békésy, voix 2 canaux, aide auditive principale 2 canaux.
Affichage	Ecran couleur haute résolution 640x480 pixels 14,5 cm
Connecteurs (prises)	Arrière : 4 USB, 1 Ethernet, 2 champ libre (phono), Téléphone G/D (jack grand format), Insert G/D (jack grand format), Os (jack grand format), Insert masquage (jack grand format), Réponse patient (jack grand format), Talk Back (jack grand format), Mic 2 (v), CD1 (phono). Côté gauche : Casque (phono), Mic 1 (phono)
Impression directe (USB)	Imprimantes prises en charge : HP (PCL 3, HP PCL 5e), Epson (ESC/P2, LQ, Stylus Color), Canon (iP100, iP90, BubbleJet), PocketJet II, 200, 3, Porti-W40, MTE Mobile Pro Spectrum, M-300, Zebra CPCL
Périphériques externes	PC standard, clavier et souris (pour saisie de données)
Logiciel compatible	Diagnostic Suite - compatible NOAH, OtoAccess™ et XML
Dimensions (LxlxH)	36,5x29,5x6,5 cm
Poids	3,3 kg
Alimentation électrique	Alimentation électrique intégrée, 100-240 V, max 0,5 Amp
Marquage CE	Oui
Accessoires inclus	Casque audiométrique DD45 B71 Vibreur osseux Bouton de réponse patient AP53 Micro directionnel Câble d'alimentation Manuel d'utilisation sur CD Instructions d'utilisation multilingues européennes
Pièces en option	Logiciel Diagnostic Suite Base de données OtoAccess™ Oreillettes audio Amplivox 21925, casque réducteur de bruit Casque réducteur de bruit Peltor 50250 Mallette de transport (standard ou à roulettes) Inserts téléphoniques audiométriques EARTone3A Casque audiométrique HDA200 Insert téléphonique CIR33 pour le masquage ou le monitoring Micro Talk back EM400 MTH400 Casque moniteur Casque moniteur avec microphone intégré MTH400M Haut-parleurs de champ libre Amplificateur de puissance AP12 2x12 Watts Amplificateur de puissance AP70 2x12 Watts

MADSEN

Astera

Technical specifications:

Channels

Two separate and identical channels

Frequency range

FRESH noise stimulus*: 125 - 12500 Hz

Insert phones: Standard frequencies: 125 - 8000 Hz

TDH39: Standard frequencies: 125 - 12500 Hz

HDA 200 phones: Standard frequencies: 125 - 20000 Hz

BC: Standard frequencies: 250 - 8000 Hz

SF: Standard frequencies: 125 - 20000 Hz

Frequency resolution: 1/6, 1/12, 1/24 and 1/48 octave as well as 1 Hz**

NBN masking: Available for each stimulus frequency

* Range may be limited by choice of transducer

** This can step up to 24 cents for each audiometer case

Stimulus types

- Tone
- Warble
- Pulsed tone
- Pulsed warble
- FRESH noise (Frequency-Specific Hearing assessment noise)
- Pulsed FRESH noise

Masking types

Narrow Band Noise

- AC and BC Correlated
- SF Non-correlated[Ⓜ]

Speech Weighted Noise

- AC and BC Correlated
- SF Non-correlated[Ⓜ]

White Noise (Wide band noise)

- AC and BC Correlated
- SF Non-correlated[Ⓜ]

Ⓜ A maximum of 3 non-correlated simultaneous masking signals

Stimulus modulation

FM (Warble): Adjustable modulation rate and depth:
Modulation rate: 1-20 Hz (default: 5 Hz)
Modulation depth: 1-25% of center frequency (default: 5%)

SIS: 5, 2, 1 dB increments

Special tests

MLD, ABLB, SGI, Weber, Rinne, Stenger, Tone Decay, Tinnitus tests

Accuracy of sound level

Entire level range (AC): 125 to 5000 Hz: ±3 dB
5000 to 20000 Hz: ±5 dB

Entire level range (BC): 250 to 5000 Hz: ±4 dB
5000 to 8000 Hz: ±5 dB

Attenuator

1, 2, or 5 dB step resolution over the entire range

HL Range

Maximum output will be limited by the transducer

AC: -10 to 120 dB HL (500 to 4000 Hz; supra-aural earphone)

BC: -10 to 80 dB HL (1500 to 3000 Hz; mastoid placement)

SF: 102 dB SPL in a 6' by 6' or 2 x 2 m sound room

Total harmonic distortion

Air < 2.5 %

Bone < 5 %

Selectable transducers

AC: TDH39, HDA 200, and insert phones

BC: B71 (Mastoid / Forehead)

SF: Passive sound field speaker, using the built-in amplifier in MADSEN Astera, or Sound field speaker with built-in amplifier or external amplifier, with both types using the line output from MADSEN Astera

Ⓜ Transducer options depend on how MADSEN Astera is ordered and calibrated

Outputs

AC: 3 x 2 mono jacks, 1/4"

BC: 2 x mono jacks, 1/4"

SF power output: 4 x terminals,
4 x 40 W peak, 8Ω load

SF line output: 4 x RCA phone,
4 x 1.6 Vrms

External inputs

CD/tape: 0.2 to 2.0 Vrms, 10 kΩ, 2 x RCA phone

Talk Back microphone: Electret microphone

Input voltage: 0.002 to 0.02 Vrms

Input resistance: 2.21 kΩ

3.5 mm jack

Stimulus presentation

Normal: The signal is presented when the Stimulate button is pressed

Continuous ON: The signal is interrupted when the Stimulate button is pressed

Pulse: The signal is pulsed

Pulse duration: 200 ms on and 200 ms off

USB port connector

Type: USB device port

Compliant: USB 2.0

Speed: Full-speed (12 Mb/s)

Dimensions

Approx. 325 x 255 x 60 mm (12.8 x 10 x 2.4 inches)

Weight

Approx. 1.3 kg (2.85 lb)

Power supply

External power supplies, type:

Output: 24 V, 3.75 A

Input: 100-240 V, 50-60 Hz, 1.0 A

Standards

Audiometer: EN60645-1, Type 1, EN60645-2 Type A-E, EN60645-4, and ANSI S3.6

Patient Safety: Complies with EN 60601-1, Class 1, Type B; U2601-1; CAN/CSA-C22.2 NO 601.1-90.

EMC: EN 60601-1-2

Audiometer Control Panel

USB port connector

Type: USB device port

Compliant: USB 2.0

Speed: Full-speed (12 Mb/s)

Dimensions

Approx. 410 x 290 x 36 mm (16.1 x 11.4 x 1.4 inches)

Weight

Approx. 2.1 kg (4.6 lb)

Power supply

No external power supply. Supplied by the USB (5 V)

Ⓜ If you are using a USB hub, use a powered USB hub

PC System Requirements

- Pentium 4, 1.5 GHz
- 1 GB RAM
- 32 MB graphics adapter, 32 bit color
- 3 GB free disk space for installation of this software
- Windows XP Professional SP1, Windows 2000 SP3 or Windows Vista
- Internet Explorer 6 Service Pack 1
- A USB port for connection of the accessories
- NOAH 3.1** or higher for NOAH mode operation (please refer to IEMSA at www.himsa.com)

○ Hearing Assessment
○ Fitting Systems
○ Balance Assessment

otometrics

MADSEN · AURICAL · ICS

GN Otometrics, Europe. +45 45 75 55 55. info@gnotometrics.dk

GN Otometrics, North America. 1-800-289-2150. sales@gnotometrics.com

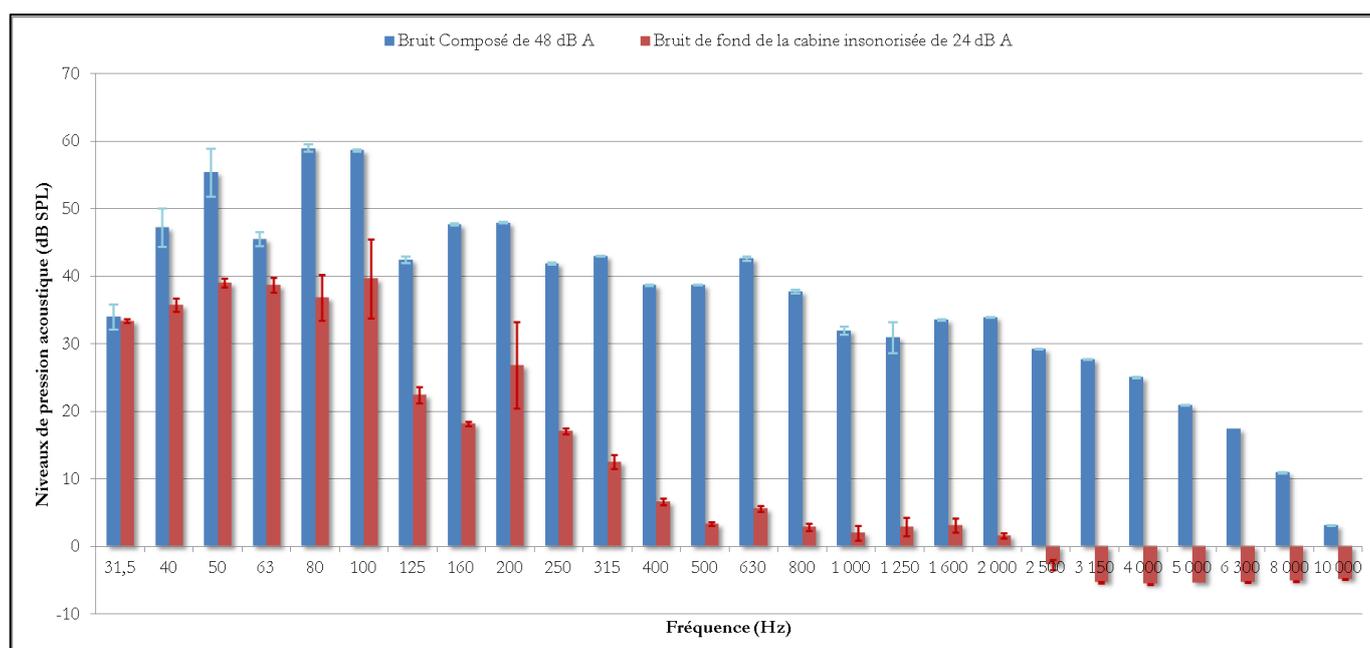
www.myaudiometer.com www.otometrics.com

Specifications are subject to change without notice. Copyright © GN Otometrics. 200906. 7-26-080001

Annexe 5 : Dégradation de la PTM de 5 dB HL au casque (Cas de Monsieur V)

Cas de Monsieur V: dégradation de la PTM de l'OD de 5 dB HL et de l'OG de 5,3 dB HL									
Fréquence (Hz)	Ecart-Type des 3 mesures du bruit de fond de la cabine	Moyenne du bruit de fond de la cabine en dB SPL	Mesure n°1 du bruit composé en dB SPL	Mesure n°2 du bruit composé en dB SPL	Mesure n°3 du bruit composé en dB SPL	Ecart-Type des 3 mesures du bruit composé	1	2	1+2
							Moyenne du bruit composé L_i en dB SPL	Pondération A	Niveaux de pression acoustique pondérés A
31,5	0,3	33,4	32,5	33,5	36,1	1,9	34,0	-39,4	-5,4
40	1,0	35,8	50,5	45,5	45,7	2,8	47,2	-34,6	12,6
50	0,7	39,1	59,5	53,8	52,9	3,6	55,4	-30,2	25,2
63	1,1	38,7	45,0	46,7	45,0	1,0	45,6	-26,2	19,4
80	3,4	36,9	58,4	59,2	59,4	0,5	59,0	-22,5	36,5
100	5,8	39,7	58,7	58,6	58,9	0,2	58,7	-19,1	39,6
125	1,2	22,4	41,9	42,6	42,9	0,5	42,5	-16,1	26,4
160	0,3	18,2	47,6	47,8	47,8	0,1	47,7	-13,4	34,3
200	6,4	26,9	48,1	47,9	47,9	0,1	48,0	-10,9	37,1
250	0,5	17,1	41,7	42,0	42,1	0,2	41,9	-8,6	33,3
315	1,0	12,5	43,0	43,1	43,0	0,1	43,0	-6,6	36,4
400	0,5	6,6	38,6	38,8	38,7	0,1	38,7	-4,8	33,9
500	0,3	3,3	38,7	38,8	38,8	0,0	38,7	-3,2	35,5
630	0,4	5,6	42,4	42,6	43,0	0,3	42,7	-1,9	40,8
800	0,5	2,8	37,8	37,5	38,1	0,3	37,8	-0,8	37,0
1 000	1,1	2,0	31,5	31,7	32,7	0,6	32,0	0	32,0
1 250	1,4	2,9	29,4	29,8	33,6	2,3	31,0	0,6	31,6
1 600	1,1	3,1	33,5	33,6	33,7	0,1	33,6	1	34,6
2 000	0,4	1,6	33,9	33,9	34,1	0,1	34,0	1,2	35,2
2 500	0,7	-2,8	29,2	29,2	29,2	0,0	29,2	1,3	30,5
3 150	0,1	-5,3	27,8	27,7	27,7	0,1	27,7	1,2	28,9
4 000	0,1	-5,6	25,1	25,1	24,9	0,1	25,0	1	26,0
5 000	0,0	-5,4	20,9	21,0	20,9	0,1	20,9	0,5	21,4
6 300	0,0	-5,3	17,4	17,4	17,4	0,0	17,4	-0,1	17,3
8 000	0,1	-5,2	11,0	10,8	10,9	0,1	10,9	-1,1	9,8

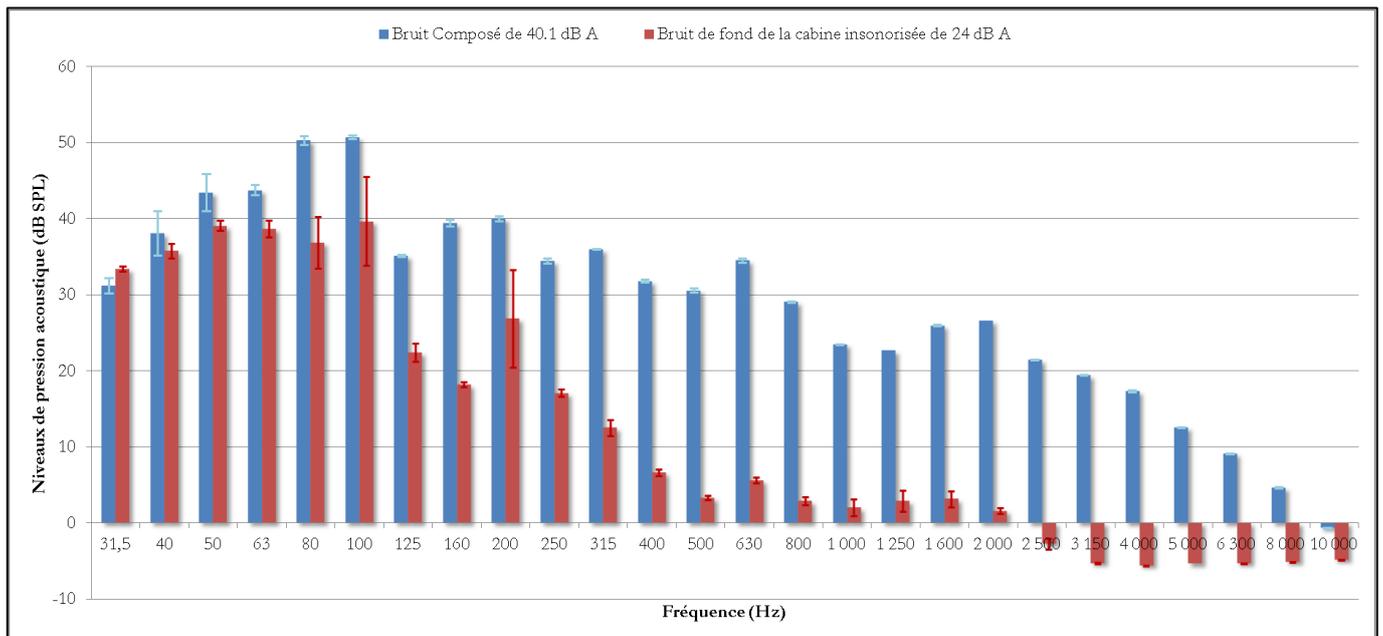
Le niveau du bruit composé en dB A est de : 48,0 dB A



Annexe 6 : Dégradation de la PTM de 5 dB HL au casque (Cas de Monsieur W)

Cas de Monsieur W: dégradation de la PTM de l'OD de 5 dB HL et de l'OG de 6 dB HL									
Fréquence (Hz)	Ecart-Type des 3 mesures du bruit de fond de la cabine	Moyenne du bruit de fond de la cabine en dB SPL	Mesure n°1 du bruit composé en dB SPL	Mesure n°2 du bruit composé en dB SPL	Mesure n°3 du bruit composé en dB SPL	Ecart-Type des 3 mesures du bruit composé	1	2	1+2
							Moyenne du bruit composé L_i en dB SPL	Pondération A	Niveaux de pression acoustique pondérés A L_i
31,5	0,3	33,4	32,2	31,3	30,2	1,0	31,2	-39,4	-8,2
40	1,0	35,8	40,0	34,7	39,5	2,9	38,1	-34,6	3,5
50	0,7	39,1	42,0	42,1	46,3	2,5	43,5	-30,2	13,3
63	1,1	38,7	43,3	44,5	43,5	0,7	43,8	-26,2	17,6
80	3,4	36,9	50,8	49,7	50,4	0,5	50,3	-22,5	27,8
100	5,8	39,7	50,9	50,5	50,7	0,2	50,7	-19,1	31,6
125	1,2	22,4	35,3	35,1	35,0	0,2	35,1	-16,1	19,0
160	0,3	18,2	39,0	39,9	39,5	0,4	39,4	-13,4	26,0
200	6,4	26,9	39,7	40,3	40,2	0,3	40,0	-10,9	29,1
250	0,5	17,1	34,1	34,8	34,5	0,3	34,4	-8,6	25,8
315	1,0	12,5	36,0	36,1	35,9	0,1	36,0	-6,6	29,4
400	0,5	6,6	32,0	31,7	31,7	0,2	31,8	-4,8	27,0
500	0,3	3,3	30,2	30,7	30,8	0,3	30,6	-3,2	27,4
630	0,4	5,6	34,6	34,2	34,7	0,3	34,5	-1,9	32,6
800	0,5	2,8	29,0	29,1	29,2	0,1	29,1	-0,8	28,3
1 000	1,1	2,0	23,5	23,5	23,5	0,0	23,5	0	23,5
1 250	1,4	2,9	22,7	22,6	22,6	0,0	22,6	0,6	23,2
1 600	1,1	3,1	26,1	25,9	26,0	0,1	26,0	1	27,0
2 000	0,4	1,6	26,6	26,5	26,6	0,0	26,6	1,2	27,8
2 500	0,7	-2,8	21,4	21,5	21,4	0,1	21,4	1,3	22,7
3 150	0,1	-5,3	19,4	19,4	19,4	0,0	19,4	1,2	20,6
4 000	0,1	-5,6	17,2	17,4	17,4	0,1	17,3	1	18,3
5 000	0,0	-5,4	12,5	12,5	12,6	0,0	12,5	0,5	13,0
6 300	0,0	-5,3	9,2	9,1	9,1	0,0	9,1	-0,1	9,0
8 000	0,1	-5,2	4,7	4,5	4,7	0,1	4,6	-1,1	3,5

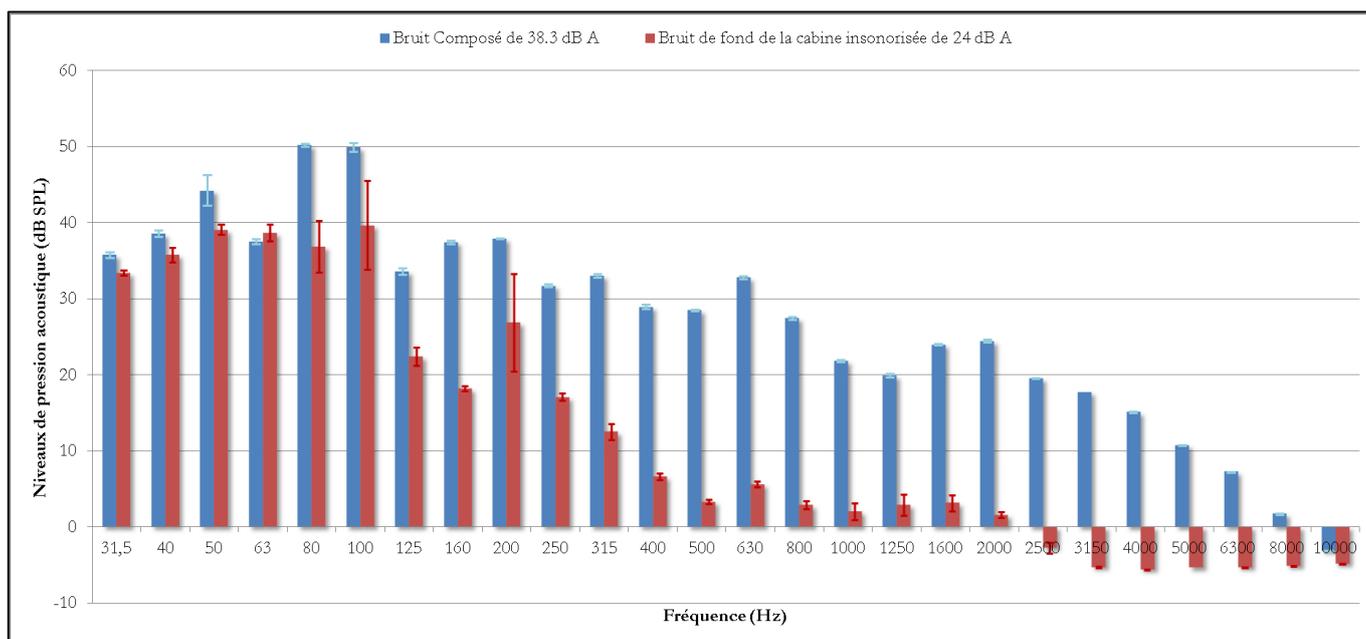
Le niveau du bruit composé en dB A est de : 40,1 dB A



Annexe 7 : Dégradation de la PTM de 5 dB HL au casque (Cas de Monsieur Y Oreille Droite)

Cas de Monsieur Y: dégradation de la PTM de l'OD de 5 dB HL									
Fréquence (Hz)	Ecart-Type des 3 mesures du bruit de fond de la cabine	Moyenne du bruit de fond de la cabine en dB SPL	Mesure n°1 du bruit composé en dB SPL	Mesure n°2 du bruit composé en dB SPL	Mesure n°3 du bruit composé en dB SPL	Ecart-Type des 3 mesures du bruit composé	1	2	1+2
							Moyenne du bruit composé L_1 en dB SPL	Pondération A	Niveaux de pression acoustique L_i pondérés A
31,5	0,3	33,4	36,0	36,0	35,3	0,4	35,7	-39,4	-3,7
40	1,0	35,8	38,1	38,6	39,0	0,4	38,5	-34,6	3,9
50	0,7	39,1	46,3	42,3	44,2	2,0	44,3	-30,2	14,1
63	1,1	38,7	37,5	37,2	37,9	0,3	37,6	-26,2	11,4
80	3,4	36,9	50,0	50,3	50,4	0,2	50,2	-22,5	27,7
100	5,8	39,7	49,6	50,6	49,5	0,6	49,9	-19,1	30,8
125	1,2	22,4	33,3	34,0	33,5	0,4	33,6	-16,1	17,5
160	0,3	18,2	37,3	37,7	37,4	0,2	37,4	-13,4	24,0
200	6,4	26,9	37,9	37,9	37,9	0,0	37,9	-10,9	27,0
250	0,5	17,1	31,8	31,5	31,8	0,2	31,7	-8,6	23,1
315	1,0	12,5	32,8	33,2	33,2	0,2	33,1	-6,6	26,5
400	0,5	6,6	28,6	29,1	29,1	0,3	28,9	-4,8	24,1
500	0,3	3,3	28,5	28,6	28,4	0,1	28,5	-3,2	25,3
630	0,4	5,6	32,6	32,8	33,0	0,2	32,8	-1,9	30,9
800	0,5	2,8	27,6	27,3	27,4	0,2	27,4	-0,8	26,6
1 000	1,1	2,0	21,6	21,9	21,9	0,2	21,8	0	21,8
1 250	1,4	2,9	19,7	20,1	19,8	0,2	19,9	0,6	20,5
1 600	1,1	3,1	23,9	24,1	23,9	0,1	24,0	1	25,0
2 000	0,4	1,6	24,5	24,6	24,2	0,2	24,4	1,2	25,6
2 500	0,7	-2,8	19,6	19,5	19,6	0,1	19,6	1,3	20,9
3 150	0,1	-5,3	17,7	17,7	17,7	0,0	17,7	1,2	18,9
4 000	0,1	-5,6	15,2	15,1	15,0	0,1	15,1	1	16,1
5 000	0,0	-5,4	10,8	10,7	10,7	0,1	10,7	0,5	11,2
6 300	0,0	-5,3	7,2	7,3	7,2	0,0	7,2	-0,1	7,1
8 000	0,1	-5,2	1,8	1,6	1,7	0,1	1,7	-1,1	0,6

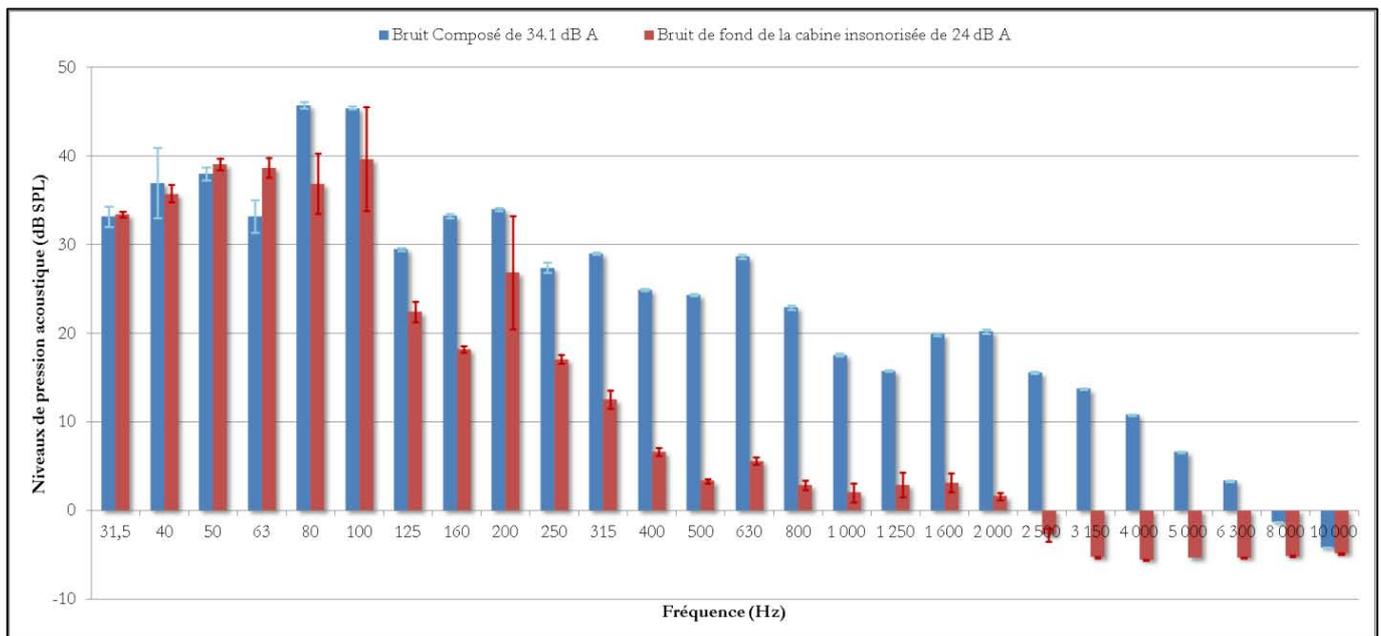
Le niveau du bruit composé en dB A est de : 38,3 dB A



Annexe 8 : Dégradation de la PTM de 5 dB HL au casque (Cas de Monsieur Y Oreille Gauche)

Cas de Monsieur Y: dégradation de la PTM de l'OG de 5,3 dB HL									
Fréquence (Hz)	Ecart-Type des 3 mesures du bruit de fond de la cabine	Moyenne du bruit de fond de la cabine en dB SPL	Mesure n°1 du bruit composé en dB SPL	Mesure n°2 du bruit composé en dB SPL	Mesure n°3 du bruit composé en dB SPL	Ecart-Type des 3 mesures du bruit composé	1	2	1+2
							Moyenne du bruit composé L_i en dB SPL	Pondération A	Niveaux de pression acoustique pondérés A L_i
31,5	0,3	33,4	31,8	34,1	33,5	1,2	33,2	-39,4	-6,2
40	1,0	35,8	33,6	41,4	35,9	4,0	37,0	-34,6	2,4
50	0,7	39,1	37,2	38,2	38,6	0,7	38,0	-30,2	7,8
63	1,1	38,7	32,1	32,1	35,3	1,8	33,2	-26,2	7,0
80	3,4	36,9	46,2	45,7	45,4	0,4	45,8	-22,5	23,3
100	5,8	39,7	45,3	45,6	45,4	0,2	45,4	-19,1	26,3
125	1,2	22,4	29,3	29,5	29,6	0,1	29,5	-16,1	13,4
160	0,3	18,2	33,5	33,3	33,0	0,2	33,3	-13,4	19,9
200	6,4	26,9	34,0	33,8	34,1	0,1	34,0	-10,9	23,1
250	0,5	17,1	27,4	28,0	26,8	0,6	27,4	-8,6	18,8
315	1,0	12,5	28,9	29,1	29,0	0,1	29,0	-6,6	22,4
400	0,5	6,6	25,0	24,9	24,8	0,1	24,9	-4,8	20,1
500	0,3	3,3	24,3	24,2	24,5	0,1	24,4	-3,2	21,2
630	0,4	5,6	28,3	28,8	28,8	0,3	28,6	-1,9	26,7
800	0,5	2,8	22,8	23,2	22,7	0,3	22,9	-0,8	22,1
1 000	1,1	2,0	17,4	17,7	17,6	0,2	17,6	0	17,6
1 250	1,4	2,9	15,8	15,7	15,7	0,1	15,7	0,6	16,3
1 600	1,1	3,1	19,9	19,7	20,0	0,1	19,9	1	20,9
2 000	0,4	1,6	20,1	20,0	20,4	0,2	20,2	1,2	21,4
2 500	0,7	-2,8	15,5	15,5	15,7	0,1	15,6	1,3	16,9
3 150	0,1	-5,3	13,6	13,7	13,8	0,1	13,7	1,2	14,9
4 000	0,1	-5,6	10,7	10,8	10,8	0,1	10,8	1	11,8
5 000	0,0	-5,4	6,5	6,6	6,7	0,1	6,6	0,5	7,1
6 300	0,0	-5,3	3,2	3,4	3,3	0,1	3,3	-0,1	3,2
8 000	0,1	-5,2	-1,3	-1,3	-1,3	0,0	-1,3	-1,1	-2,4

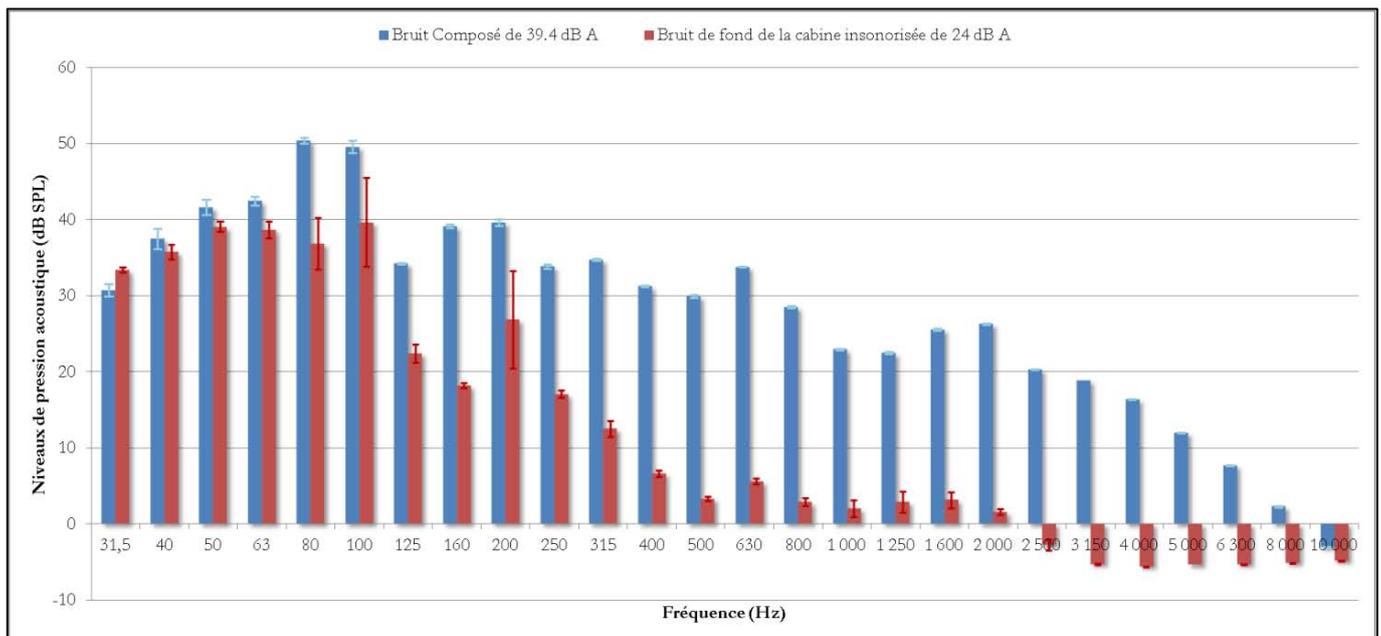
Le niveau du bruit composé en dB A est de : 34,1 dB A



Annexe 9 : Dégradation de la PTM de 5 dB HL au casque (Cas de Monsieur Z)

Cas de Monsieur Z: dégradation de la PTM de l'OD de 5 dB HL et de l'OG de 5 dB HL									
Fréquence (Hz)	Ecart-Type des 3 mesures du bruit de fond de la cabine	Moyenne du bruit de fond de la cabine en dB SPL	Mesure n°1 du bruit composé en dB SPL	Mesure n°2 du bruit composé en dB SPL	Mesure n°3 du bruit composé en dB SPL	Ecart-Type des 3 mesures du bruit composé	1	2	1+2
							Moyenne du bruit composé L_i en dB SPL	Pondération A	Niveaux de pression acoustique pondérés A L_i
31,5	0,3	33,4	29,9	31,6	30,7	0,9	30,7	-39,4	-8,7
40	1,0	35,8	37,0	39,0	36,5	1,3	37,5	-34,6	2,9
50	0,7	39,1	41,0	42,8	41,1	1,0	41,6	-30,2	11,4
63	1,1	38,7	42,1	43,1	42,2	0,5	42,5	-26,2	16,3
80	3,4	36,9	50,8	50,2	50,2	0,4	50,4	-22,5	27,9
100	5,8	39,7	48,7	49,8	50,3	0,8	49,6	-19,1	30,5
125	1,2	22,4	34,2	34,3	34,2	0,1	34,2	-16,1	18,1
160	0,3	18,2	39,1	38,9	39,4	0,2	39,1	-13,4	25,7
200	6,4	26,9	39,7	39,2	40,1	0,4	39,7	-10,9	28,8
250	0,5	17,1	33,9	33,6	34,2	0,3	33,9	-8,6	25,3
315	1,0	12,5	34,7	34,7	34,9	0,1	34,8	-6,6	28,2
400	0,5	6,6	31,4	31,3	31,2	0,1	31,3	-4,8	26,5
500	0,3	3,3	29,7	30,0	30,1	0,2	29,9	-3,2	26,7
630	0,4	5,6	33,9	33,7	33,8	0,1	33,8	-1,9	31,9
800	0,5	2,8	28,5	28,4	28,7	0,1	28,5	-0,8	27,7
1 000	1,1	2,0	22,9	22,9	23,0	0,1	22,9	0	22,9
1 250	1,4	2,9	22,5	22,3	22,6	0,1	22,5	0,6	23,1
1 600	1,1	3,1	25,7	25,4	25,5	0,1	25,5	1	26,5
2 000	0,4	1,6	26,4	26,2	26,2	0,1	26,3	1,2	27,5
2 500	0,7	-2,8	20,3	20,2	20,3	0,1	20,3	1,3	21,6
3 150	0,1	-5,3	18,8	18,8	18,8	0,0	18,8	1,2	20,0
4 000	0,1	-5,6	16,4	16,4	16,4	0,0	16,4	1	17,4
5 000	0,0	-5,4	11,9	11,9	12,1	0,1	12,0	0,5	12,5
6 300	0,0	-5,3	7,7	7,6	7,7	0,0	7,7	-0,1	7,6
8 000	0,1	-5,2	2,4	2,2	2,3	0,1	2,3	-1,1	1,2

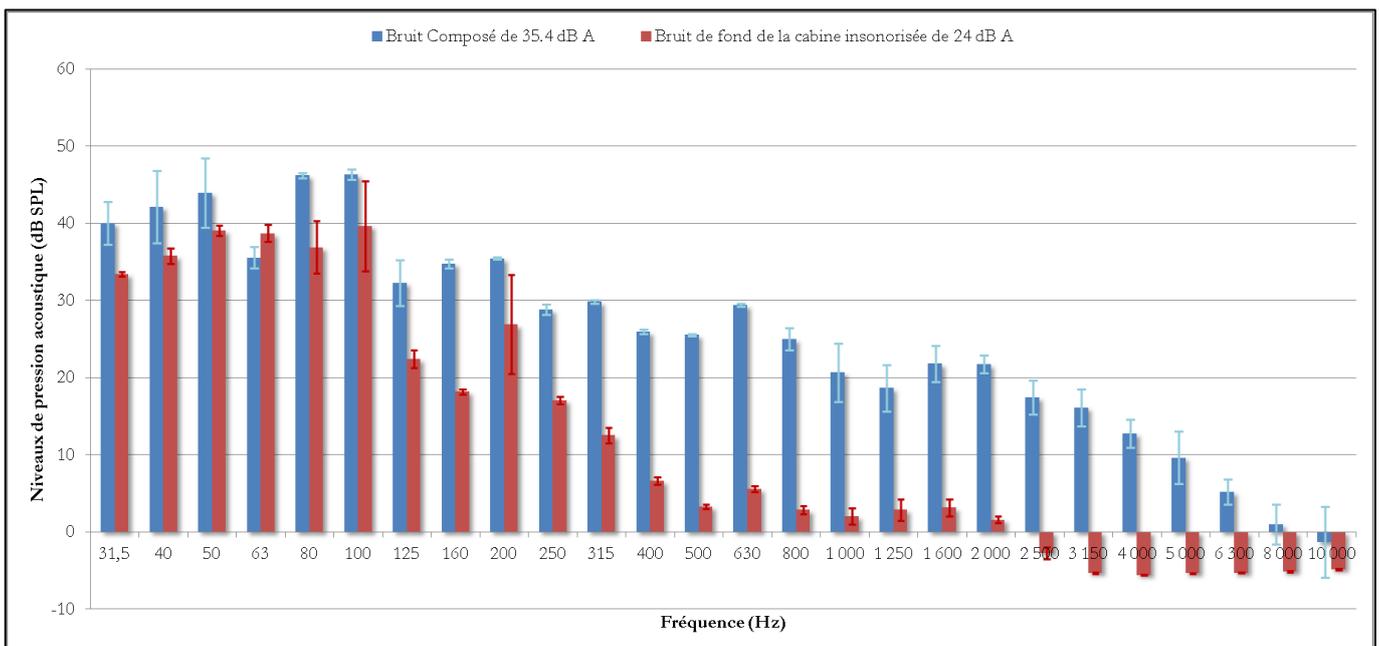
Le niveau du bruit composé en dB A est de : 39,4 dB A



Annexe 10 : Dégradation de la PTM de 5 dB HL au vibreur (Cas de Monsieur V)

Cas de Monsieur V: dégradation de la PTM de l'OD de 5,3 dB HL et de l'OG de 6 dB HL									
Fréquence (Hz)	Ecart-Type des 3 mesures du bruit de fond de la cabine	Moyenne du bruit de fond de la cabine en dB SPL	Mesure n°1 du bruit composé en dB SPL	Mesure n°2 du bruit composé en dB SPL	Mesure n°3 du bruit composé en dB SPL	Ecart-Type des 3 mesures du bruit composé	1	2	1+2
							Moyenne du bruit composé L_i en dB SPL	Pondération A	Niveaux de pression acoustique pondérés A
31,5	0,3	33,4	43,2	37,8	39,1	2,8	40,0	-39,4	0,6
40	1,0	35,8	36,8	45,4	44,2	4,7	42,1	-34,6	7,5
50	0,7	39,1	39,8	43,3	48,7	4,5	43,9	-30,2	13,7
63	1,1	38,7	34,2	35,4	37,0	1,4	35,5	-26,2	9,3
80	3,4	36,9	45,9	46,2	46,5	0,3	46,2	-22,5	23,7
100	5,8	39,7	46,7	45,6	46,7	0,6	46,3	-19,1	27,2
125	1,2	22,4	35,7	30,3	30,8	3,0	32,3	-16,1	16,2
160	0,3	18,2	35,4	34,5	34,4	0,6	34,8	-13,4	21,4
200	6,4	26,9	35,6	35,4	35,4	0,1	35,5	-10,9	24,6
250	0,5	17,1	29,6	28,5	28,4	0,7	28,8	-8,6	20,2
315	1,0	12,5	30,1	29,7	29,7	0,2	29,8	-6,6	23,2
400	0,5	6,6	25,6	26,1	26,1	0,3	25,9	-4,8	21,1
500	0,3	3,3	25,6	25,5	25,4	0,1	25,5	-3,2	22,3
630	0,4	5,6	29,1	29,5	29,5	0,2	29,4	-1,9	27,5
800	0,5	2,8	24,2	26,7	24,0	1,5	25,0	-0,8	24,2
1 000	1,1	2,0	18,4	25,0	18,5	3,8	20,7	0	20,7
1 250	1,4	2,9	16,8	22,1	17,0	3,0	18,6	0,6	19,2
1 600	1,1	3,1	20,4	24,5	20,4	2,4	21,8	1	22,8
2 000	0,4	1,6	21,1	23,1	21,0	1,2	21,7	1,2	22,9
2 500	0,7	-2,8	16,2	20,0	16,1	2,2	17,4	1,3	18,7
3 150	0,1	-5,3	14,7	18,9	14,8	2,4	16,1	1,2	17,3
4 000	0,1	-5,6	11,7	14,9	11,7	1,8	12,8	1	13,8
5 000	0,0	-5,4	7,6	13,5	7,8	3,4	9,6	0,5	10,1
6 300	0,0	-5,3	4,2	7,1	4,3	1,7	5,2	-0,1	5,1
8 000	0,1	-5,2	-0,5	4,0	-0,5	2,6	1,0	-1,1	-0,1

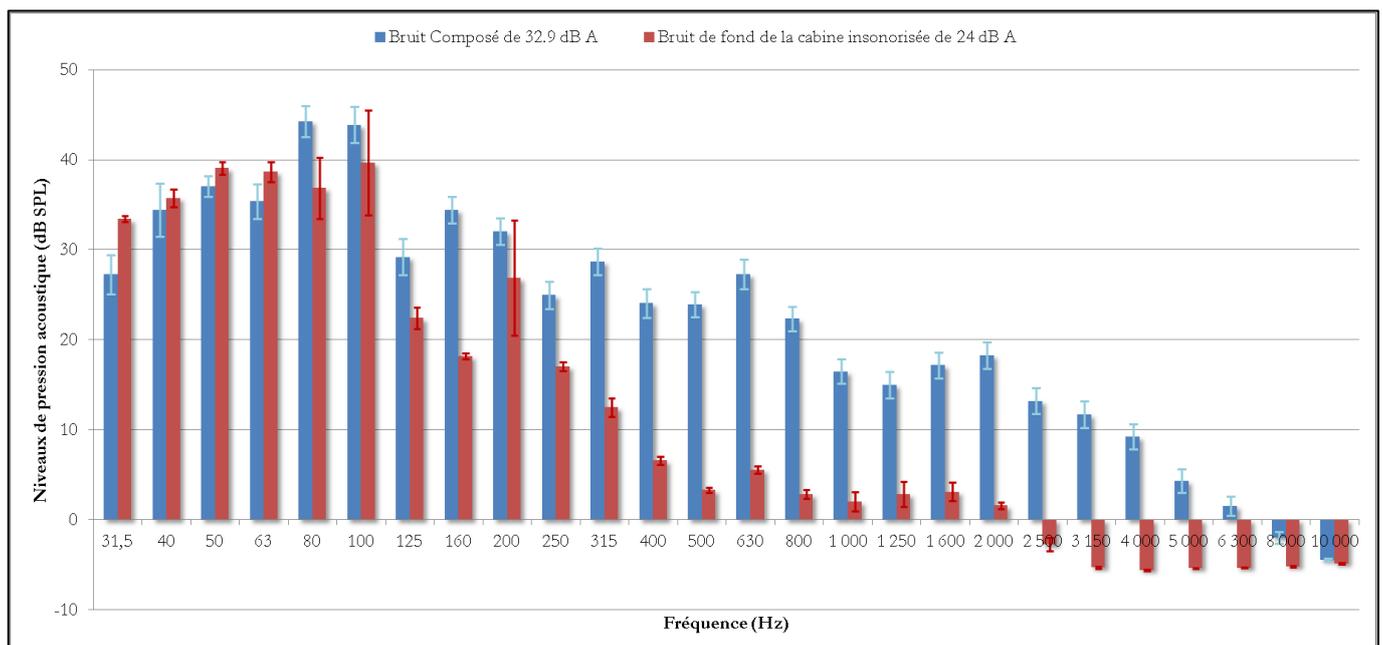
Le niveau du bruit composé en dB A est de : 35,4 dB A



Annexe 11 : Dégradation de la PTM de 5 dB HL au vibreur (Cas de Monsieur W)

Cas de Monsieur W: dégradation de la PTM de l'OD de 6 dB HL et de l'OG de 6 dB HL									
Fréquence (Hz)	Ecart-Type des 3 mesures du bruit de fond de la cabine	Moyenne du bruit de fond de la cabine en dB SPL	Mesure n°1 du bruit composé en dB SPL	Mesure n°2 du bruit composé en dB SPL	Mesure n°3 du bruit composé en dB SPL	Ecart-Type des 3 mesures du bruit composé	1	2	1+2
							Moyenne du bruit composé L_i en dB SPL	Pondération A	Niveaux de pression acoustique pondérés L_i
31,5	0,3	33,4	25,1	27,2	29,5	2,2	27,3	-39,4	-12,1
40	1,0	35,8	31,0	36,4	35,8	2,9	34,4	-34,6	-0,2
50	0,7	39,1	35,8	37,5	38,0	1,1	37,1	-30,2	6,9
63	1,1	38,7	33,2	35,9	37,0	1,9	35,4	-26,2	9,2
80	3,4	36,9	42,3	45,2	45,4	1,7	44,3	-22,5	21,8
100	5,8	39,7	41,7	44,4	45,5	2,0	43,9	-19,1	24,8
125	1,2	22,4	26,9	30,2	30,5	2,0	29,2	-16,1	13,1
160	0,3	18,2	32,8	34,8	35,7	1,5	34,4	-13,4	21,0
200	6,4	26,9	30,4	32,5	33,3	1,5	32,1	-10,9	21,2
250	0,5	17,1	23,4	25,1	26,4	1,5	25,0	-8,6	16,4
315	1,0	12,5	27,1	29,0	29,9	1,5	28,7	-6,6	22,1
400	0,5	6,6	22,3	24,4	25,5	1,6	24,1	-4,8	19,3
500	0,3	3,3	22,4	24,2	25,2	1,4	23,9	-3,2	20,7
630	0,4	5,6	25,5	27,5	28,8	1,7	27,3	-1,9	25,4
800	0,5	2,8	21,1	22,3	23,7	1,3	22,4	-0,8	21,6
1 000	1,1	2,0	15,1	16,6	17,8	1,4	16,5	0	16,5
1 250	1,4	2,9	13,3	15,5	16,1	1,5	15,0	0,6	15,6
1 600	1,1	3,1	15,6	17,5	18,4	1,4	17,2	1	18,2
2 000	0,4	1,6	16,7	18,7	19,5	1,5	18,3	1,2	19,5
2 500	0,7	-2,8	11,6	13,6	14,4	1,4	13,2	1,3	14,5
3 150	0,1	-5,3	10,1	12,0	13,0	1,5	11,7	1,2	12,9
4 000	0,1	-5,6	7,7	9,5	10,5	1,4	9,2	1	10,2
5 000	0,0	-5,4	2,9	4,6	5,5	1,3	4,3	0,5	4,8
6 300	0,0	-5,3	0,4	1,8	2,5	1,1	1,6	-0,1	1,5
8 000	0,1	-5,2	-2,7	-1,8	-1,4	0,7	-2,0	-1,1	-3,1

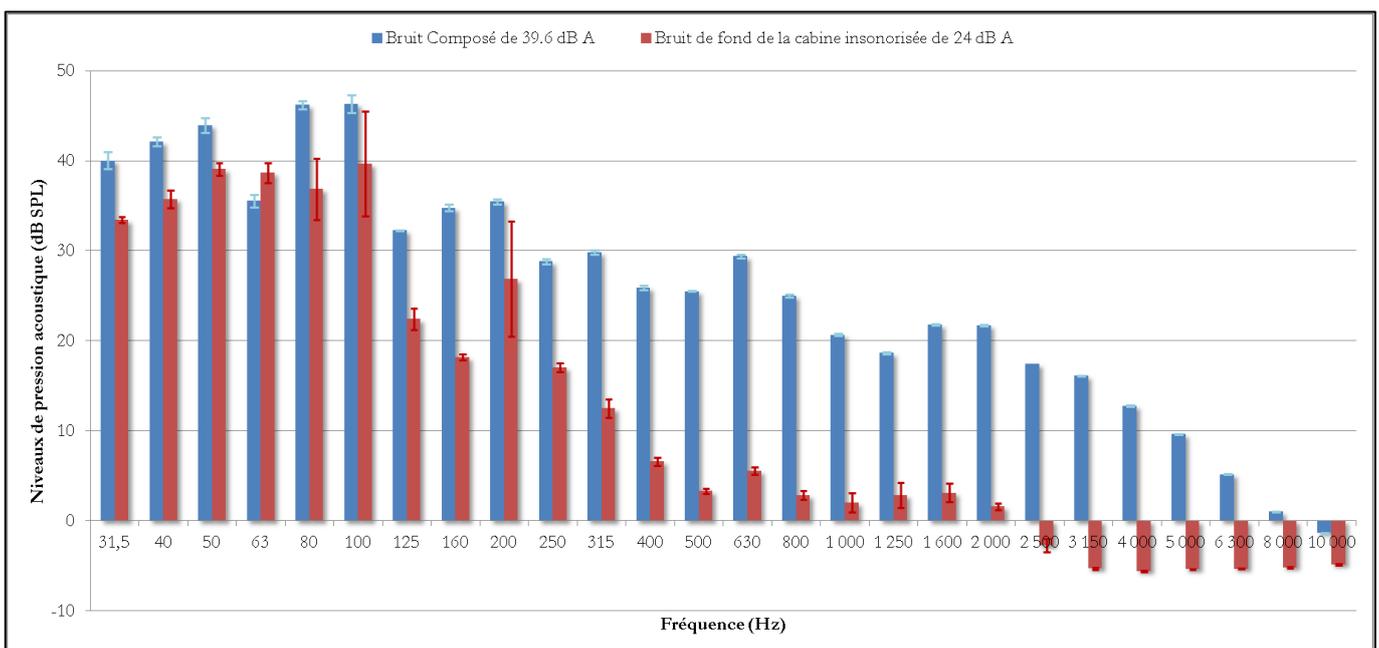
Le niveau du bruit composé en dB A est de : 32,9 dB A



Annexe 12 : Dégradation de la PTM de 5 dB HL au vibreur (Cas de Madame X)

Cas de Madame X: dégradation de la PTM de l'OD de 5 dB HL et de l'OG de 6 dB HL									
Fréquence (Hz)	Ecart-Type des 3 mesures du bruit de fond de la cabine	Moyenne du bruit de fond de la cabine en dB SPL	Mesure n°1 du bruit composé en dB SPL	Mesure n°2 du bruit composé en dB SPL	Mesure n°3 du bruit composé en dB SPL	Ecart-Type des 3 mesures du bruit composé	1	2	1+2
							Moyenne du bruit composé L_1 en dB SPL	Pondération A	Niveaux de pression acoustique L_1 pondérés A
31,5	0,3	33,4	29,4	30,7	28,8	1,0	29,6	-39,4	-9,8
40	1,0	35,8	41,4	41,1	40,5	0,5	41,0	-34,6	6,4
50	0,7	39,1	40,9	40,0	41,6	0,8	40,8	-30,2	10,6
63	1,1	38,7	43,3	42,0	43,2	0,7	42,9	-26,2	16,7
80	3,4	36,9	49,6	49,8	50,4	0,4	49,9	-22,5	27,4
100	5,8	39,7	50,2	50,7	48,8	1,0	49,9	-19,1	30,8
125	1,2	22,4	34,8	34,7	34,7	0,0	34,7	-16,1	18,6
160	0,3	18,2	39,0	38,8	39,5	0,4	39,1	-13,4	25,7
200	6,4	26,9	39,6	40,1	39,8	0,3	39,8	-10,9	28,9
250	0,5	17,1	34,5	34,2	34,0	0,3	34,2	-8,6	25,6
315	1,0	12,5	35,6	35,8	36,0	0,2	35,8	-6,6	29,2
400	0,5	6,6	31,4	31,1	31,6	0,2	31,4	-4,8	26,6
500	0,3	3,3	30,2	30,3	30,3	0,1	30,3	-3,2	27,1
630	0,4	5,6	33,9	34,2	34,3	0,2	34,1	-1,9	32,2
800	0,5	2,8	28,5	28,7	28,7	0,1	28,6	-0,8	27,8
1 000	1,1	2,0	23,0	22,9	23,2	0,1	23,0	0	23,0
1 250	1,4	2,9	22,1	22,3	22,2	0,1	22,2	0,6	22,8
1 600	1,1	3,1	25,4	25,6	25,4	0,1	25,5	1	26,5
2 000	0,4	1,6	26,1	26,2	26,2	0,1	26,2	1,2	27,4
2 500	0,7	-2,8	21,0	21,0	21,0	0,0	21,0	1,3	22,3
3 150	0,1	-5,3	18,8	18,8	18,9	0,0	18,8	1,2	20,0
4 000	0,1	-5,6	17,0	16,9	16,9	0,0	16,9	1	17,9
5 000	0,0	-5,4	12,2	12,2	12,2	0,0	12,2	0,5	12,7
6 300	0,0	-5,3	8,6	8,7	8,7	0,1	8,7	-0,1	8,6
8 000	0,1	-5,2	4,2	4,3	4,2	0,1	4,3	-1,1	3,2

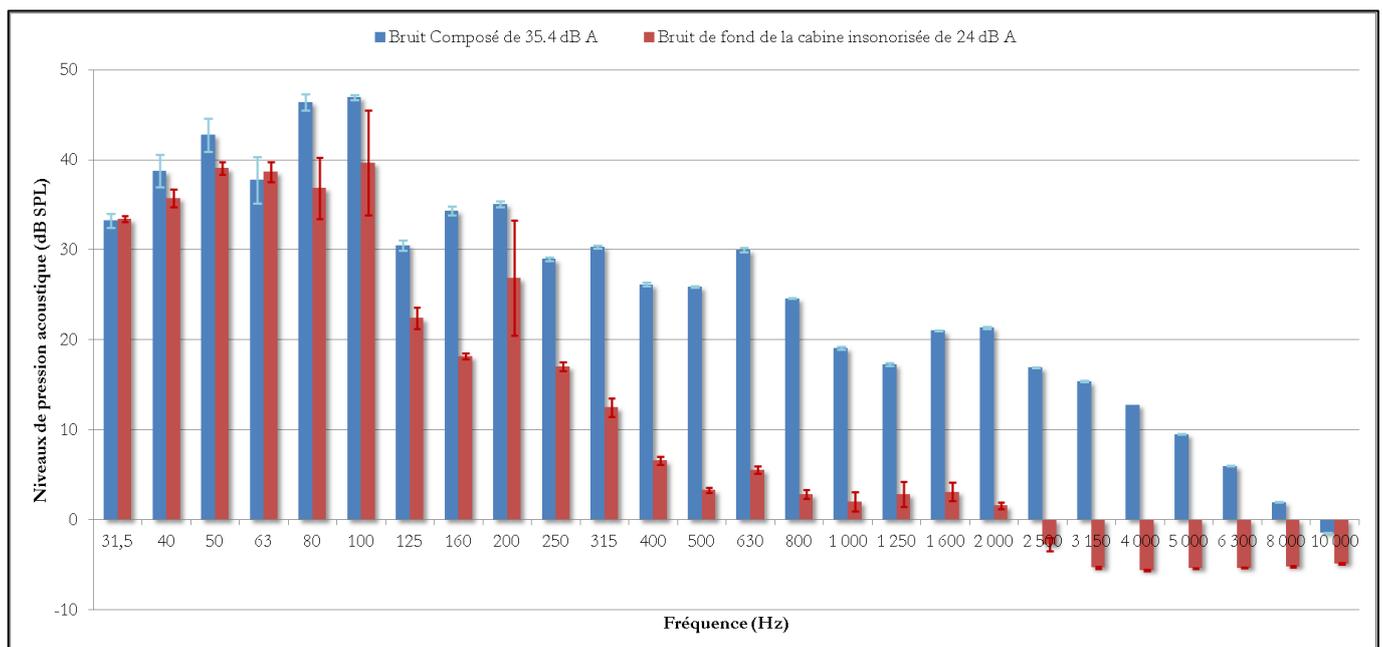
Le niveau du bruit composé en dB A est de : 39,6 dB A



Annexe 13 : Dégradation de la PTM de 5 dB HL au vibreur (Cas de Monsieur Y Oreille Droite)

Cas de Monsieur Y: dégradation de la PTM de l'OD de 5 dB HL									
Fréquence (Hz)	Ecart-Type des 3 mesures du bruit de fond de la cabine	Moyenne du bruit de fond de la cabine en dB SPL	Mesure n°1 du bruit composé en dB SPL	Mesure n°2 du bruit composé en dB SPL	Mesure n°3 du bruit composé en dB SPL	Ecart-Type des 3 mesures du bruit composé	1	2	1+2
							Moyenne du bruit composé L_i en dB SPL	Pondération A	Niveaux de pression acoustique pondérés A L_i
31,5	0,3	33,4	33,4	33,9	32,4	0,8	33,2	-39,4	-6,2
40	1,0	35,8	37,3	40,7	38,3	1,8	38,8	-34,6	4,2
50	0,7	39,1	42,4	41,1	44,7	1,8	42,8	-30,2	12,6
63	1,1	38,7	35,4	40,5	37,5	2,6	37,8	-26,2	11,6
80	3,4	36,9	45,7	47,4	46,1	0,9	46,4	-22,5	23,9
100	5,8	39,7	46,6	47,2	47,1	0,3	46,9	-19,1	27,8
125	1,2	22,4	30,0	30,4	31,1	0,6	30,5	-16,1	14,4
160	0,3	18,2	34,9	34,1	34,0	0,5	34,4	-13,4	21,0
200	6,4	26,9	35,4	35,1	34,8	0,3	35,1	-10,9	24,2
250	0,5	17,1	29,0	28,8	29,2	0,2	29,0	-8,6	20,4
315	1,0	12,5	30,2	30,5	30,2	0,2	30,3	-6,6	23,7
400	0,5	6,6	26,0	26,3	26,2	0,2	26,2	-4,8	21,4
500	0,3	3,3	26,0	25,8	25,9	0,1	25,9	-3,2	22,7
630	0,4	5,6	29,8	29,9	30,3	0,3	30,0	-1,9	28,1
800	0,5	2,8	24,6	24,6	24,6	0,0	24,6	-0,8	23,8
1 000	1,1	2,0	18,9	19,2	19,2	0,2	19,1	0	19,1
1 250	1,4	2,9	17,1	17,5	17,2	0,2	17,3	0,6	17,9
1 600	1,1	3,1	21,0	21,1	21,0	0,1	21,0	1	22,0
2 000	0,4	1,6	21,4	21,5	21,2	0,1	21,4	1,2	22,6
2 500	0,7	-2,8	16,9	16,9	17,0	0,0	16,9	1,3	18,2
3 150	0,1	-5,3	15,4	15,3	15,5	0,1	15,4	1,2	16,6
4 000	0,1	-5,6	12,8	12,8	12,8	0,0	12,8	1	13,8
5 000	0,0	-5,4	9,6	9,5	9,5	0,1	9,5	0,5	10,0
6 300	0,0	-5,3	6,0	6,0	6,0	0,0	6,0	-0,1	5,9
8 000	0,1	-5,2	2,0	2,0	1,9	0,0	2,0	-1,1	0,9

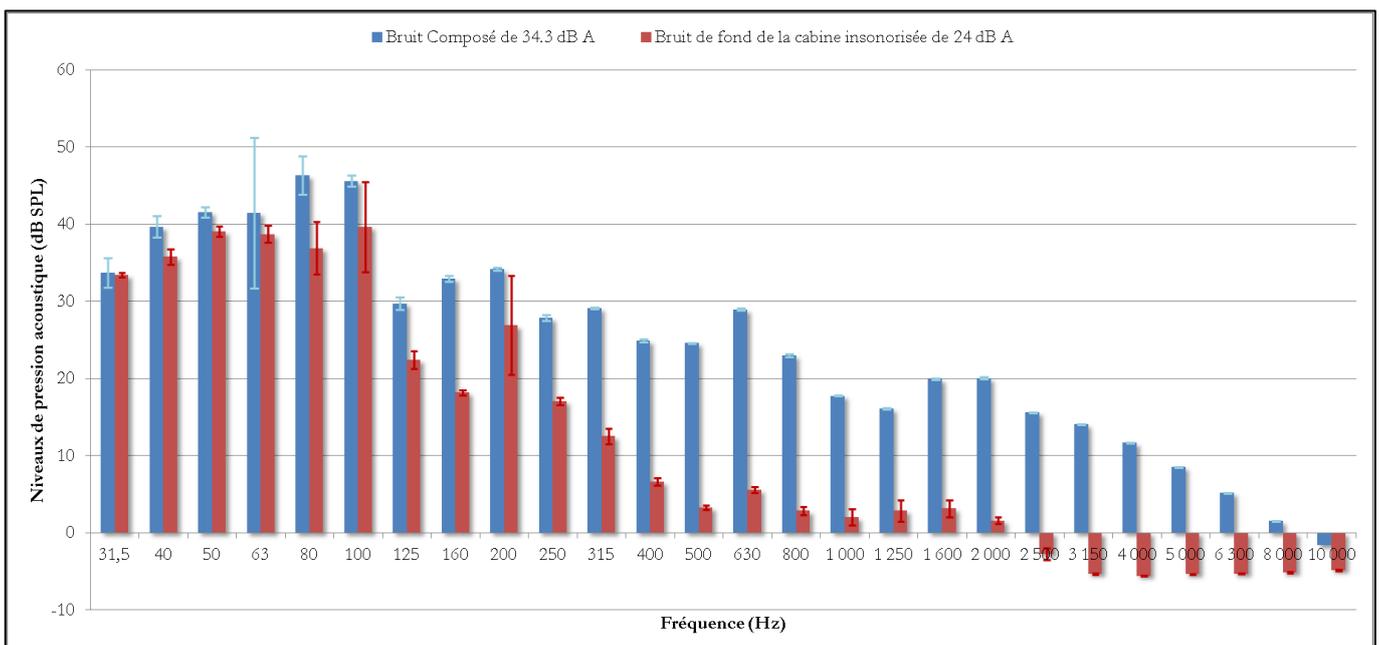
Le niveau du bruit composé en dB A est de : 35,4 dB A



Annexe 14: Dégradation de la PTM de 5 dB HL au vibreur (Cas de Monsieur Y Oreille Gauche)

Cas de Monsieur Y: dégradation de la PTM de l'OG de 5 dB HL									
Fréquence (Hz)	Ecart-Type des 3 mesures du bruit de fond de la cabine	Moyenne du bruit de fond de la cabine en dB SPL	Mesure n°1 du bruit composé en dB SPL	Mesure n°2 du bruit composé en dB SPL	Mesure n°3 du bruit composé en dB SPL	Ecart-Type des 3 mesures du bruit composé	Moyenne du bruit composé L_1 en dB SPL	Pondération A	Niveaux de pression acoustique L_i pondérés A
31,5	0,3	33,4	33,1	35,9	32,1	1,9	33,7	-39,4	-5,7
40	1,0	35,8	38,3	41,0	39,7	1,4	39,6	-34,6	5,0
50	0,7	39,1	41,5	41,0	42,3	0,7	41,6	-30,2	11,4
63	1,1	38,7	34,6	52,6	37,2	9,8	41,5	-26,2	15,3
80	3,4	36,9	45,1	49,2	44,6	2,5	46,3	-22,5	23,8
100	5,8	39,7	45,3	46,4	45,1	0,7	45,6	-19,1	26,5
125	1,2	22,4	29,0	30,5	29,6	0,8	29,7	-16,1	13,6
160	0,3	18,2	33,2	33,1	32,5	0,4	33,0	-13,4	19,6
200	6,4	26,9	34,4	34,0	34,1	0,2	34,1	-10,9	23,2
250	0,5	17,1	28,0	28,1	27,4	0,4	27,8	-8,6	19,2
315	1,0	12,5	29,2	29,0	29,1	0,1	29,1	-6,6	22,5
400	0,5	6,6	24,7	25,1	24,9	0,2	24,9	-4,8	20,1
500	0,3	3,3	24,6	24,5	24,6	0,1	24,6	-3,2	21,4
630	0,4	5,6	28,8	28,9	29,1	0,2	28,9	-1,9	27,0
800	0,5	2,8	23,1	23,1	22,8	0,2	23,0	-0,8	22,2
1 000	1,1	2,0	17,7	17,8	17,8	0,1	17,8	0	17,8
1 250	1,4	2,9	16,1	16,1	16,0	0,1	16,1	0,6	16,7
1 600	1,1	3,1	19,8	20,0	20,0	0,1	19,9	1	20,9
2 000	0,4	1,6	20,2	19,9	20,0	0,2	20,0	1,2	21,2
2 500	0,7	-2,8	15,6	15,6	15,6	0,0	15,6	1,3	16,9
3 150	0,1	-5,3	13,9	14,1	14,1	0,1	14,0	1,2	15,2
4 000	0,1	-5,6	11,6	11,7	11,7	0,1	11,6	1	12,6
5 000	0,0	-5,4	8,5	8,5	8,6	0,1	8,5	0,5	9,0
6 300	0,0	-5,3	5,1	5,2	5,2	0,0	5,1	-0,1	5,0
8 000	0,1	-5,2	1,5	1,5	1,5	0,0	1,5	-1,1	0,4

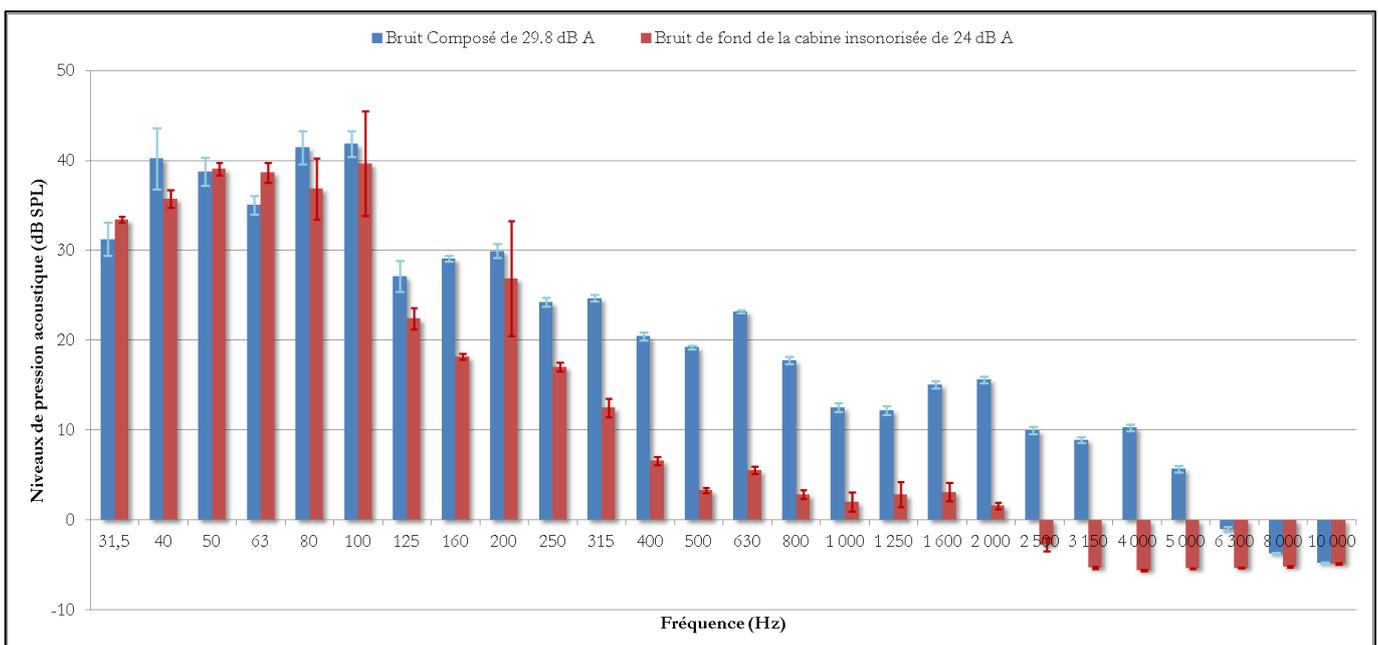
Le niveau du bruit composé en dB A est de : 34,3 dB A



Annexe 15 : Dégradation de la PTM de 5 dB HL au vibreur (Cas de Monsieur Z)

Cas de Monsieur Z: dégradation de la PTM de l'OD de 4,7 dB HL et de l'OG de 5,3 dB HL									
Fréquence (Hz)	Ecart-Type des 3 mesures du bruit de fond de la cabine	Moyenne du bruit de fond de la cabine en dB SPL	Mesure n°1 du bruit composé en dB SPL	Mesure n°2 du bruit composé en dB SPL	Mesure n°3 du bruit composé en dB SPL	Ecart-Type des 3 mesures du bruit composé	1	2	1+2
							Moyenne du bruit composé L_1 en dB SPL	Pondération A	Niveaux de pression acoustique L_1 pondérés A
31,5	0,3	33,4	30,0	33,4	30,3	1,9	31,2	-39,4	-8,2
40	1,0	35,8	36,3	41,8	42,6	3,4	40,2	-34,6	5,6
50	0,7	39,1	37,1	40,2	39,0	1,6	38,8	-30,2	8,6
63	1,1	38,7	34,1	36,1	34,9	1,0	35,0	-26,2	8,8
80	3,4	36,9	39,5	43,2	41,6	1,8	41,4	-22,5	18,9
100	5,8	39,7	40,2	42,4	43,0	1,5	41,9	-19,1	22,8
125	1,2	22,4	25,2	28,4	27,8	1,7	27,1	-16,1	11,0
160	0,3	18,2	29,0	28,8	29,4	0,3	29,1	-13,4	15,7
200	6,4	26,9	29,4	29,7	30,8	0,8	29,9	-10,9	19,0
250	0,5	17,1	23,8	24,8	24,1	0,5	24,2	-8,6	15,6
315	1,0	12,5	24,3	24,8	25,0	0,4	24,7	-6,6	18,1
400	0,5	6,6	20,0	20,5	20,9	0,5	20,5	-4,8	15,7
500	0,3	3,3	19,3	19,0	19,5	0,2	19,2	-3,2	16,0
630	0,4	5,6	23,2	23,0	23,4	0,2	23,2	-1,9	21,3
800	0,5	2,8	17,5	17,7	18,2	0,4	17,8	-0,8	17,0
1 000	1,1	2,0	12,0	12,5	13,0	0,5	12,5	0	12,5
1 250	1,4	2,9	11,7	12,3	12,7	0,5	12,2	0,6	12,8
1 600	1,1	3,1	14,6	15,1	15,5	0,4	15,1	1	16,1
2 000	0,4	1,6	15,2	15,7	15,9	0,4	15,6	1,2	16,8
2 500	0,7	-2,8	9,6	10,0	10,4	0,4	10,0	1,3	11,3
3 150	0,1	-5,3	8,5	9,0	9,2	0,4	8,9	1,2	10,1
4 000	0,1	-5,6	9,9	10,3	10,7	0,4	10,3	1	11,3
5 000	0,0	-5,4	5,3	5,7	6,0	0,4	5,7	0,5	6,2
6 300	0,0	-5,3	-1,3	-1,0	-0,8	0,3	-1,0	-0,1	-1,1
8 000	0,1	-5,2	-3,8	-3,7	-3,6	0,1	-3,7	-1,1	-4,8

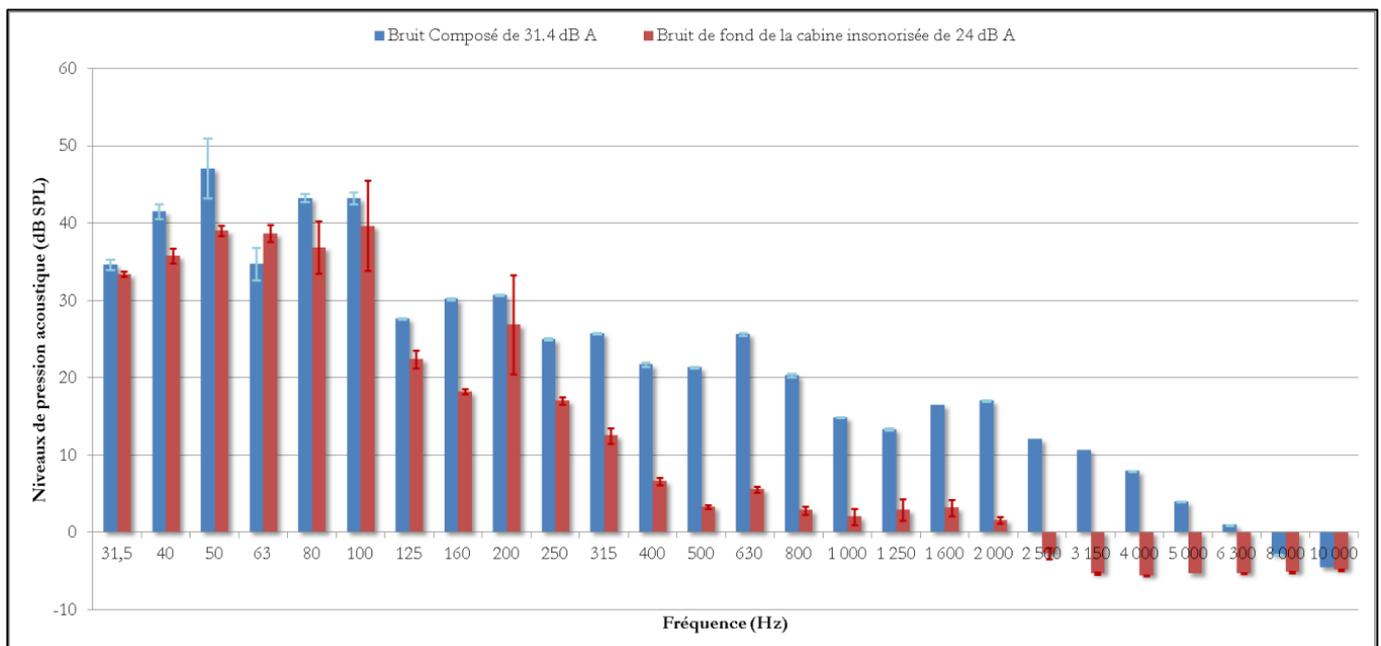
Le niveau du bruit composé en dB A est de : 29,8 dB A



Annexe 16 : Dégradation de la PTM binaurale de 5 dB HL en champ libre (Cas de Monsieur V)

Cas de Monsieur V: dégradation de la PTM binaurale de 5,7 dB HL									
Fréquence (Hz)	Ecart-Type des 3 mesures du bruit de fond de la cabine	Moyenne du bruit de fond de la cabine en dB SPL	Mesure n°1 du bruit composé en dB SPL	Mesure n°2 du bruit composé en dB SPL	Mesure n°3 du bruit composé en dB SPL	Ecart-Type des 3 mesures du bruit composé	1	2	1+2
							Moyenne du bruit composé L_i en dB SPL	Pondération A	Niveaux de pression acoustique pondérés L_i
31,5	0,3	33,4	34,1	34,5	35,4	0,7	34,7	-39,4	-4,7
40	1,0	35,8	41,7	42,3	40,4	1,0	41,5	-34,6	6,9
50	0,7	39,1	43,5	51,2	46,6	3,9	47,1	-30,2	16,9
63	1,1	38,7	32,6	36,8	34,7	2,1	34,7	-26,2	8,5
80	3,4	36,9	42,8	43,8	43,4	0,5	43,3	-22,5	20,8
100	5,8	39,7	42,6	44,1	43,0	0,8	43,2	-19,1	24,1
125	1,2	22,4	27,7	27,5	27,7	0,1	27,6	-16,1	11,5
160	0,3	18,2	30,3	30,1	30,3	0,1	30,2	-13,4	16,8
200	6,4	26,9	30,8	30,6	30,6	0,1	30,7	-10,9	19,8
250	0,5	17,1	24,9	24,9	25,1	0,1	25,0	-8,6	16,4
315	1,0	12,5	25,7	25,8	25,6	0,1	25,7	-6,6	19,1
400	0,5	6,6	21,5	22,0	21,6	0,3	21,7	-4,8	16,9
500	0,3	3,3	21,4	21,3	21,3	0,1	21,3	-3,2	18,1
630	0,4	5,6	25,6	25,6	25,8	0,2	25,6	-1,9	23,7
800	0,5	2,8	20,5	20,1	20,5	0,2	20,3	-0,8	19,5
1 000	1,1	2,0	14,8	14,9	14,9	0,0	14,9	0	14,9
1 250	1,4	2,9	13,4	13,4	13,2	0,1	13,3	0,6	13,9
1 600	1,1	3,1	16,4	16,5	16,5	0,0	16,5	1	17,5
2 000	0,4	1,6	17,1	17,1	16,9	0,1	17,0	1,2	18,2
2 500	0,7	-2,8	12,0	12,0	12,0	0,0	12,0	1,3	13,3
3 150	0,1	-5,3	10,6	10,7	10,6	0,0	10,6	1,2	11,8
4 000	0,1	-5,6	7,9	7,9	7,9	0,0	7,9	1	8,9
5 000	0,0	-5,4	4,0	4,0	3,9	0,0	3,9	0,5	4,4
6 300	0,0	-5,3	0,9	0,9	0,9	0,0	0,9	-0,1	0,8
8 000	0,1	-5,2	-2,9	-2,9	-3,0	0,1	-2,9	-1,1	-4,0

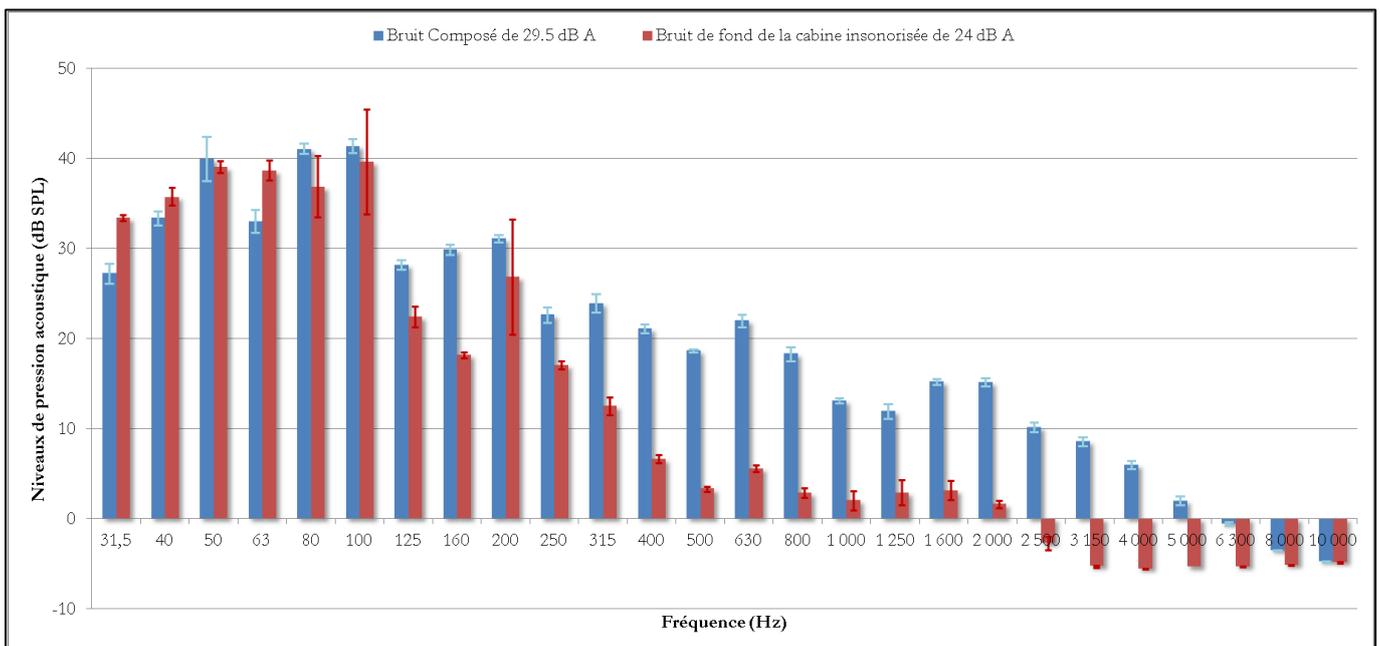
Le niveau du bruit composé en dB A est de : 31,4 dB A



Annexe 17 : Dégradation de la PTM binaurale de 5 dB HL en champ libre (Cas de Monsieur W)

Cas de Monsieur W: dégradation de la PTM binaurale de 6 dB HL									
Fréquence (Hz)	Ecart-Type des 3 mesures du bruit de fond de la cabine	Moyenne du bruit de fond de la cabine en dB SPL	Mesure n°1 du bruit composé en dB SPL	Mesure n°2 du bruit composé en dB SPL	Mesure n°3 du bruit composé en dB SPL	Ecart-Type des 3 mesures du bruit composé	1	2	1+2
							Moyenne du bruit composé L_i en dB SPL	Pondération A	Niveaux de pression acoustique pondérés L_i
31,5	0,3	33,4	26,0	27,8	28,0	1,1	27,3	-39,4	-12,1
40	1,0	35,8	33,5	32,6	34,2	0,8	33,4	-34,6	-1,2
50	0,7	39,1	42,7	38,0	39,2	2,5	40,0	-30,2	9,8
63	1,1	38,7	34,1	31,7	33,4	1,2	33,1	-26,2	6,9
80	3,4	36,9	40,5	41,7	41,1	0,6	41,1	-22,5	18,6
100	5,8	39,7	41,0	40,9	42,3	0,8	41,4	-19,1	22,3
125	1,2	22,4	28,0	27,8	28,8	0,5	28,2	-16,1	12,1
160	0,3	18,2	29,2	30,0	30,4	0,6	29,9	-13,4	16,5
200	6,4	26,9	31,0	30,8	31,6	0,4	31,1	-10,9	20,2
250	0,5	17,1	21,8	22,6	23,6	0,9	22,7	-8,6	14,1
315	1,0	12,5	23,2	23,5	25,1	1,0	23,9	-6,6	17,3
400	0,5	6,6	20,7	21,7	21,0	0,5	21,1	-4,8	16,3
500	0,3	3,3	18,4	18,8	18,8	0,2	18,7	-3,2	15,5
630	0,4	5,6	21,2	22,2	22,6	0,7	22,0	-1,9	20,1
800	0,5	2,8	17,5	18,4	19,1	0,8	18,3	-0,8	17,5
1 000	1,1	2,0	12,8	13,2	13,4	0,3	13,1	0	13,1
1 250	1,4	2,9	11,3	11,7	12,9	0,8	11,9	0,6	12,5
1 600	1,1	3,1	14,9	15,2	15,5	0,3	15,2	1	16,2
2 000	0,4	1,6	14,8	15,0	15,7	0,5	15,2	1,2	16,4
2 500	0,7	-2,8	9,6	10,2	10,6	0,5	10,2	1,3	11,5
3 150	0,1	-5,3	8,1	8,6	9,1	0,5	8,6	1,2	9,8
4 000	0,1	-5,6	5,5	6,1	6,3	0,4	6,0	1	7,0
5 000	0,0	-5,4	1,5	1,9	2,5	0,5	2,0	0,5	2,5
6 300	0,0	-5,3	-0,8	-0,5	-0,4	0,2	-0,6	-0,1	-0,7
8 000	0,1	-5,2	-3,6	-3,5	-3,5	0,1	-3,5	-1,1	-4,6

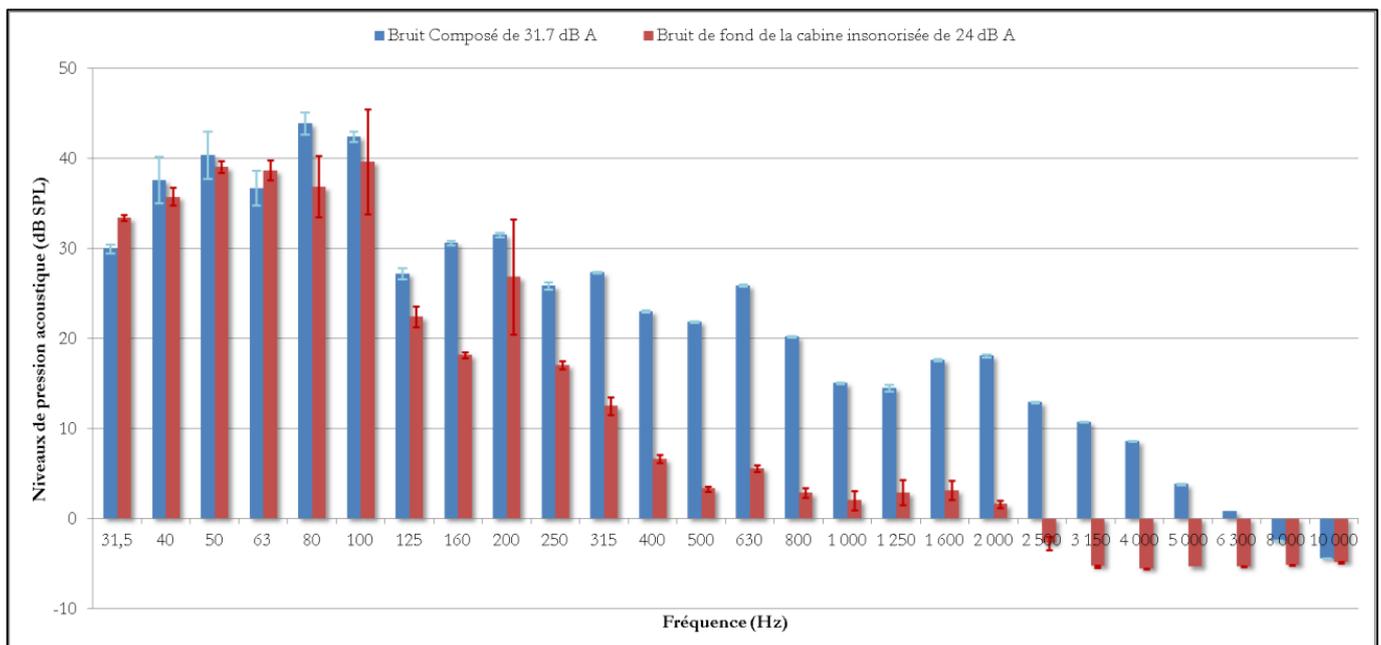
Le niveau du bruit composé en dB A est de : 29,5 dB A



Annexe 18 : Dégradation de la PTM binaurale de 5 dB HL en champ libre (Cas de Madame X)

Cas de Madame X: dégradation de la PTM binaurale de 6 dB HL									
Fréquence (Hz)	Ecart-Type des 3 mesures du bruit de fond de la cabine	Moyenne du bruit de fond de la cabine en dB SPL	Mesure n°1 du bruit composé en dB SPL	Mesure n°2 du bruit composé en dB SPL	Mesure n°3 du bruit composé en dB SPL	Ecart-Type des 3 mesures du bruit composé	1	2	1+2
							Moyenne du bruit composé L_i en dB SPL	Pondération A	Niveaux de pression acoustique pondérés A L_i
31,5	0,3	33,4	30,4	30,0	29,4	0,5	30,0	-39,4	-9,4
40	1,0	35,8	40,6	35,8	36,4	2,6	37,6	-34,6	3,0
50	0,7	39,1	43,4	39,1	38,6	2,6	40,4	-30,2	10,2
63	1,1	38,7	36,3	35,0	38,8	1,9	36,7	-26,2	10,5
80	3,4	36,9	43,1	45,3	43,3	1,2	43,9	-22,5	21,4
100	5,8	39,7	43,1	42,2	42,1	0,6	42,5	-19,1	23,4
125	1,2	22,4	27,8	26,7	27,2	0,6	27,2	-16,1	11,1
160	0,3	18,2	30,6	30,9	30,5	0,2	30,7	-13,4	17,3
200	6,4	26,9	31,5	31,8	31,4	0,2	31,5	-10,9	20,6
250	0,5	17,1	25,9	26,2	25,4	0,4	25,9	-8,6	17,3
315	1,0	12,5	27,3	27,5	27,3	0,1	27,3	-6,6	20,7
400	0,5	6,6	22,9	23,0	23,2	0,1	23,0	-4,8	18,2
500	0,3	3,3	21,9	21,8	21,9	0,1	21,9	-3,2	18,7
630	0,4	5,6	25,9	26,0	25,8	0,1	25,9	-1,9	24,0
800	0,5	2,8	20,2	20,1	20,3	0,1	20,2	-0,8	19,4
1 000	1,1	2,0	15,1	15,1	14,9	0,1	15,1	0	15,1
1 250	1,4	2,9	14,4	14,9	14,3	0,3	14,5	0,6	15,1
1 600	1,1	3,1	17,7	17,7	17,5	0,1	17,6	1	18,6
2 000	0,4	1,6	18,2	18,1	18,0	0,1	18,1	1,2	19,3
2 500	0,7	-2,8	13,0	12,9	12,8	0,1	12,9	1,3	14,2
3 150	0,1	-5,3	10,8	10,7	10,7	0,0	10,7	1,2	11,9
4 000	0,1	-5,6	8,6	8,6	8,6	0,0	8,6	1	9,6
5 000	0,0	-5,4	3,8	3,8	3,9	0,1	3,8	0,5	4,3
6 300	0,0	-5,3	0,8	0,8	0,8	0,0	0,8	-0,1	0,7
8 000	0,1	-5,2	-2,4	-2,5	-2,5	0,0	-2,5	-1,1	-3,6

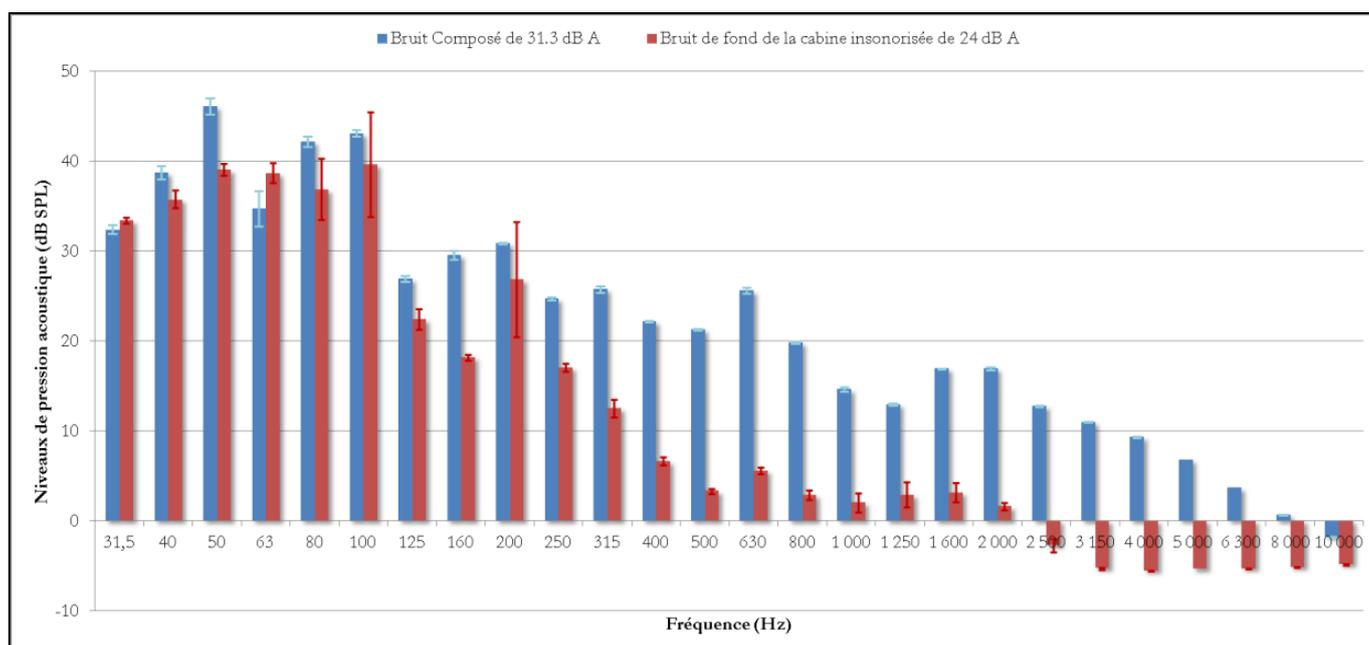
Le niveau du bruit composé en dB A est de : 31,7 dB A



Annexe 19 : Dégradation de la PTM binaurale de 5 dB HL en champ libre (Cas de Monsieur Y)

Cas de Monsieur Y: dégradation de la PTM binaurale de 5,3 dB HL									
Fréquence (Hz)	Ecart-Type des 3 mesures du bruit de fond de la cabine	Moyenne du bruit de fond de la cabine en dB SPL	Mesure n°1 du bruit composé en dB SPL	Mesure n°2 du bruit composé en dB SPL	Mesure n°3 du bruit composé en dB SPL	Ecart-Type des 3 mesures du bruit composé	1	2	1+2
							Moyenne du bruit composé L_i en dB SPL	Pondération A	Niveaux de pression acoustique pondérés A L_i
31,5	0,3	33,4	32,4	31,9	32,9	0,5	32,4	-39,4	-7,0
40	1,0	35,8	37,9	39,1	39,2	0,7	38,7	-34,6	4,1
50	0,7	39,1	47,1	45,9	45,3	0,9	46,1	-30,2	15,9
63	1,1	38,7	34,1	36,9	33,1	2,0	34,7	-26,2	8,5
80	3,4	36,9	42,8	41,8	42,0	0,6	42,2	-22,5	19,7
100	5,8	39,7	43,0	43,5	42,8	0,4	43,1	-19,1	24,0
125	1,2	22,4	26,6	27,2	27,0	0,3	26,9	-16,1	10,8
160	0,3	18,2	30,0	29,7	29,0	0,5	29,5	-13,4	16,1
200	6,4	26,9	30,8	30,9	31,0	0,1	30,9	-10,9	20,0
250	0,5	17,1	24,8	24,8	24,6	0,1	24,7	-8,6	16,1
315	1,0	12,5	25,5	25,7	26,2	0,4	25,8	-6,6	19,2
400	0,5	6,6	22,2	22,2	22,1	0,1	22,2	-4,8	17,4
500	0,3	3,3	21,3	21,4	21,2	0,1	21,3	-3,2	18,1
630	0,4	5,6	25,6	25,9	25,3	0,3	25,6	-1,9	23,7
800	0,5	2,8	19,8	19,9	19,7	0,1	19,8	-0,8	19,0
1 000	1,1	2,0	14,4	14,8	14,7	0,2	14,6	0	14,6
1 250	1,4	2,9	12,9	13,0	13,0	0,1	13,0	0,6	13,6
1 600	1,1	3,1	16,9	16,9	17,0	0,0	16,9	1	17,9
2 000	0,4	1,6	16,9	16,8	17,1	0,2	16,9	1,2	18,1
2 500	0,7	-2,8	12,8	12,7	12,8	0,0	12,8	1,3	14,1
3 150	0,1	-5,3	11,0	10,9	11,0	0,1	11,0	1,2	12,2
4 000	0,1	-5,6	9,3	9,4	9,3	0,1	9,3	1	10,3
5 000	0,0	-5,4	6,8	6,7	6,8	0,0	6,8	0,5	7,3
6 300	0,0	-5,3	3,6	3,6	3,6	0,0	3,6	-0,1	3,5
8 000	0,1	-5,2	0,6	0,6	0,7	0,1	0,6	-1,1	-0,5

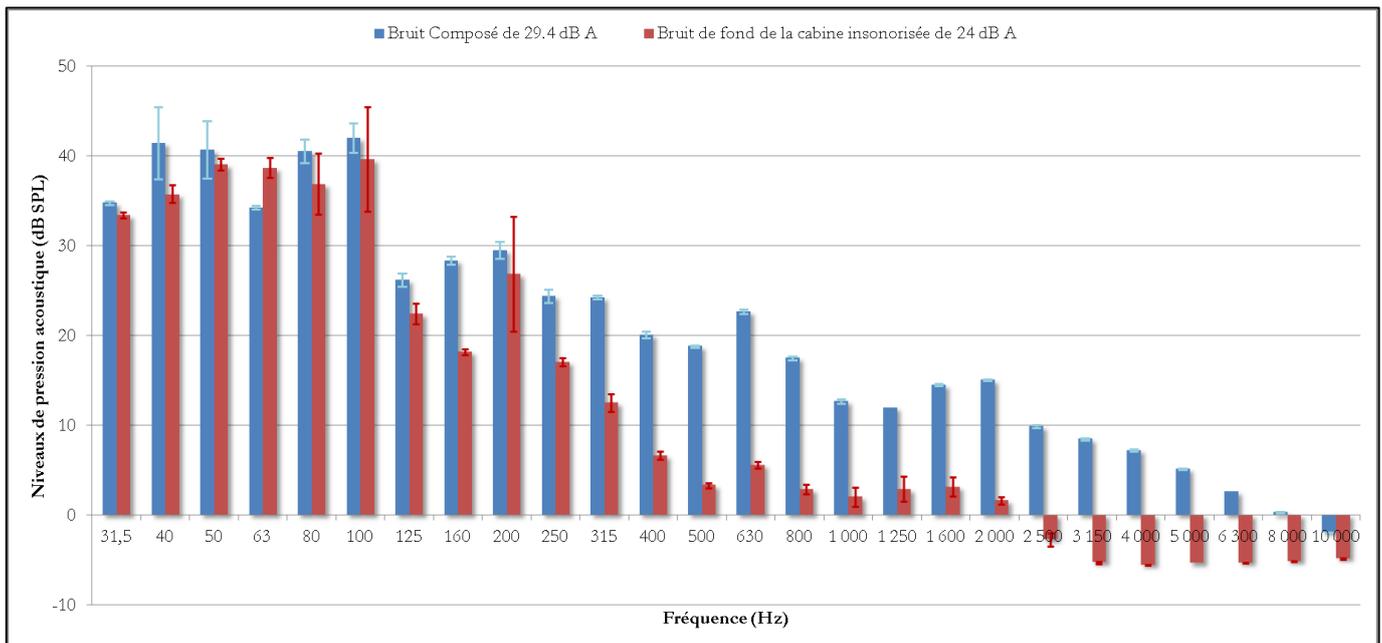
Le niveau du bruit composé en dB A est de : 31,3 dB A



Annexe 20 : Dégradation de la PTM binaurale de 5 dB HL en champ libre (Cas de Monsieur Z)

Cas de Monsieur Z: dégradation de la PTM binaurale de 5,7 dB HL									
Fréquence (Hz)	Ecart-Type des 3 mesures du bruit de fond de la cabine	Moyenne du bruit de fond de la cabine en dB SPL	Mesure n°1 du bruit composé en dB SPL	Mesure n°2 du bruit composé en dB SPL	Mesure n°3 du bruit composé en dB SPL	Ecart-Type des 3 mesures du bruit composé	1	2	1+2
							Moyenne du bruit composé L_i en dB SPL	Pondération A	Niveau de pression acoustique pondérés A L_i
31,5	0,3	33,4	35,0	34,7	34,7	0,2	34,8	-39,4	-4,6
40	1,0	35,8	46,1	39,2	39,1	4,0	41,5	-34,6	6,9
50	0,7	39,1	44,3	39,8	38,1	3,2	40,7	-30,2	10,5
63	1,1	38,7	34,1	34,5	34,3	0,2	34,3	-26,2	8,1
80	3,4	36,9	39,6	40,0	42,1	1,3	40,6	-22,5	18,1
100	5,8	39,7	41,0	41,2	43,9	1,6	42,0	-19,1	22,9
125	1,2	22,4	25,4	26,8	26,4	0,7	26,2	-16,1	10,1
160	0,3	18,2	27,9	28,8	28,4	0,4	28,4	-13,4	15,0
200	6,4	26,9	29,1	30,6	28,9	1,0	29,5	-10,9	18,6
250	0,5	17,1	23,6	25,1	24,5	0,7	24,4	-8,6	15,8
315	1,0	12,5	24,2	24,5	24,1	0,2	24,3	-6,6	17,7
400	0,5	6,6	19,7	20,4	20,1	0,4	20,1	-4,8	15,3
500	0,3	3,3	18,6	18,8	18,9	0,1	18,8	-3,2	15,6
630	0,4	5,6	22,4	22,7	22,9	0,3	22,7	-1,9	20,8
800	0,5	2,8	17,6	17,3	17,7	0,2	17,5	-0,8	16,7
1 000	1,1	2,0	12,6	12,5	13,0	0,3	12,7	0	12,7
1 250	1,4	2,9	11,9	12,0	12,0	0,0	12,0	0,6	12,6
1 600	1,1	3,1	14,4	14,4	14,6	0,1	14,5	1	15,5
2 000	0,4	1,6	14,9	15,1	15,1	0,1	15,0	1,2	16,2
2 500	0,7	-2,8	9,7	9,8	10,1	0,2	9,9	1,3	11,2
3 150	0,1	-5,3	8,3	8,5	8,6	0,1	8,5	1,2	9,7
4 000	0,1	-5,6	7,1	7,3	7,2	0,1	7,2	1	8,2
5 000	0,0	-5,4	5,1	5,2	5,2	0,1	5,1	0,5	5,6
6 300	0,0	-5,3	2,6	2,6	2,6	0,0	2,6	-0,1	2,5
8 000	0,1	-5,2	0,3	0,3	0,4	0,1	0,3	-1,1	-0,8

Le niveau du bruit composé en dB A est de : 29,4 dB A



Date :

Jeudi 10 Octobre 2013

Signature du maître de stage :

IMPACT DU BRUIT DE FOND DANS UNE CABINE AUDIOMETRIQUE SUR L'AUDIOMETRIE TONALE LIMINAIRE EN CONDUCTION AERIENNE ET EN CONDUCTION OSSEUSE

Soutenu le 7 novembre 2013

par Pinhas Yaniv ZINI

RESUME :

Le niveau de bruit ambiant d'une cabine audiométrique peut influencer les résultats audiométriques lors de l'audiométrie tonale liminaire. En effet, si celui-ci est trop élevé, il peut masquer les réponses d'un sujet testé. Dans le cadre de cette étude des mesures du bruit de fond de deux salles audiométriques ont été réalisées. La première mesure a été effectuée au sein de la salle la salle du Banc d'Essai au Seuil d'Audition (BESA) de l'INRS. La seconde mesure a été réalisée au sein de la cabine insonorisée de la Faculté de Pharmacie de Nancy. D'autre part des audiométries tonales liminaires ont été pratiquées dans ces deux salles sur des sujets normoentendants. Les normes ISO 8253-1 et 8253-2 relatent les niveaux de pression acoustiques maximaux admissibles lors de l'audiométrie en conduction aérienne et en conduction osseuse. Une étude comparative des niveaux de pression acoustique maximaux admissibles aux bruits de fond des salles audiométriques testées a été pratiquée. Différentes expériences ont été menées dans la cabine audiométrique standard de la Faculté de Pharmacie. Une dégradation de la perte tonale moyenne de 5 dB HL a été induite par une augmentation du bruit de fond réel de la cabine audiométrique. L'impact d'un bruit de fond de 40 dB A a été mesuré sur les courbes audiométriques d'un sujet unique sachant que le décret n°85-590 du 10 juin 1985 définit un niveau de bruit de fond de 40 dB A. Ainsi, ces différentes expériences ont permis de faire remarquer que le niveau de bruit de fond de 40 dB A reste relativement élevé.

MOTS CLES :

BRUIT DE FOND	CABINE AUDIOMETRIQUE	AUDIOMETRIE TONALE
LIMINAIRE	CONDUCTION AERIENNE	CONDUCTION OSSEUSE
PONDERATION A	ETUDE CLINIQUE	DEGRADATION DE LA
PERTE TONALE MOYENNE	ETUDE COMPARATIVE	