



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>

Université de Lorraine

Faculté de Pharmacie de Nancy

Etude et comparaison du positionnement microphonique d'un appareil de type contour à écouteur déporté et d'un appareil à microphone externe

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

Lucie Bastian
Année 2014

Remerciements

Je tiens à remercier les personnes qui m'ont soutenue et aidée dans la réalisation de ce mémoire et au cours des trois années de formation au diplôme d'audioprothésiste :

- Madame Françoise TAESCH-MAHON, ma maitre de stage de troisième année, pour m'avoir fait découvrir le métier d'audioprothésiste et pour son aide dans la réalisation de ce mémoire,
- Monsieur Joël DUCOURNEAU pour sa disponibilité durant ces trois années mais aussi son encadrement lors de la préparation et la réalisation des tests à l'INRS de Nancy Brabois,
- Monsieur Adil FAIZ pour son aide lors de la réalisation des tests à l'INRS de Nancy Brabois,
- La société GN Hearing et plus particulièrement les responsables produits du Lex pour leur informations techniques et le prêt des appareils auditifs nécessaires à la réalisation de ce mémoire,
- L'institut National de Recherche et Sécurité de Nancy Brabois et son équipe pour m'avoir prêté le matériel adéquat à la réalisation de mes expériences mais aussi pour son accueil chaleureux au sein de sa structure,
- Mon ami pour son soutien et son aide dans la réalisation pratique et la rédaction de ce mémoire,
- Ma famille pour son soutien tout au long de ces trois années de formation,
- Et enfin, l'équipe d'enseignement au diplôme d'audioprothésiste, pour les connaissances qu'ils nous ont apportées durant cette formation.

Sommaire

Introduction	1
I. Rappels	2
A. Anatomie et physiologie du système auditif	2
1. Anatomie générale	2
2. L'oreille externe.....	3
a) Anatomie	3
b) Physiologie.....	4
B. Rappels techniques	6
1. Fonctionnement d'une aide auditive	6
a) Principe de fonctionnement général	6
b) La captation du son par le microphone d'une aide auditive	8
2. Le contour d'oreille : principe de la directivité microphonique.....	10
a) Le microphone omnidirectionnel	10
b) La directivité microphonique	11
3. L'aide auditive « Lex »	13
a) Historique	13
b) Principe.....	14
c) Réglage	16
d) Avantages et inconvénients	16
C. La localisation sonore	19
1. L'écoute binaurale ou la théorie duplex de Rayleigh	20
2. Le traitement monaural	20
II. Etude objective du pavillon	22
A. But	22
B. Passation	23
1. Lieux.....	23
2. Matériel	23
3. Protocole	29
C. Résultats et interprétations:	30
III. Etude subjective auprès de patients appareillés	40
A. But	40
B. Passation du test	40

1.	Lieux.....	40
2.	Matériel utilisé	41
3.	Caractéristique de l'échantillon des sujets.....	44
C.	Protocole	45
1.	L'otoscopie	45
2.	L'audiométrie tonale au casque	45
3.	Le montage des appareils.....	45
a)	Choix de la taille de l'écouteur de l'Alera et du microphone du Lex	45
b)	Choix de la taille et de la forme du dôme	47
4.	Calibration et mise en place du tube sonde.....	49
a)	La calibration des tubes sonde	49
b)	Mise en place du tube sonde et des appareils	50
5.	Réglage des appareils	51
a)	Réglage du Lex.....	51
b)	Réglage de l'Alera 961	54
6.	Le test de localisation spatiale	57
7.	Le test de compréhension dans le bruit.....	58
D.	Cas pratiques	61
1.	Cas pratique n°1	61
2.	Cas pratique n°2	63
3.	Cas pratique n°3	65
4.	Cas pratique n°4	67
5.	Cas pratique n°5	69
6.	Cas pratique n°6	71
7.	Cas pratique n°7	73
8.	Cas pratiques n°8.....	75
E.	Interprétation	77
1.	Interprétation des résultats au test de localisation sonore	77
2.	Interprétation des résultats au test de compréhension dans le bruit	78
	Conclusions	80
	Bibliographie	82
	Annexes.....	85

Introduction

L'oreille externe, de par sa structure et ses reliefs, permet la localisation d'une source sonore. Elle permet également une amplification sélective du signal en fonction de sa provenance, c'est ce qu'on appelle l'effet pavillonnaire ou la directivité naturelle de l'oreille.

Avec un appareil de type intra-auriculaire nous savons que l'effet pavillonnaire est conservé puisque cet appareil capte le son à l'entrée du conduit. Avec un appareil de type contour d'oreille cette directivité naturelle de l'oreille n'est plus exploitée étant donné que les microphones se situent au-dessus du pavillon.

Durant mon stage de troisième année en laboratoire d'audioprothèse j'ai eu l'occasion d'observer la réalisation de plusieurs appareillages à l'aide du nouveau concept de GN Hearing : le Lex 8. La particularité de cet appareil réside dans son placement microphonique non conventionnel. En effet, le microphone est placé dans la conque supérieure de l'oreille.

Au regard des différentes positions microphoniques existantes aujourd'hui sur le marché de l'aide auditive, nous pouvons soulever diverses problématiques.

En quoi les différents placements microphoniques jouent un rôle dans la captation du son ?

De plus, un microphone bien positionné peut-il rivaliser voire surpasser la directivité microphonique offerte par un réseau double microphone ?

Nous effectuerons dans un premier temps quelques rappels anatomiques, techniques et fonctionnels sur l'oreille et les appareils de correction auditive.

Nous détaillerons et exposerons ensuite notre étude objective sur le pavillon et l'amplification que celui-ci peut apporter.

Enfin nous compléterons notre étude par des tests subjectifs menés sur des patients malentendants afin de comparer le Lex avec un appareil de type contour où le placement microphonique est situé au-dessus du sillon rétro-auriculaire.

I. Rappels

A. Anatomie et physiologie du système auditif

Etant donné que ce mémoire traite du placement microphonique des aides auditives actuelles, nous traiterons brièvement l'anatomie de l'oreille moyenne et l'oreille externe. En effet, l'étude menée porte essentiellement sur l'oreille externe et plus particulièrement sur l'amplification naturelle du son apportée par le pavillon.

1. Anatomie générale [1 ; 2 ; 3]

L'oreille humaine est composée de trois parties : l'oreille externe, l'oreille moyenne et l'oreille interne.

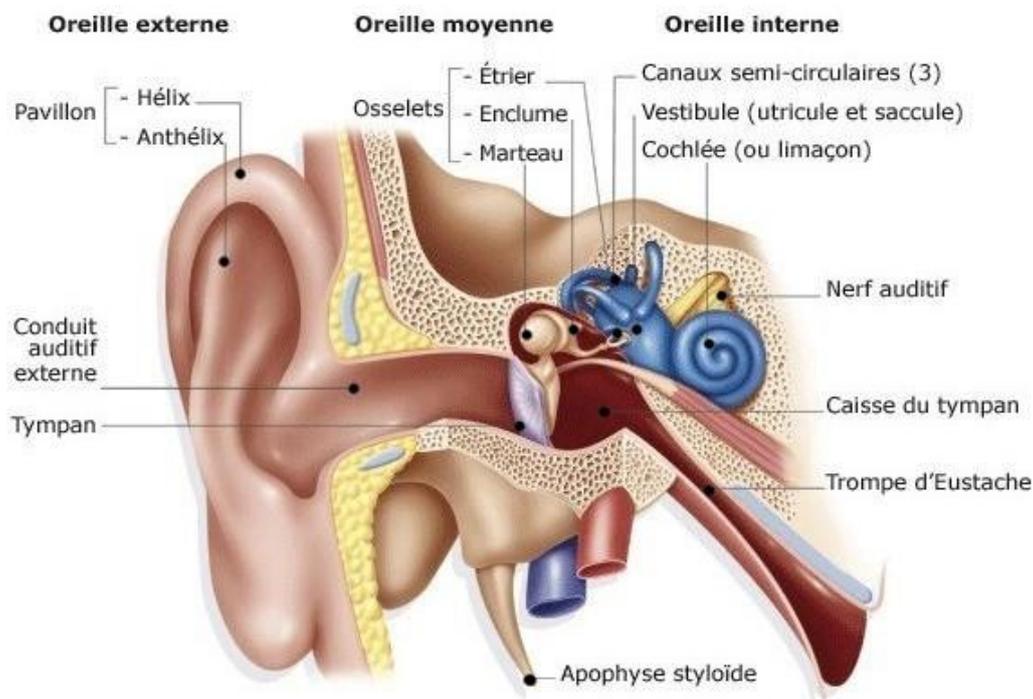


Figure 1 : L'oreille humaine [4]

Le son est en premier lieu capté par le pavillon. Il est alors transmis au tympan par l'intermédiaire du conduit auditif externe. Le pavillon et le conduit auditif composent l'oreille externe. Le tympan est une membrane translucide qui sépare l'oreille externe de l'oreille moyenne. L'arrivée du son sur cette membrane la fait vibrer entraînant ainsi la mobilisation de la chaîne des osselets. La chaîne des osselets est composée des trois plus petits os du corps humain [5] : le marteau,

l'enclume et l'étrier. Le manche du marteau est fixé sur la membrane interne du tympan. La tête de celui-ci est reliée au corps de l'enclume elle-même reliée à l'étrier par l'intermédiaire de la branche descendante et de l'apophyse lenticulaire. La platine de l'étrier vient se placer dans la fenêtre ovale de la cochlée.

L'oreille moyenne a pour fonction d'adapter l'impédance entre un milieu aérien et un milieu liquidien. L'autre fonction de l'oreille moyenne est la protection de l'oreille interne grâce aux muscles tenseurs tympanique et stapédien qui se contractent par réflexe pour des niveaux sonores supérieurs à 80 dB HL. Enfin l'oreille moyenne permet aussi une amplification sélective en fréquence : c'est la fonction de transfert [2] (Annexe 1).

Les vibrations des liquides de la cochlée provoquées par le mouvement de la platine de l'étrier dans la fenêtre ovale, entraînent l'oscillation des stéréocils des cellules cillées internes de la cochlée. Cette oscillation induit une entrée de potassium dans les cellules cillées qui entraîne une polarisation et la genèse d'un potentiel d'action à la base de ces cellules [2]. Ces potentiels d'actions codent le signal sonore qui va ensuite être analysé par les étages supérieurs des voies auditives menant à l'aire auditive, nous permettant ainsi d'entendre les sons [3].

2. [L'oreille externe](#) [2 ; 7]

a) **Anatomie**

L'oreille externe est séparée de l'oreille moyenne par le tympan. Elle est composée du pavillon et du conduit auditif externe.

Le pavillon est composé d'une lame fibro-cartilagineuse recouverte de peau très fine sauf sur la partie inférieure du pavillon : le lobule. La forme globale du pavillon est ovalaire. Il mesure en moyenne 5 à 6 centimètre de haut chez le sujet adulte. Sa taille évolue avec la croissance du sujet.

L'axe d'implantation du pavillon est de 10 degrés par rapport à la verticale. Normalement, il est décollé du crâne avec un angle d'environ 20 à 30 degrés.

La lame fibro-cartilagineuse forme des reliefs visibles à travers la peau (Figure 2).

La conque est la dépression centrale du pavillon. Elle se divise en deux parties : la conque supérieure (ou conque cymba) et la partie inférieure (ou conque cavum). Au centre de la conque nous trouvons le méat auditif. Ce dernier est masqué par le tragus. L'antitragus s'oppose au tragus. Ils sont tous deux séparés par la conque. A l'extrémité inférieure du pavillon on trouve le lobule. Cette partie du pavillon n'est constituée que d'un amas cutané.

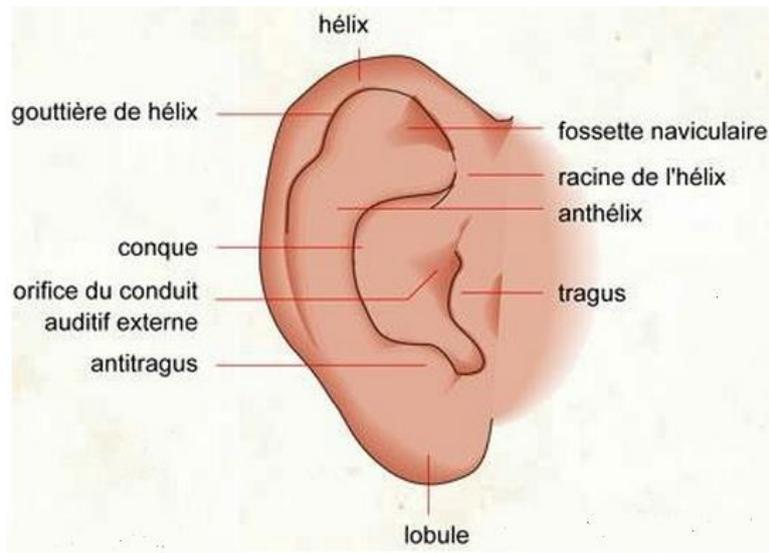


Figure 2 : Schéma du pavillon de l'oreille externe [6]

Le conduit auditif externe mesure en moyenne 25 millimètres de long pour un diamètre de 5 à 10 millimètres. Il possède deux coudes qui lui donnent une forme incurvée. Le conduit se divise en deux parties ayant chacune une structure différente. En effet, le premier tiers du conduit est fibro-cartilagineux comme le pavillon. La peau repose sur le cartilage et une fine couche adipeuse. Les deux derniers tiers du conduit sont de structure osseuse. De ce fait cette partie du conduit est beaucoup plus sensible que le premier tiers.

b) Physiologie

L'oreille externe à plusieurs fonctions :

- Une fonction d'antenne acoustique. Cette fonction permet, grâce aux diffractions des ondes acoustiques créées par le pavillon et le crane, de diriger un maximum d'informations sonores au niveau du conduit,
- Une fonction de localisation des sources sonores par le biais d'une analyse binaurale et monaurale du son. (Les mécanismes de localisation spatiale seront plus explicités au paragraphe I-C-1-a.),
- Une fonction de transfert comme l'oreille moyenne. Cette fonction correspond à la modification plus ou moins importante par l'oreille externe du niveau acoustique des sons. Cette modification s'applique différemment selon la fréquence. On distingue la fonction de transfert du pavillon de celle du conduit qui agissent sur des fréquences différentes (Figure 3).

Les fréquences les plus amplifiées par le conduit auditif externe uniquement sont celle correspondant à sa fréquence de résonance située aux alentours de 2500 Hz avec une amplification maximum de près de 14 dB. Les fréquences les plus amplifiées par la conque sont celle proche de 5500 Hz avec une amplification maximale de près de 12 dB. Au final la fonction de transfert totalise la fonction de transfert du pavillon et celle du conduit auditif. Ainsi nous observons un maximum d'amplification de 20 dB pour 2500 Hz. Cette amplification est supérieure à 15 dB entre 2000 et 7000 Hz, ce qui est loin d'être négligeable,

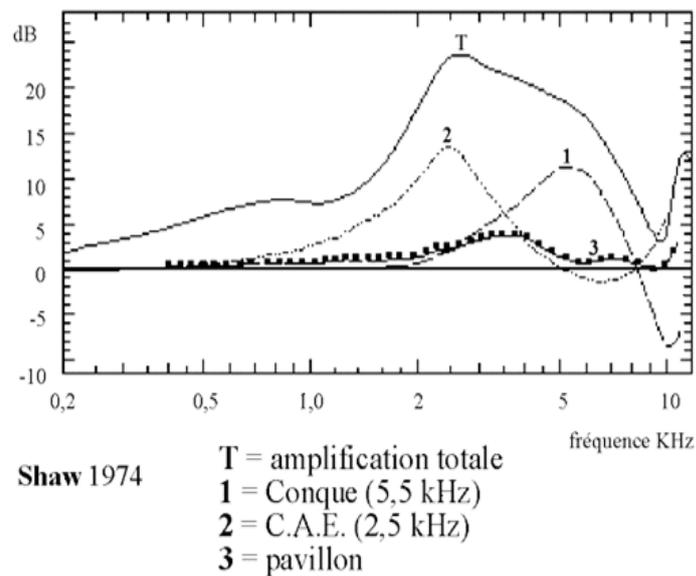


Figure 3 : Amplification par rapport à l'émission en champ libre (dB/Hz) [7]

- Une fonction de protection des éléments fragiles de l'oreille moyenne, c'est-à-dire le tympan et la chaîne ossiculaire. De plus le cérumen produit dans le conduit auditif externe a un rôle protecteur pour la peau de conduit. Il s'oppose aussi à l'introduction d'agents chimiques et de corps étrangers.

B. Rappels techniques

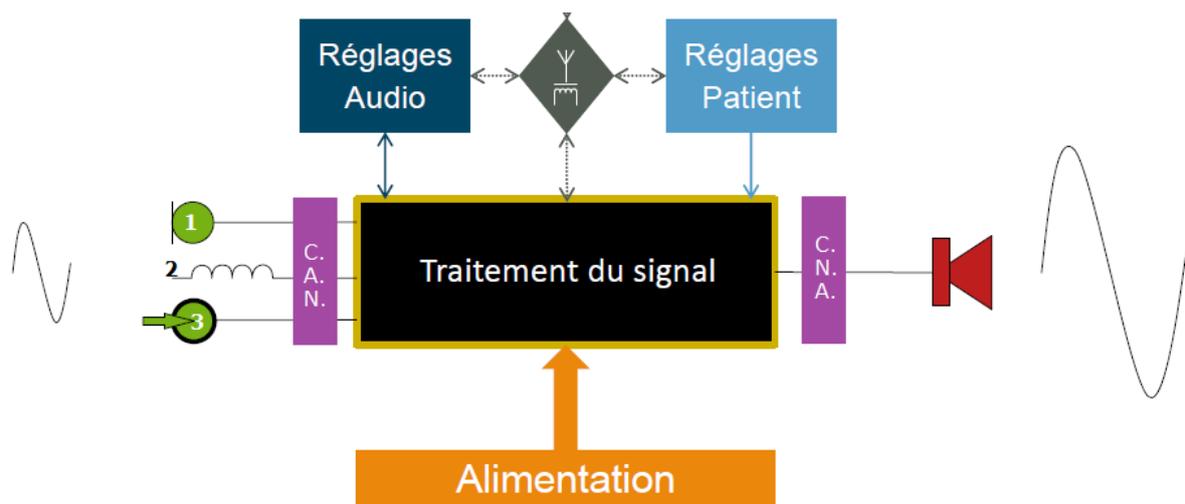
Afin de mieux comprendre les tests et leurs intérêts, nous allons effectuer quelques rappels sur le principe de fonctionnement d'une aide auditive, et notamment sur le transducteur d'entrée qu'est le microphone.

Cette partie sera aussi l'occasion de présenter l'appareil à microphone externe (le Lex) qui a initié la réalisation de ce mémoire.

1. Fonctionnement d'une aide auditive

a) Principe de fonctionnement général [8]

Une aide auditive est composée de transducteurs d'entrée, d'un microprocesseur, et d'un transducteur de sortie. Le schéma ci-après reprend les différents étages d'un appareil auditif numérique.



C.A.N.: Convertisseur Analogique / Numérique
C.N.A.: Convertisseur Numérique / Analogique

Figure 4 : Schéma reprenant le principe de fonctionnement d'une aide auditive numérique [8]

Un transducteur est un dispositif de transformation d'une grandeur physique ou d'une énergie en autre. Il existe plusieurs transducteurs d'entrée sur une aide auditive.

Le premier de ces transducteurs d'entrée, et le plus utilisé, est le microphone à électret (N°1 sur la figure 4). Le microphone d'un appareil auditif a pour but de capter les sons de l'environnement. Il est caractérisé par plusieurs éléments : sa courbe de réponse en fréquence, sa sensibilité, et sa courbe de directivité [8]. La directivité correspond à la sensibilité du microphone en fonction de la provenance du son.

Le microphone à électret est celui utilisé dans les aides auditives actuelles. En comparaison avec les autres sortes de microphone sa courbe de réponse en fréquences est plus plate [8] (Annexe 2), et donc sa bande passante est plus large. De plus, de par sa conception, sa sensibilité aux vibrations est quasiment nulle [8] (Annexe 3).

Dans la plupart des appareils de correction auditive de type contour on trouve deux microphones à électret, ceci dans le but de pouvoir modifier la directivité, qui sera étudiée plus précisément dans le paragraphe I-B-2.

Le second transducteur d'entrée est le capteur T (N°2 sur la figure 4). Ce capteur utilise le champ magnétique inductif produit par des équipements spécifiquement étudiés pour les malentendants. Cela permet d'entendre l'information essentielle sans qu'elle ne soit parasitée par les bruits environnants.

Le troisième transducteur d'entrée utilise l'entrée audio (N°3 sur la figure 4) disponible sur certaines aides auditives. Cette entrée permet entre autre de transmettre un son en FM (Modulation en fréquence) grâce à un émetteur FM et un récepteur FM fixé sur l'entrée audio de l'aide auditive.

Le signal entrant dans l'aide auditive par les transducteurs d'entrée est analogique, c'est-à-dire qu'il n'est composé que de valeurs continues. C'est la raison pour laquelle le signal est converti en un signal numérique composé de valeurs discrètes par un convertisseur Analogique/Numérique (C.A.N.). La conversion se fait par échantillonnage.

Le signal converti peut alors être traité par le microprocesseur de l'aide auditive. Celui-ci effectue la gestion du gain, la gestion des environnements et les différents algorithmes de traitements comme l'anti-larsen ou encore les réducteurs de bruits. C'est à cet étage de l'aide auditive qu'il y a la plus grande consommation d'énergie. Les fonctionnalités du microprocesseur et les ajustements que ce dernier doit effectuer sont définis par l'audioprothésiste, mais peuvent aussi être accessibles au patient sous forme de réglage de volume ou de changement de programme.

Une fois traité et amplifié, le son est alors converti par un convertisseur numérique analogique (C.N.A.) et est transmis au transducteur de sortie : l'écouteur.

b) La captation du son par le microphone d'une aide auditive

Il existe différents placements microphoniques pour les aides auditives.

Le placement microphonique le plus commun est un placement microphonique au-dessus du pavillon. Il est offert par les appareils de type contours classiques ou contours à écouteurs déportés.

De nos jours ces appareils sont pourvus de deux microphones. Nous pouvons ainsi créer un réseau double microphone afin de générer de la directivité dans la captation du son.



Figure 5 : Emplacement des deux microphones sur des appareils de type contours classiques et contours à écouteurs déportés [9 ; 10]

Le second emplacement microphonique disponible est celui fourni par les intra-auriculaires. Ce sont des aides auditives réalisées sur mesure et à insertion variable. La profondeur d'insertion variera avec la place disponible dans le conduit auditif du sujet appareillé. Nous distinguons ainsi les Intra-auriculaires ITE (In The Ear) des ITC (In the Canal) et des CIC (Completely In the Canal).



Figure 6 : Les différents intra-auriculaires existants [11]

Pour les intra-auriculaires CIC le microphone se situe dans le canal auditif, alors qu'avec un ITC il se situe à l'entrée du conduit. En ce qui concerne l'intra auriculaire

ITE, le placement du microphone est plus particulier puisque que cet appareil rempli tout ou une partie de la conque. Le microphone ne se situe donc pas dans le canal mais dans la conque.

Il existe des intra-auriculaires à insertion encore plus profonde à port permanent, tel que le Lyric (Figure 7).

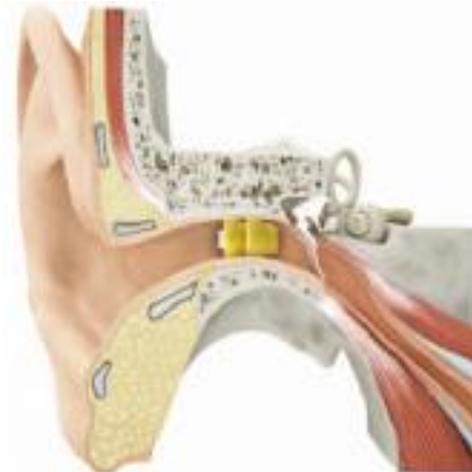


Figure 7 : Le Lyric un appareil auditif à insertion très profonde [12]

Le microphone d'une aide auditive peut également se situer dans la conque supérieure. La marque Siemens a sorti en 2007 un appareil de ce type (le Vibe (Figure 8)) où le microphone ainsi que le reste de l'électronique de l'aide auditive (excepté l'écouteur) se situaient dans la conque supérieure.



Figure 8 : L'aide auditive Vibe de Siemens [13]

Cette aide auditive n'a pas eu le succès escompté et n'est plus aujourd'hui sur le marché. Néanmoins une nouvelle aide auditive à microphone externe placé dans la conque supérieure a vu le jour en 2013 : Le Lex (Figure 9). Elle est proposée par la marque GN Hearing. Sur cet appareil seul le microphone est placé dans la conque.

Le reste de l'électronique est placé dans le conduit auditif du sujet. La coque est de forme standard.



Figure 9 : Un appareil à microphone externe : le Lex [14]

Pour conclure il existe trois positions microphoniques : au-dessus du pavillon, dans le canal auditif et dans la conque supérieure.

L'étude de ce mémoire porte sur la comparaison entre un positionnement microphonique au-dessus du pavillon et un positionnement dans la conque supérieure.

2. [Le contour d'oreille : principe de la directivité microphonique \[8, 15, 16,\]](#)

a) **Le microphone omnidirectionnel**

Le microphone omnidirectionnel est un microphone de pression à une seule entrée débouchant sur une membrane sensible aux variations de pressions induites par un son (Figure 10). Par définition un microphone omnidirectionnel capte de la même façon un son quel que soit sa provenance. Ainsi, la courbe de directivité idéale d'un microphone omnidirectionnel correspond à un cercle centré sur le point que représente le microphone (Figure 11).

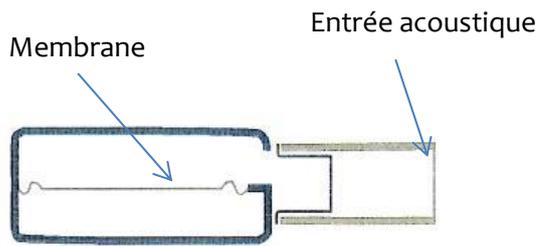


Figure 10 : Schéma d'un microphone omnidirectionnel [17]

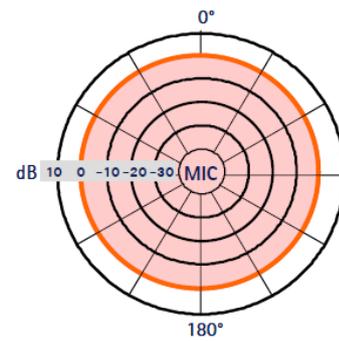


Figure 11 : Courbe polaire idéale d'un microphone omnidirectionnel [18]

Les aides auditives sont au minimum équipées de ce type de microphone. Même si le microphone omnidirectionnel peut se montrer utile dans certaines situations où une perception globale de l'environnement est nécessaire, l'inconvénient de celui-ci est qu'il n'améliore pas le rapport signal/bruit car il capte uniformément les sons provenant de toutes les directions. C'est la raison pour laquelle nous nous servons de plus en plus de double microphone dans les aides auditives actuelles.

b) La directivité microphonique

Avec l'avènement du numérique dans les aides auditives le microphone directionnel classique (Annexe 4) a été remplacé par le double microphone (Figure 12). Ainsi, au lieu d'avoir un retard physique introduit par un matériau poreux, nous pouvons instaurer un retard T_r variable électroniquement. Le réseau constitué de deux microphones omnidirectionnels nous permet ainsi de faire varier la courbe de directivité de captation.

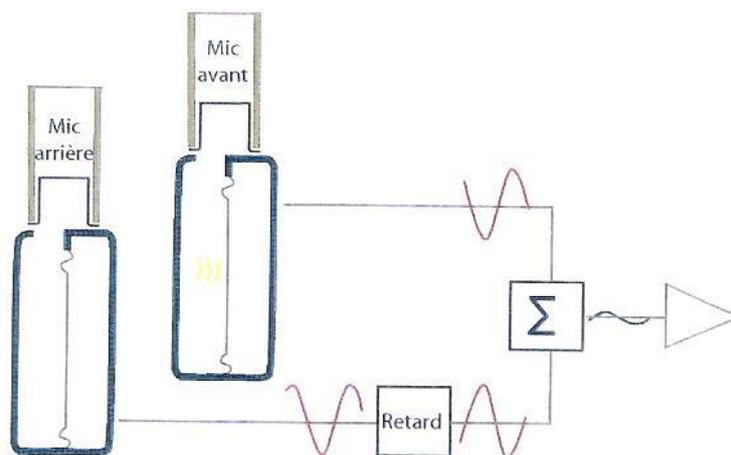


Figure 12 : Principe du double microphone [17]

Grâce à ce principe nous pouvons créer diverses courbes de directivité (Figure 13). Nous obtenons une courbe de directivité omnidirectionnelle en supprimant l'analyse du son provenant de la seconde entrée.

Pour obtenir une courbe polaire dite cardioïde il faut que le retard électronique T_r soit égal au retard physique T_m (le retard T_m est fixé par les dimensions du réseau, c'est-à-dire la distance existante entre les deux entrées des microphones).

L'obtention d'une courbe polaire dite supercardioïde est obtenue pour $T_r = \frac{T_m}{\sqrt{3}}$ [16].

Enfin nous obtenons une courbe hypercardioïde (ou bidirectionnelle) lorsque $T_r = \frac{T_m}{3}$ [16].

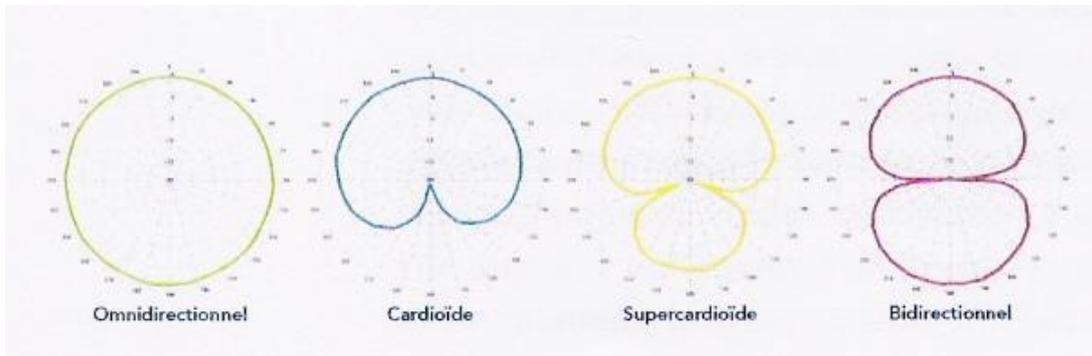


Figure 13 : Différentes courbes polaire de directivité [17]

3. L'aide auditive « Lex »

a) **Historique**

Le Lex est un appareil à microphone externe lancé en 2013 par la marque Danoise GN Hearing.

Le positionnement du microphone dans la conque supérieure a débuté avec l'appareil à écouteur déporté « Vibe » proposé par Siemens en 2008 (Figure 8 p.9). La même année GN Hearing lance sa nouvelle gamme d'appareils auditifs, l'appareil à microphone externe « Be ».



Figure 14 : L'appareil auditif "Be" de GN Hearing [14]

Cette aide auditive se présente en deux parties. Une partie interne se glisse dans le conduit auditif et contient le microprocesseur, l'alimentation et l'écouteur. Sa taille est standard. La seconde partie est constituée d'un microphone fixé à l'extrémité d'un câble recourbé. La taille de ce câble est variable et peut être changée selon la taille de l'oreille du sujet appareillé.

Parallèlement la marque Beltone (qui est une filiale du Groupe GN Hearing) sort son appareil à microphone externe. La partie interne de cet appareil est réalisée sur mesure. Elle ressemble en fait à un intra-auriculaire auquel on aurait déporté le microphone pour le placer à l'extérieur de la coque, de la même manière que l'appareil Be.



Figure 15 : L'appareil à microphone externe de Beltone [19]

En 2013 GN Hearing reprend le concept de Be pour lancer le Lex (Figure 16). Au début de son lancement le Lex était disponible sous deux gammes : Le Lex 800 et le Lex 400. Actuellement une seule gamme est disponible à la vente, le Lex 800 (ou Lex 8). La marque Beltone propose le même appareil sous le nom de « Prime ».

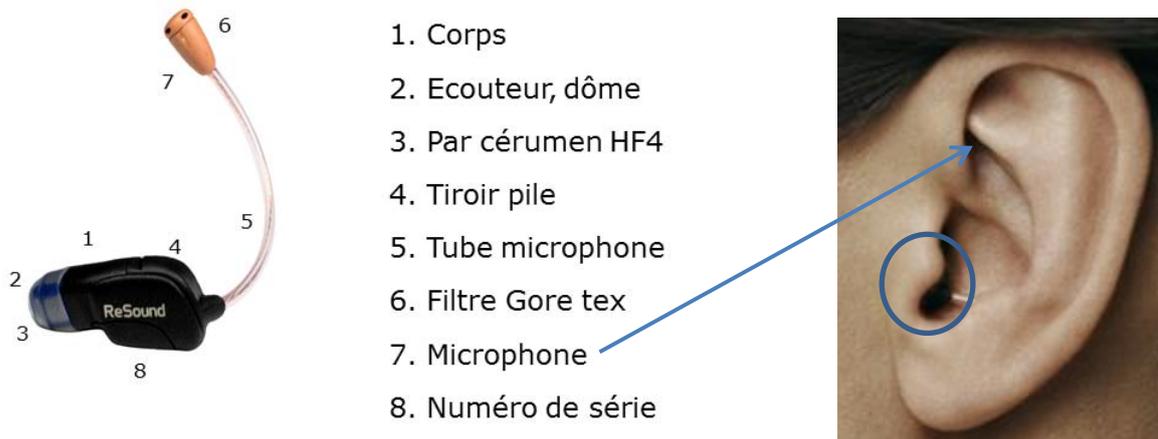


Figure 16 : Le Lex de GN Hearing [20]

b) Principe

Le Lex est une version améliorée du Be.

Au niveau de la forme il est plus petit (Figure 17). Il est plus confortable à porter que son prédécesseur grâce aux dômes souples de différentes tailles interchangeables.

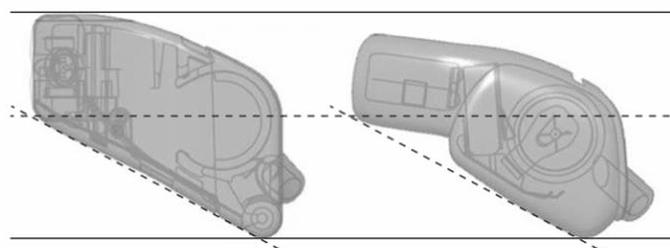


Figure 17 : Les appareils de correction auditive "Be" et "Lex" (de gauche à droite) [20]

La fiabilité du microphone est renforcée grâce à un filtre Gore Tex et un revêtement hydrophobe dit « nano Coating ».

L'écouteur plus fiable est mieux protégé grâce au filtre pare-cérumen HF3, à la présence de dômes en silicones (pourvus d'une grille de protection) et à l'aide du revêtement hydrophobe « nano Coating » appliqué sur ce transducteur.

Le Be présentait des problèmes de contact au niveau de la pile. Cette faiblesse a été réduite grâce à l'application d'un nouveau revêtement au niveau de ce contact. Enfin les nouveaux algorithmes de traitement du son sont inclus dans cette aide auditive avec la puce Coyote 4.2. (Voir fiche technique en Annexe 5). Cette puce est la version améliorée de la puce présente dans les appareils de la gamme Alera 9 (puce coyote 4.1). L'anti-larsen DFS Ultra II vient remplacer l'anti-larsen DFS Ultra I. Les nouveaux réducteurs de bruits faibles « Expanseur » et réducteur de bruits faibles « Noise Tracker II » développés depuis 2008 pour les autres aides auditives de la marque, ont été intégrés dans le Lex.

Le Lex convient à des pertes légère à moyenne inférieure à 40 dB de perte dans les basses fréquences jusqu'à 500 Hz et 70 dB de perte dans les hautes fréquences à partir de 2000 Hz.

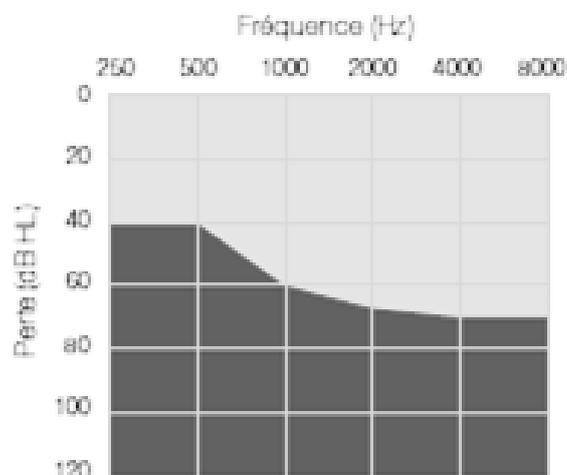


Figure 18 : Plage d'application du Lex [21]

Cette prothèse auditive fonctionne avec des piles de référence 10A. Quatre tailles de câble reliant le microphone au reste de l'appareil sont disponibles afin d'adapter l'appareil en rapport avec la taille du pavillon du sujet appareillé.

c) Réglage

La programmation du Lex se fait par l'intermédiaire du logiciel Alera version 3.5 ou ultérieure. La connexion des appareils se fait au moyen d'une interface de programmation classique (Hi-pro, Speed Link ou Noah Link) et d'un flex pile (pile 10A). Le réglage du gain se fait sur 7 bandes. La compression se fait sur 17 canaux. Une audiométrie in vivo peut être réalisée avec les appareils.

L'anti larsen s'active selon trois niveaux : léger, moyen, fort.

Le réducteur de bruit « Noise Tracker II » est un réducteur de bruit de fond [22]. Il peut être activé selon cinq niveaux : léger, moyen, fort, très fort et selon l'environnement.

Enfin le réducteur de bruit faible « Expansur » réduit les bruits de faible intensité dans un environnement calme. Il se règle selon trois niveaux : léger, moyen et fort. Comme pour les autres aides auditives de la marque, nous avons également accès à l'« environnemental Optimizer ». Cette fonctionnalité permet de faire varier le gain de -6 à 6 dB selon sept environnements prédéfinis. Les environnements prédéfinis sont : calme, parole de faible intensité, parole de forte intensité, parole avec bruit modéré, parole avec bruit fort, bruit modéré seul, bruit fort seul. Lorsque l'appareil détecte un de ces environnements, il ajuste automatiquement le gain apporté par l'appareil. Par défaut, un gain supplémentaire de 2 dB est appliqué pour les environnements « calme, parole seule de faible intensité et parole seule de forte intensité ». Lorsque l'environnement détecté correspond à « parole dans le bruit modéré » le gain apporté est de 1 dB. Il n'y a pas de gain supplémentaire pour l'environnement « parole dans le bruit fort ». Lorsque l'environnement est constitué uniquement de bruit faible ou de bruit fort la modification du gain est respectivement de -2 dB et -3dB.

d) Avantages et inconvénients

Le Lex, de par sa forme et sa conception, présente comme tout type d'appareils de correction auditive des avantages et des inconvénients.

Un des avantages mis en avant par le fabricant est l'esthétique de cet appareil. En effet, il ressemble à un intra-auriculaire, qui est un appareil souvent apprécié chez les personnes appareillables à la recherche de discrétion.

Il présente également l'avantage de ne pas encombrer le sillon rétro-auriculaire où peut se placer l'extrémité d'une branche de lunettes.

Par rapport à un intra-auriculaire l'effet d'occlusion de l'oreille est moins important puisque la présence de dômes en silicone augmente l'aération du conduit.

Des études menées par le fabricant montrent qu'en plaçant un microphone dans la conque supérieure le bruit de souffle du vent sur le microphone est moins

important qu'avec un appareil de type contour où le microphone est placé au-dessus du pavillon.

Pour cette étude sur le bruit de vent, le microphone du Lex est placé de deux manières différentes : sa position normale dans la conque supérieure (résultats sous le nom de « Lex ») et une position similaire à celle que l'on retrouverait avec un contour d'oreille : au-dessus du pavillon (résultats sous le nom de « Lex BTE ») (Figure 19).

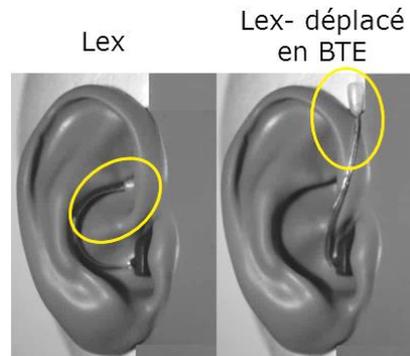


Figure 19 : Positionnement du microphone du Lex pour les tests comparatifs effectués [20]

Les résultats obtenus pour un vent de face montrent que l'intensité du vent perçue par le Lex dans une position normale semble beaucoup moins importante qu'avec le Lex en position « Lex BTE ». (Figure 20). Il en est de même lorsque le vent vient de profil (Figure 21).

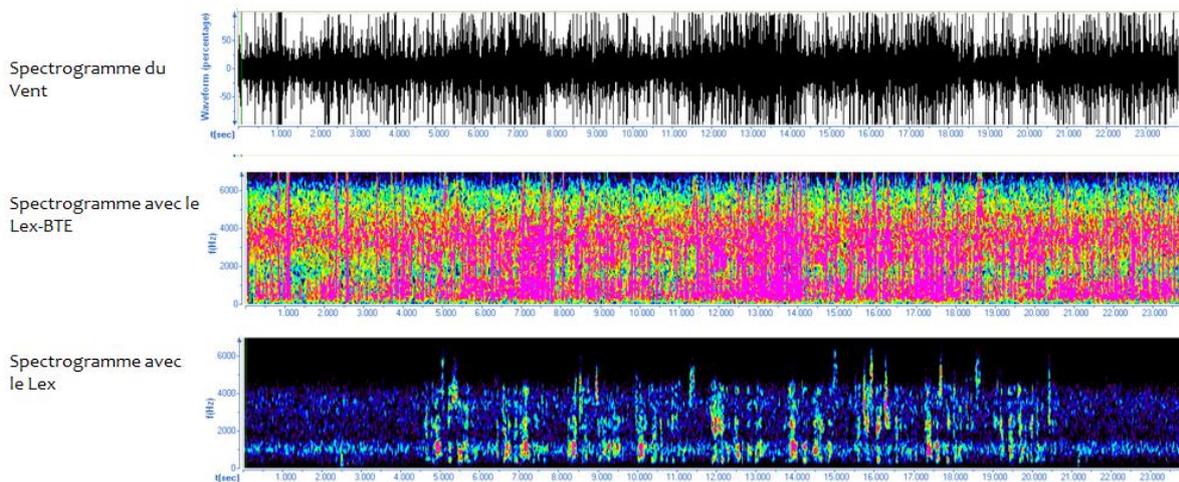


Figure 20 : Spectrogrammes du vent obtenu avec les deux positions du microphone lorsque le vent vient de face [20]

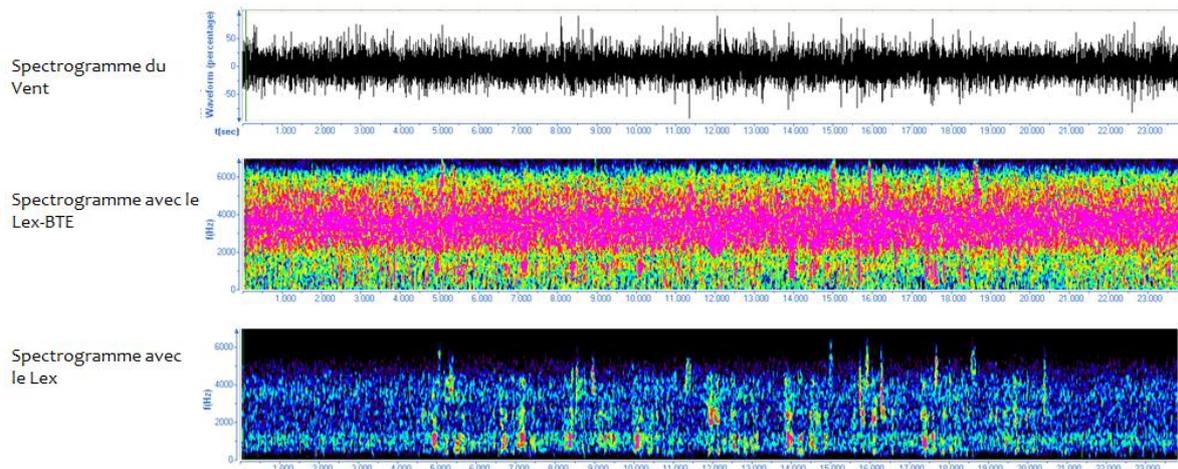


Figure 21 : Spectrogramme du vent obtenu avec les deux positions du microphone lorsque le vent vient de profil [20]

Ces résultats peuvent néanmoins se discuter. En effet, le microphone et le microprocesseur utilisés sont ceux du Lex. Hors cet appareil n'a pas d'algorithmes de gestion du vent comme sur d'autres appareils de type contours comme l'Alera 961 qui est un appareil contours à écouteurs déporté de la même génération. De plus le Lex ne possède qu'un microphone et n'a donc pas la possibilité d'adapter une directivité avec un réseau double microphones, ce qui est faisable avec un appareil contour et qui pourrait éventuellement réduire le bruit du vent.

D'après une autre étude menée sur le Lex, cet appareil reproduit fortement la directivité naturelle de l'oreille et l'effet pavillonnaire comme nous le montrent les résultats ci-dessous.

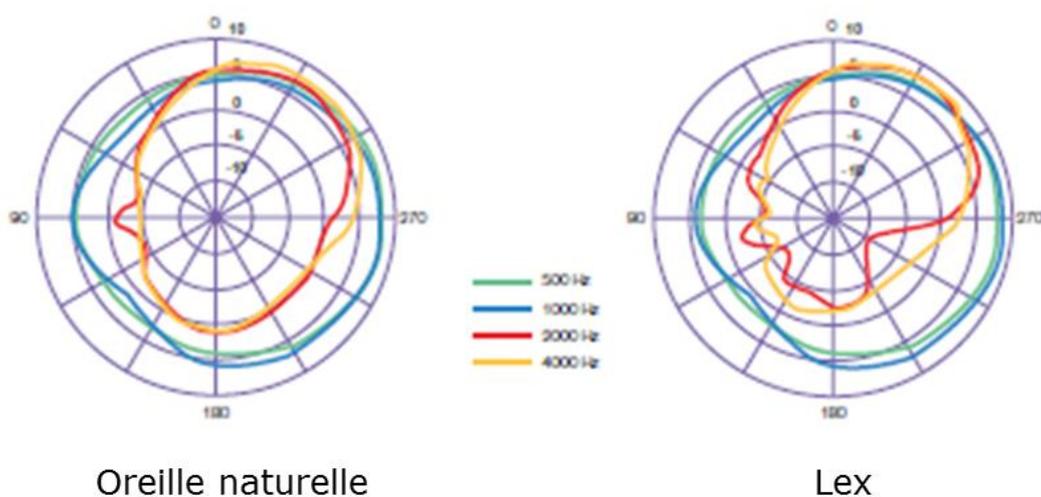


Figure 22 : Résultats obtenus après l'étude de l'effet pavillonnaire et sa reproduction par le Lex [20]

Les résultats de cette étude montrent tout d'abord que l'effet pavillonnaire et l'effet ombre de la tête et du torse ne sont valables que pour les hautes fréquences entre 2000 Hz et 4000 Hz. Les résultats obtenus avec le Lex pour les basses fréquences sont quasiment similaires à ceux obtenus avec l'oreille naturelle. Par exemple, les sons les mieux captés naturellement par notre oreille droite sont ceux situés entre 300° et 0° (d'après les résultats précédents). Les résultats obtenus avec le Lex montrent que cet appareil reproduit cette captation fixée sur cet angle. Néanmoins, la captation du son provenant de l'arrière diffère un peu plus. En effet, les sons provenant de l'arrière entre 2000 et 4000 Hz sont moins bien perçus avec le Lex qu'avec notre oreille naturelle.

Le Lex présente aussi quelques inconvénients. De par sa taille, son autonomie est réduite à cinq jours. En effet, pour une insertion dans le conduit auditif l'appareil est miniaturisé, et de ce fait, seules des piles 10 A sont adaptées à ce concept. Comme sur un intra-auriculaire, l'électronique est placée dans l'oreille (et dans la conque pour le microphone). L'humidité, tout comme les sécrétions cérumineuses présentes à ce niveau peuvent nuire à l'électronique et son bon fonctionnement (oxydation des contacts, obturation de l'écouteur,...). Enfin, un des inconvénients majeurs du Lex est sa « standardisation ». Cet appareil peut ne pas s'adapter à toutes les formes d'oreilles. Un conduit trop petit, un pavillon trop rétréci pourrait empêcher le maintien ou la mise en place de l'appareil par exemple.

La proposition d'appareillage par le Lex à un sujet malentendant se fait ainsi au cas par cas, selon les attentes, les dispositions et l'anatomie de l'oreille du malentendant.

C. La localisation sonore

Un des défis à relever pour les appareils de correction auditive aujourd'hui est la reconstitution de la spatialisation (autrement dit la localisation d'une source sonore). La localisation d'un interlocuteur dans le bruit permet d'améliorer sa compréhension, la localisation des bruits de l'environnement permet d'être informé de ce qui nous entoure et parfois de nous protéger d'un danger.

Pour réussir à localiser une source sonore l'homme se sert depuis toujours de différentes données acoustiques qu'il analyse inconsciemment. Trois paramètres sont de nos jours connus. Deux de ces paramètres sont fondés sur l'écoute binaurale alors que le dernier des paramètres analysés est fondé sur l'écoute monaurale.

1. [L'écoute binaurale ou la théorie duplex de Rayleigh](#)

[23 ; 24]

L'écoute binaurale repose sur le fait que l'analyse d'un même son se fait avec les deux oreilles. Ce traitement et cette analyse du son par les étages supérieurs du système auditif permet la localisation sonore dans le plan horizontale essentiellement [23]. Deux paramètres sont pris en compte.

Le premier paramètre est la différence interaurale de temps (ITD - Interaurale Time Difference).

Ce paramètre repose sur le fait que les deux oreilles d'un sujet sont espacées l'une de l'autre d'une vingtaine de centimètre (21,5 cm en moyenne chez le sujet adulte). Comme le son se déplace dans l'air à 340m/s, il existe une différence de temps dans la perception d'un son quel que soit la fréquence

A titre d'exemple, un son provenant de la droite du sujet sera perçu par l'oreille controlatérale avec un retard maximum de 0.673 millisecondes (cette valeur correspond à la distance entre les deux oreilles sur la célérité du son dans l'air).

Il est à noter que de la différence interaurale de temps va découler une différence de phase. Ce paramètre n'intervient que pour les fréquences inférieures à 800 Hz.

Le second paramètre binaural est la différence interaurale de niveau (ITL - Interaurale Level Difference). En effet, la présence de la tête et du torse du sujet peut faire obstacle à la diffusion d'un son. On parle alors « d'effet ombre ». Cela va engendrer comme conséquence une différence d'intensité perçue par les deux oreilles, mettant en cause l'atténuation due à cet effet ombre.

Cette différence d'intensité intervient pour les fréquences supérieures à 1500 Hz. Par exemple, pour le spectre de la parole, la différence d'intensité est en moyenne de 6,4 dB. Pour un son pur la différence d'intensité relevée entre les deux oreilles peut aller jusqu'à 20 dB pour 6000 Hz [24].

2. [Le traitement monaural](#) [23, 24]

Le traitement monaural des sons permet essentiellement la localisation verticale. Nous parlons de traitement monaural car l'analyse du son dans le but de le localiser se fait par chaque oreille indépendamment.

Cette étude du son repose sur les propriétés physiques du pavillon. De par sa structure, le pavillon va agir sur les hautes fréquences. Certaines fréquences seront alors sur-amplifiées ou réfléchies, et ce de manière différente selon l'angle d'arrivée des ondes sur le pavillon. Les réflexions des ondes sonores par le pavillon

vont alors modifier le spectre du son créant ainsi des creux et pics spectraux : c'est l'effet pavillonnaire.

Ainsi la variation de la forme du spectre du son et son analyse va permettre la localisation verticale.

Il est à noter que cela va également nous permettre la localisation avant/arrière qui n'est pas exploitée par le traitement binaural [23].

Etant donné que la forme du pavillon est très variable d'un individu à l'autre, les pics et creux spectraux vont être très différents d'une personne à l'autre. Mais chaque individu a pu mettre en place depuis sa naissance et tout au long de sa croissance sa propre analyse du spectre des sons alors modifié par les structures de ses pavillons [25]

Le pavillon joue donc un rôle évident dans la localisation sonore. Une étude objective va nous permettre de mettre en évidence le rôle du pavillon dans l'amplification du son.

II. Etude objective du pavillon

A. But

Le but de cette étude est de déterminer l'amplification naturelle du son relevée en différents points de réceptions au niveau du pavillon. Nous mesurons l'amplification naturelle due au pavillon en quatre points au niveau de l'oreille externe :

- Une mesure effectuée au-dessus du pavillon correspondra à la captation microphonique d'un appareil de type contour,
- Une mesure effectuée à l'entrée du conduit auditif correspondra à l'amplification naturelle apportée par le pavillon et nous servira de référence,
- Une mesure effectuée dans la conque supérieure correspondra à la captation microphonique d'un appareil à microphone externe tel que le Lex,
- Enfin une mesure supplémentaire sera effectuée au niveau de la conque inférieure, car cette dépression dans le pavillon nous paraissait être un point important dans la captation et l'amplification du son.

Les mesures sont relevées selon la fréquence et la provenance du son.

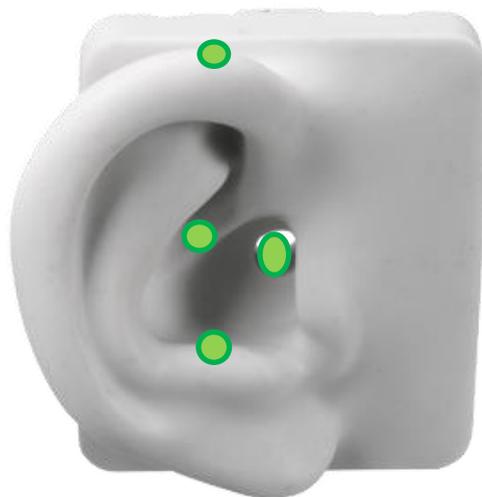


Figure 23 : Les quatre positions du microphone pour nos mesures

B. Passation

1. Lieux

Nous avons réalisé nos mesures dans la chambre sourde de l'Institut National de Recherche et de Sécurité de Nancy Brabois (INRS) (Figure 24). Ce lieu nous a permis de faire des mesures acoustiques tout en éliminant l'amplification du son par la réverbération.

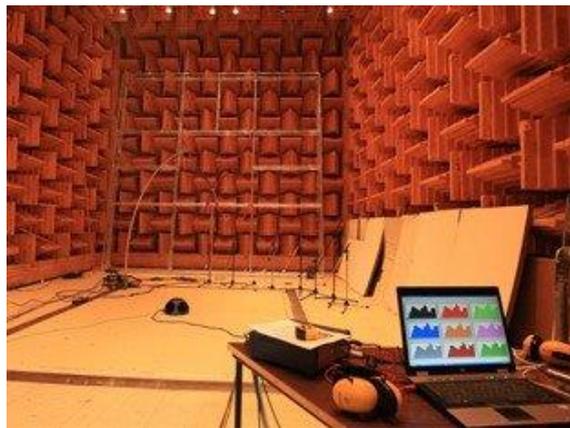


Figure 24 : Chambre sourde de l'INRS de Nancy Brabois [26]

2. Matériel

Pour nos tests nous disposons du matériel suivant :

- D'une tête et d'un torse artificiel de marque Bruel & Kjaer (B&K) 4128-C,



Figure 25 : Simulateur de tête et de torse B&K 4128-C [27]

Nous ne nous servons pas du système de captation des sons intégré dans le simulateur. En effet, nous utilisons ce mannequin uniquement pour pouvoir intégrer dans nos mesures les effets d'ombres et de réflexions de la tête et du torse.

- De différents pavillons moulés fournis par le fabricant B&K et adaptables sur la tête artificielle,



Figure 26 : Simulateurs de pavillons B&K [27]

Nous ne nous servons pas des moules originaux car pour nos mesures nous aurons besoins de percer ces reproductions d'oreilles. Celles fournies par le fabricant de simulateur d'oreilles sont calibrées et sont donc coûteuses.

Pour nos tests nous avons donc recréé ces oreilles à l'aide de pâte à empreinte. Pour cela nous avons d'abord créé un contre moule avec de la pâte à empreinte de type 50/50 utilisée en audioprothèse pour réaliser des empreintes sur les patients. A partir du contre moule séché nous avons pu introduire de la pâte à empreinte recréant ainsi l'oreille du fabricant dans un matériau moins onéreux. Nous avons ainsi reproduit quatre pavillons droits que nous avons ensuite percés en deux endroits : au niveau de la conque supérieure et au niveau de la conque inférieure nous offrant ainsi quatre emplacements microphoniques pour nos mesure : au-dessus du pavillon, à l'entrée du conduit auditif, dans la conque supérieure et dans la conque inférieure (Figure 23).

- Un microphone omnidirectionnel Sennheiser 21,



Figure 27: Microphone Sennheiser 21

La calibration de ce microphone s'est faite avec un calibre et son adaptateur (Figure 28). Nous utilisons comme référence pour la calibration la valeur de 1 Pascale efficace à 1000 Hz, sachant qu'1 Pa efficace est égal à 94 dB (à 1000 Hz) [28].

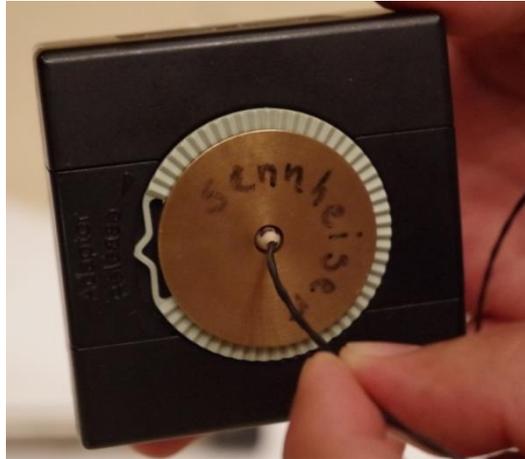


Figure 28 : Calibration du microphone à l'aide d'un adaptateur pour microphone Sennheiser 21 et d'un adaptateur pour calibre de type 4231 BK

Après la calibration, nous notons que la sensibilité du microphone est de 18 mV/Pa. Cela signifie que pour une pression de 1 Pa à 1000 Hz une tension de 18 mV a été mesurée aux bornes du microphone. Cette sensibilité relevée est assez élevée et dénote d'une bonne qualité du microphone. La bande passante du microphone s'étend de 80 Hz à 10 000 Hz

- Un ordinateur équipé du logiciel d'analyse dBFA de 01 dB. Ce logiciel va nous permettre de faire l'acquisition de nos mesures et de les analyser selon divers paramétrages.

L'analyse se fait pas bande de tiers d'octave.

Nous utilisons comme fenêtre de pondération la fenêtre de Hanning. Les fenêtres de pondérations sont utilisées pour analyser un signal afin de limiter la durée d'observation de ce signal. Lors du choix d'une fenêtre il faut souvent faire un compromis entre une bonne résolution fréquentielle ou une bonne résolution d'amplitude. La fenêtre de Hanning est la plus utilisée car elle offre un des meilleurs compromis entre ces deux paramètres [29].

La durée d'acquisition est de vingt secondes.

Nous n'utilisons pas de pondération fréquentielles dans le relevé des mesures. Les mesures sont relevées linéairement.

La fréquence maximum que peut relever le microphone étant de 10000 Hz, nous utilisons comme fréquence d'échantillonnage la valeur de 25600 Hz. En effet, d'après le théorème de Shannon, la fréquence maximum multipliée

par deux doit être inférieure à la fréquence d'échantillonnage choisie afin d'éviter le phénomène de repliement [29].

Le nombre de moyennages durant l'acquisition est de vingt.

- Une interface d'acquisition NetdB de 01 dB permet d'acquérir les signaux captés par le microphone (Figure 29). Le haut-parleur utilisé dans le dispositif est connecté à un amplificateur (Figure 30). Le signal sonore généré par le système d'acquisition Net dB est également adressé à l'amplificateur.



Figure 29 : Interface d'acquisition NetdB1



Figure 30 : Amplificateur branché en série entre le haut-parleur de diffusion et l'interface de branchement Net dB1

- Un haut-parleur (Figure 31) délivre un bruit blanc d'une intensité constante. Nous choisissons d'utiliser un bruit blanc car il est composé de l'ensemble des fréquences audibles et sa densité spectrale est constante en dB/Hz, c'est-à-dire que pour chaque fréquence émise dans le bruit blanc nous avons la même puissance acoustique (en dB) [29]. Le haut-parleur est fixé à une tige elle-même fixée à un arceau demi circulaire.

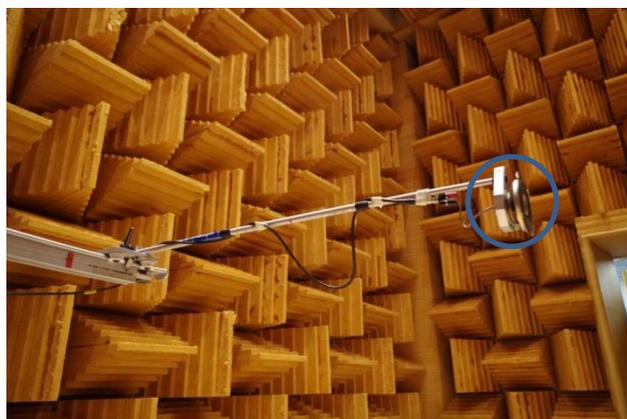


Figure 31 : Haut-parleur fixé à l'astrolabe

- L' « astrolabe » est un dispositif rotatif permettant de réaliser des mesures dans l'espace en 3D (Figure 32, Figure 33, Figure 34, Figure 35). Il a été créé par les chercheurs de l'INRS pour les besoins d'autres études acoustiques. Normalement composé d'un arceau en demi-cercle, nous ne nous servons pour nos mesures que d'un quart de cercle (ce choix se fait compte tenu de la place que nous avons pour faire pivoter le dispositif). Ce quart de cercle peut pivoter sur lui-même sur 360 degrés. Il est marqué tous les dix degrés.



Dispositif de fixation de la tige au bout de laquelle le haut-parleur est fixé

Figure 32 : « L'astrolabe » positionné dans le plan à 180°



Figure 33 : « L'astrolabe » positionné dans le plan à 90°

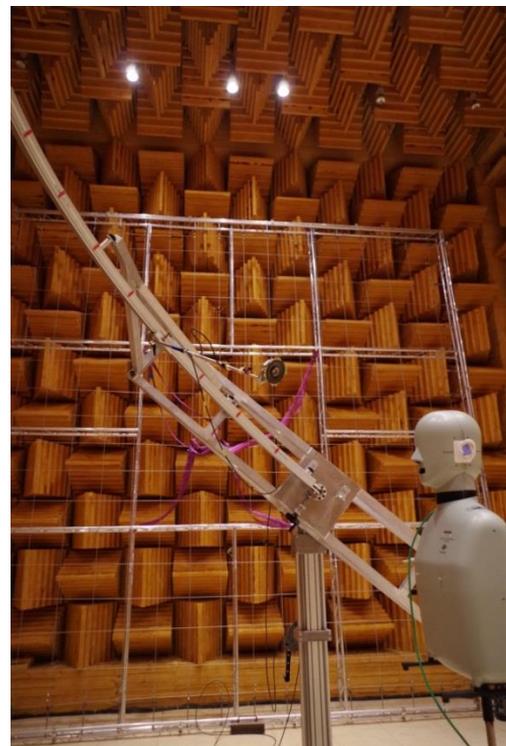


Figure 34 : « L'astrolabe » positionné dans le plan à 50°

Nous avons réalisé nos mesures pour différentes positions microphoniques au niveau du pavillon, mais également pour différentes positions du haut-parleur dans l'espace. Nous considérons que le simulateur de tête et de torse a le regard tourné vers l'azimut 0° . Le plan 0° correspond au plan formé par le quart de cercle de l'astrolabe quand il est placé vers l'avant du simulateur de tête. Le plan 50° correspond au plan formé par l'arc de cercle quand il est relevé de 50° . Il en est de même pour le plan à 90° , le plan à 130° et le plan à 180° . Le point fixe de l'arc de cercle est situé sur la droite de la tête artificielle, dans le plan de ses oreilles. Nous pouvons déplacer le haut-parleur suivant l'arc de cercle d'une extrémité à l'autre, marquée de 0° à 90° par pas de 10° .

Pour chaque position microphonique nous avons donc réalisé la mesure dans cinq plan de l'astrolabe différents (0° , 50° , 90° , 130° , 180°), et pour chaque plan différents la mesure a été faite pour dix angles différents (5° , 10° , 20° , 30° , 40° , 50° , 60° , 70° , 80° , 85°). Nous avons ainsi cinquante acquisitions pour chaque position microphonique testée.

Nous ne pouvons pas réaliser les mesures à 0° et 90° car nous sommes limité par les fixations de l'arceau. C'est la raison pour laquelle nous relevons les mesures extrêmes à 5° et 85° .

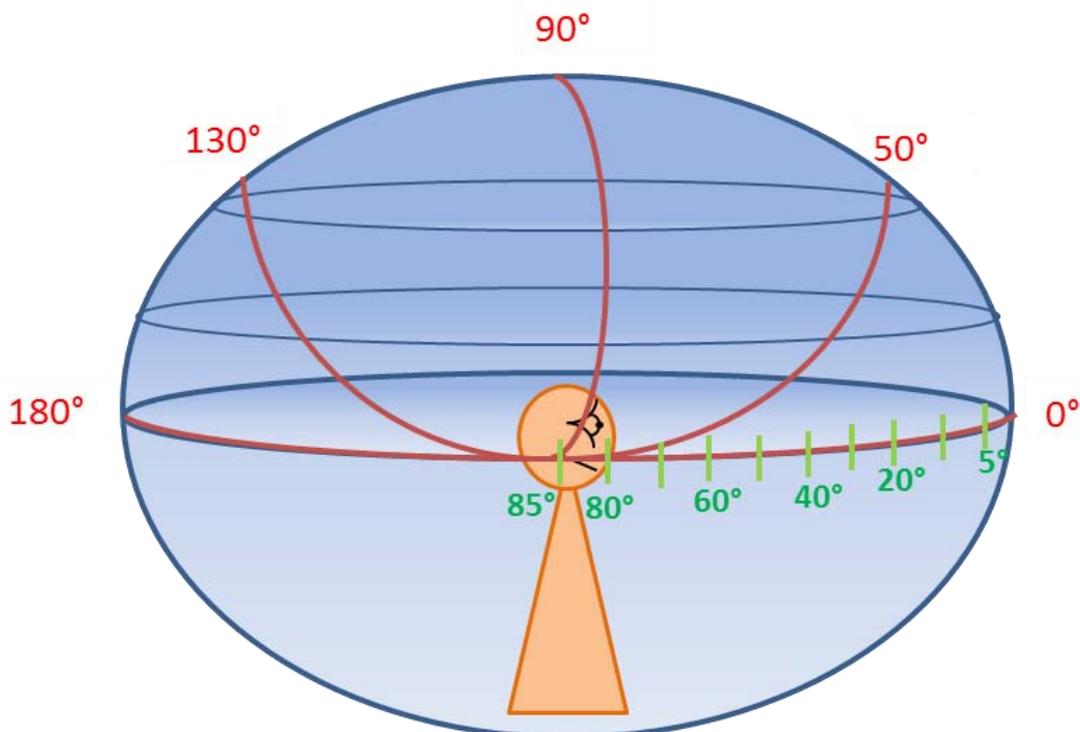


Figure 35 : Schéma de l'astrolabe pour l'annotation des plans (en rouge) et des azimuts (en verts)

3. Protocole

Lors de l'acquisition nous veillons à bien fermer la porte de la chambre sourde entre chaque mesure. En effet, le système d'exploitation des données est situé à l'extérieur, pour éviter de perturber le signal et son acquisition par des bruits tels que la ventilation de l'ordinateur. De plus l'intensité du signal diffusé par le haut-parleur est proche de 100 dB et serait nuisible à nos oreilles si nous restions dans la chambre sourde lors des mesures.

Ci-après nous trouverons les illustrations montrant le positionnement du microphone Sennheiser 21 au niveau du pavillon artificiel recréé pour la mesure.



Figure 36 : Positionnement du microphone au-dessus du pavillon



Figure 37 : Positionnement du microphone au niveau de la conque supérieure (ou cymba concha)



Figure 38 : Positionnement du microphone au niveau de la conque inférieure



Figure 39 : Positionnement du microphone au niveau de l'entrée du conduit auditif

C. Résultats et interprétations:

Les résultats obtenus sont regroupés et présentés sous forme de graphiques présentant l'intensité sonore (dB) relevée pour les quatre positions microphoniques étudiées en fonction de la fréquence (Hz). Chaque graphique obtenu est associé à une position du haut-parleur selon les différents plans et azimuts. Les titres des graphiques présentent les coordonnées du positionnement du haut-parleur. La première valeur indique le plan (0° , 50° , 90° , 130° , 180°). La seconde valeur indique l'azimut sur l'arc de cercle formé par le plan (5° , 10° , 20° , 30° , 40° , 50° , 60° , 70° , 80° , 85°).

Voici huit des graphiques les plus représentatifs. Les tableaux regroupant les valeurs numériques ayant servi à établir ces graphiques se trouvent en annexe (Annexe 7). Il en est de même pour les autres graphiques (Annexe 8).

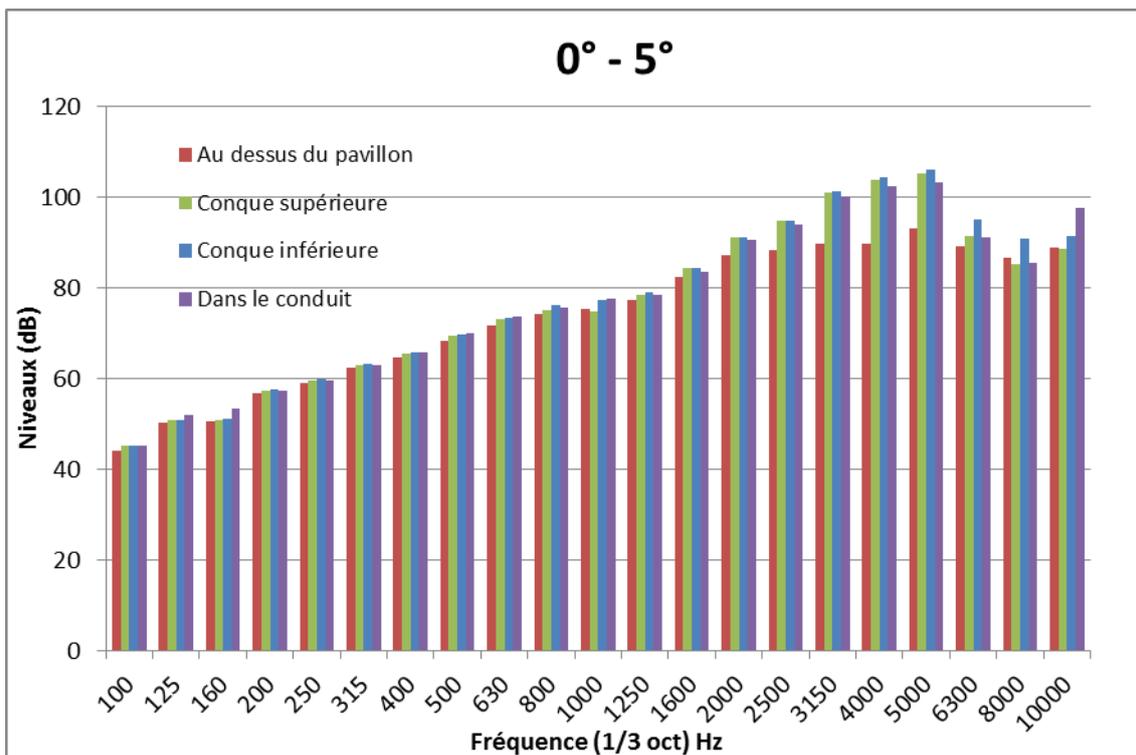


Figure 40 : Spectre des quatre positionnements microphoniques avec le haut-parleur placé dans le plan à 0° et l'azimut 5°

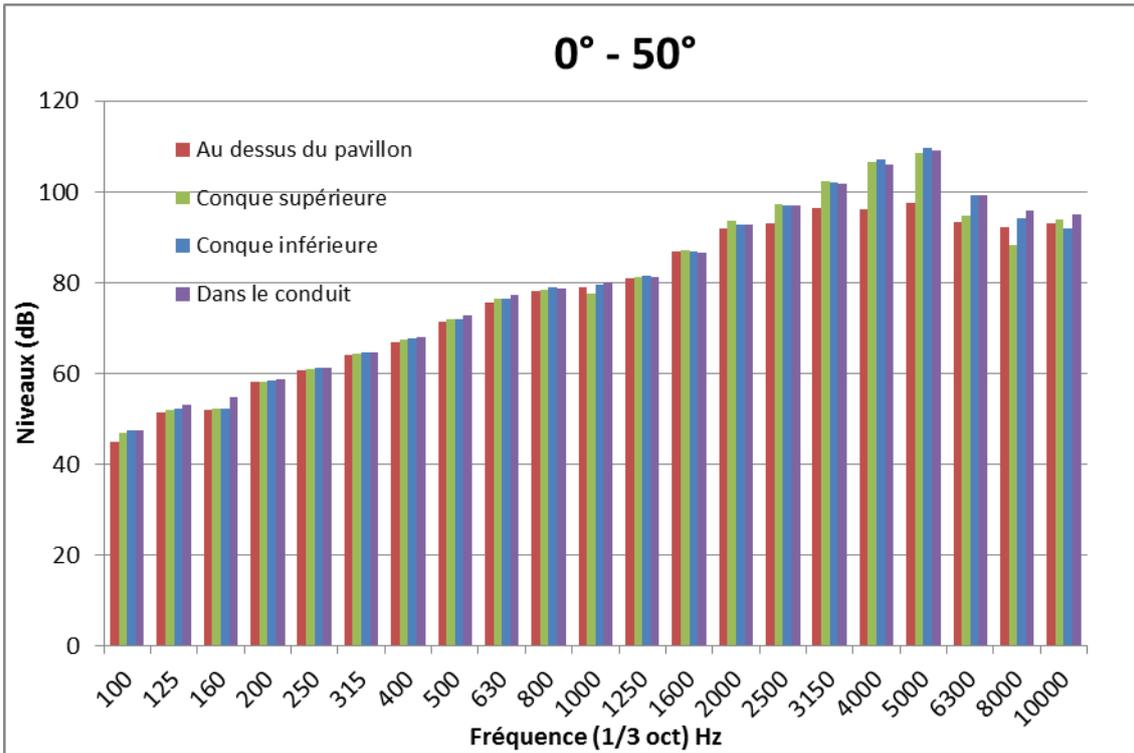


Figure 41 : Spectre des quatre positionnements microphoniques avec le haut-parleur placé dans le plan à 0° et l'azimut 50°

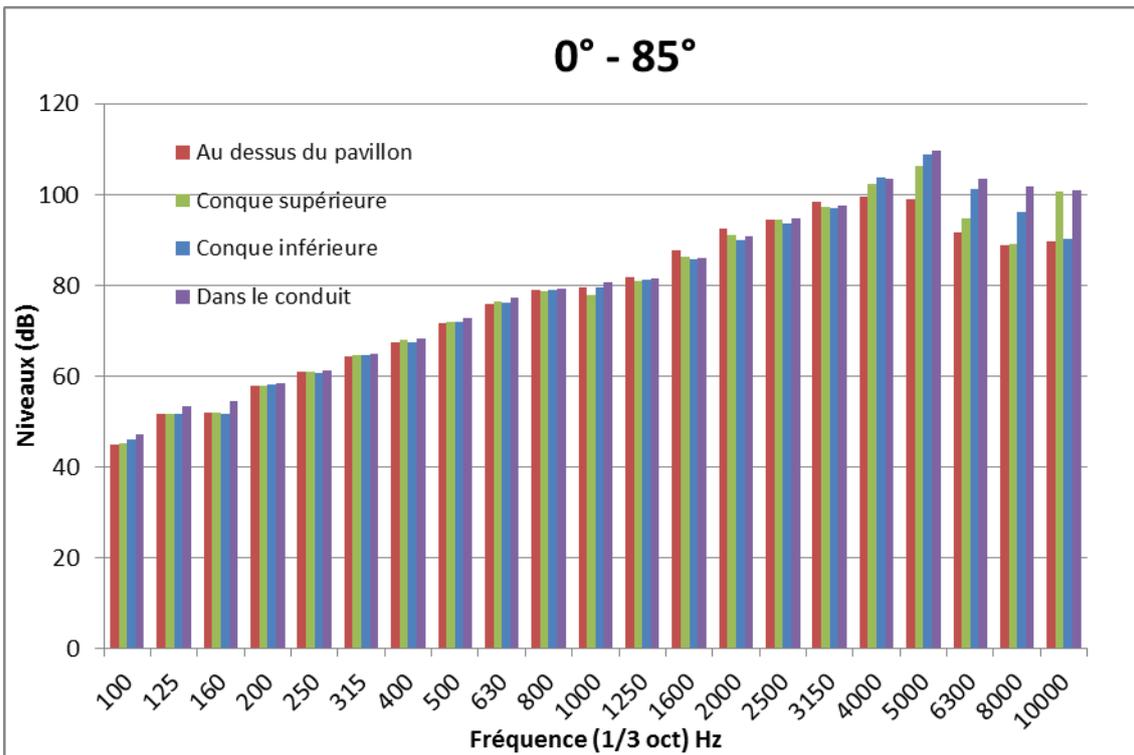


Figure 42 : Spectre des quatre positionnements microphoniques avec le haut-parleur placé dans le plan à 0° et l'azimut 85°

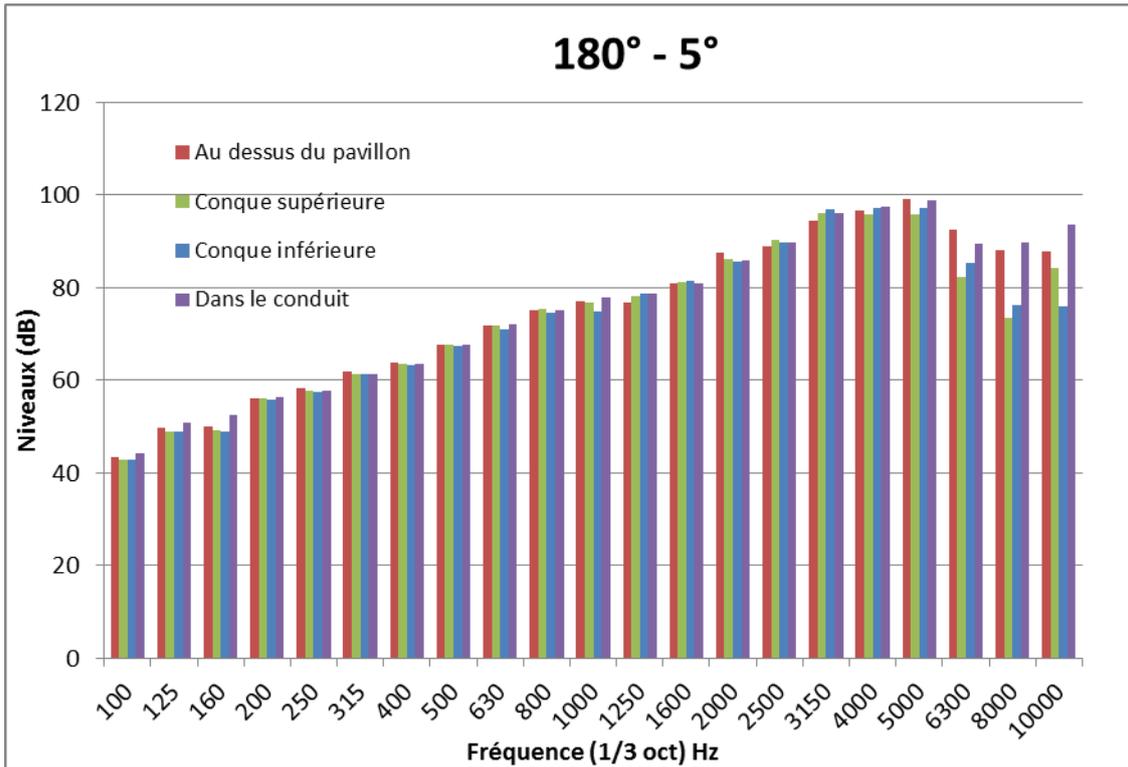


Figure 43 : Spectre des quatre positionnements microphoniques avec le haut-parleur placé dans le plan à 180° et l'azimut 5°

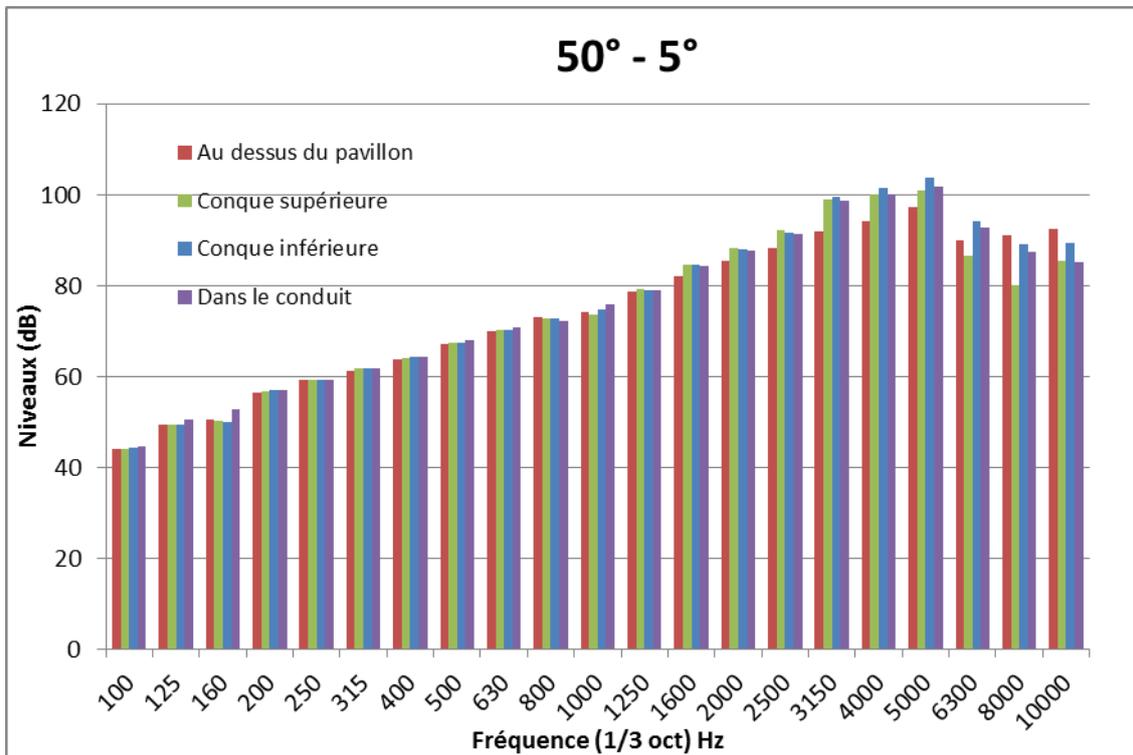


Figure 44 : Spectre des quatre positionnements microphoniques avec le haut-parleur placé dans le plan à 50° et l'azimut 5°

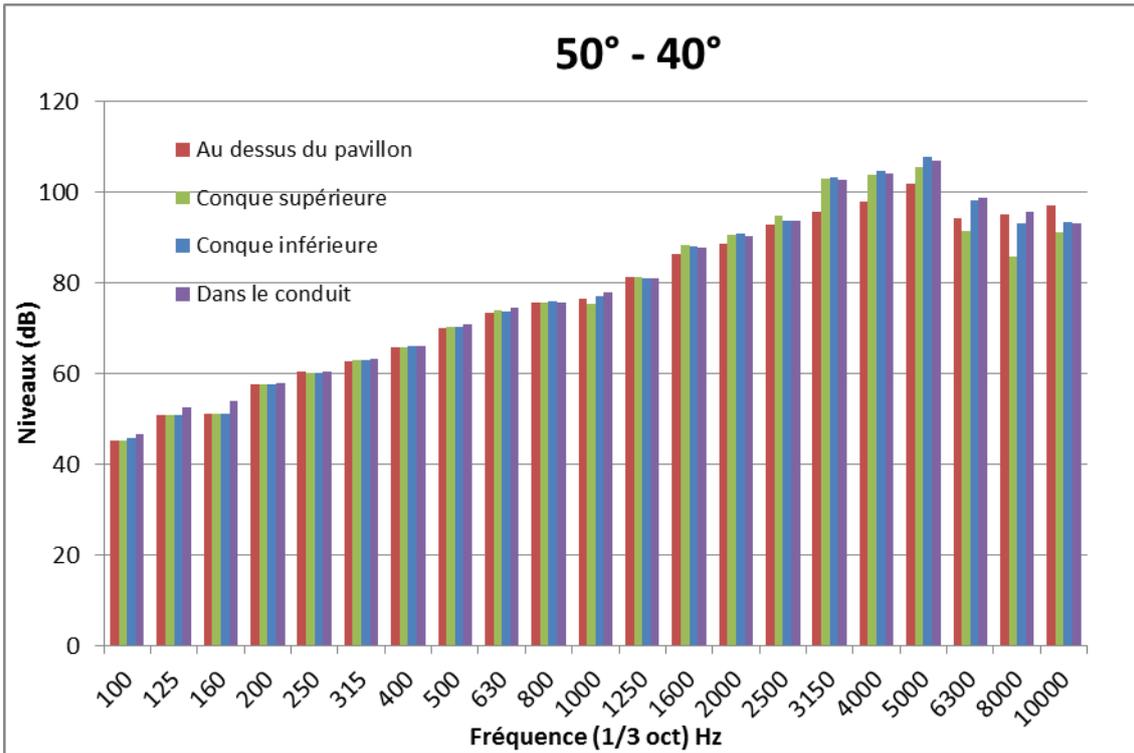


Figure 45 : Spectre des quatre positionnements microphoniques avec le haut-parleur placé dans le plan à 50° et l'azimut 40°

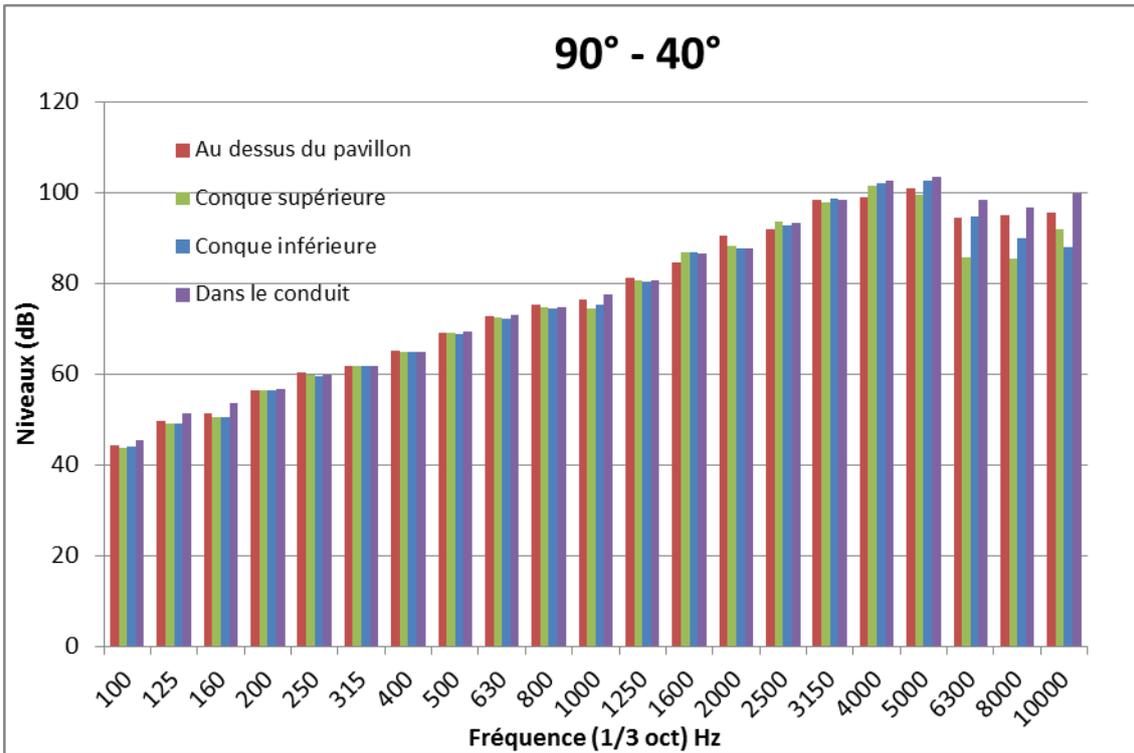


Figure 46 : Spectre des quatre positionnements microphoniques avec le haut-parleur placé dans le plan à 90° et l'azimut 40°

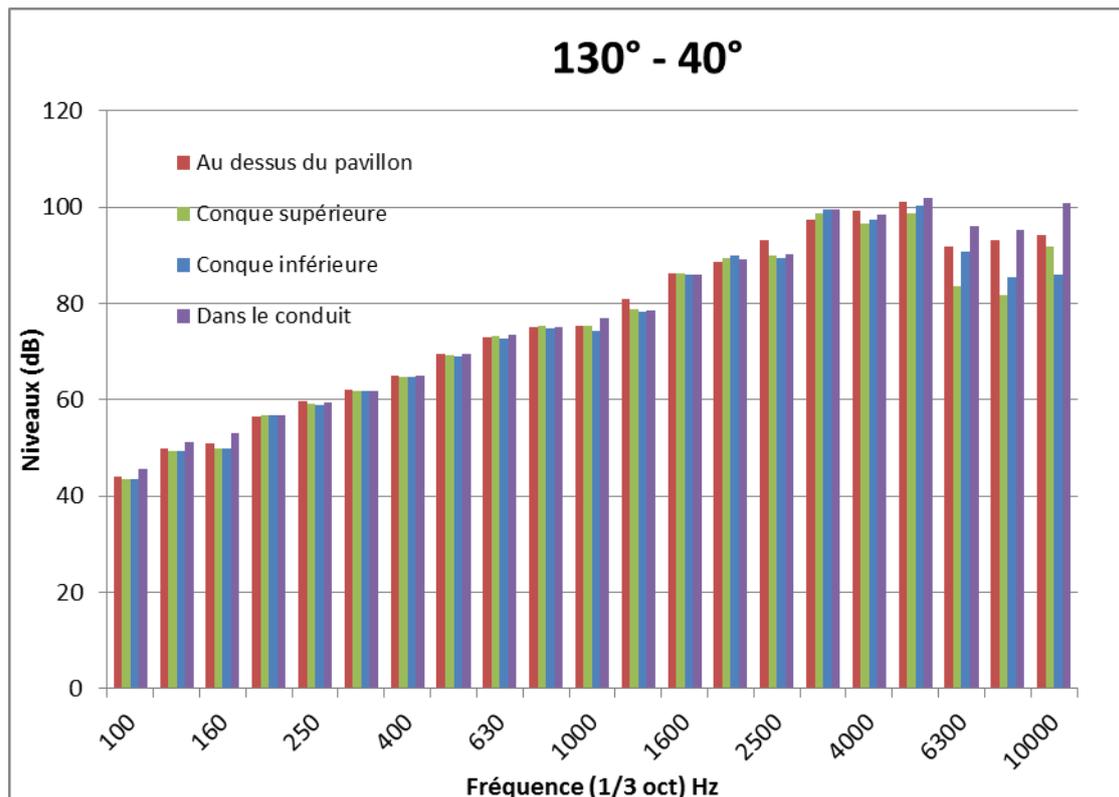


Figure 47 : Spectre des quatre positionnements microphoniques avec le haut-parleur placé dans le plan à 130° et l'azimut 40°

De ces spectres ainsi que ceux présentés en annexe, un phénomène de suramplification est constaté quand le microphone est situé dans la conque inférieure, la conque supérieure et le méat du conduit auditif. Cette amplification est principalement visible sur les hautes fréquences dans les plans à 0° et 50°. Pour les autres plans les différences sont minimales.

Par exemple : pour le plan à 0°, l'amplification est de 1 à 2 dB de 100 à 1600 Hz, de 3 à 6 dB de 2000 à 2500 Hz et de 8 à 14 dB de 3150 à 5000 Hz.

Ces résultats sont dus à la forme particulière du pavillon qui amplifie naturellement les hautes fréquences (gain étymotique).

Cette amplification naturelle déjà connue au niveau du conduit auditif a été également vérifiée pour d'autres points du pavillon, notamment dans la conque supérieure.

Pour les très hautes fréquences (6300 à 10000 Hz), quand le haut-parleur est situé vers l'avant, les quatre positions microphoniques ont des valeurs équivalentes : il n'y a pas de suramplification due au pavillon.

Quand le haut-parleur est situé au-dessus ou vers l'arrière, il y a une sous-amplification avec le microphone placé dans la conque supérieure et inférieure et dans le conduit par rapport à celui placé au-dessus de l'oreille. Ces différences sont certainement dues à l'effet « ombre » du pavillon sur les très hautes fréquences,

qui sont plus facilement atténuées par les obstacles. Cet effet n'entre pas en jeu lorsque le microphone est placé au-dessus du pavillon.

Le logiciel dBFA nous donne également le niveau sonore global linéaire sur l'ensemble du spectre relevé en chaque point de mesure (en dB Lin). Ces résultats sont retranscrits dans les quatre tableaux ci-après.

Position a : au dessus du pavillon										
	5°	10°	20°	30°	40°	50°	60°	70°	80°	85°
dBlin plan 0°	98,6	99,8	101,5	102,7	103,3	103,8	104	104,4	104,8	105
dBlin plan 50°	101,7	102,7	104,2	105,2	105,7	105,7	105,3	105,4	105,3	105,1
dBlin plan 90°	102,7	103,5	104,6	105,4	105,9	106,2	106	105,5	105,6	105,2
dBlin plan 130°	102,6	103,3	104,4	105,1	105,6	105,7	105,7	105,8	105,5	105,2
dBlin plan 180°	103,1	103,7	104,5	105,3	105,6	105,9	106	105,9	105,6	105,4
	Min :	98,6								
	Max :	106,2								
Position b : conque supérieure										
	5°	10°	20°	30°	40°	50°	60°	70°	80°	85°
dBlin plan 0°	108,8	109,6	110,9	111,8	112,1	111,6	111,2	110,3	109,7	109,3
dBlin plan 50°	105,3	106,4	107,8	108,7	109,4	109,6	109,2	108,5	108,4	108,6
dBlin plan 90°	101,8	102,7	104,1	105	105,4	105,8	106,4	106,9	107	107,8
dBlin plan 130°	101,3	101,9	102,8	103,5	103,8	104,1	104,7	105,1	106,6	107,8
dBlin plan 180°	101,5	101,7	101,9	102	102,4	103,3	104,6	106,2	107,6	108,3
	Min :	101,3								
	Max :	112,1								
Position c : conque inférieure										
	5°	10°	20°	30°	40°	50°	60°	70°	80°	85°
dBlin plan 0°	109,5	110,4	111,7	112,6	112,7	112,5	112,1	111,6	111,3	111
dBlin plan 50°	107,2	108,2	109,6	110,4	110,9	110,8	110,2	109,7	110	110,4
dBlin plan 90°	103,8	104,7	106	106,7	106,9	107	107,3	107,8	108,4	109,6
dBlin plan 130°	103,1	103,7	104,3	104,7	104,7	104,4	105	106	108,2	109,5
dBlin plan 180°	102,4	102,6	102,4	102	102,3	104	106	107,9	109,5	110,1
	Min :	102								
	Max :	112,7								
Position d : entrée du conduit										
	5°	10°	20°	30°	40°	50°	60°	70°	80°	85°
dBlin plan 0°	107,7	108,6	109,9	110,9	111,7	111,9	112,1	112,1	112,3	112,3
dBlin plan 50°	105,7	106,8	108,4	109,5	110,3	110,9	111	111	111,7	112,3
dBlin plan 90°	104,9	105,9	107,2	108,1	108,6	109,3	110,3	111,3	111,5	112,1
dBlin plan 130°	104,7	105,4	106,1	106,6	107,2	108,5	110,1	110,8	111,6	112,2
dBlin plan 180°	103,6	103,8	103,9	104,7	106,5	108,6	110,1	111,3	112,2	112,5
	Min :	103,6								
	Max :	112,5								

Figure 48 : Niveaux d'intensité en dB Lin selon la position du microphone et en fonction de la position du haut-parleur

Ces résultats confirment les conclusions obtenues avec les graphiques précédents. L'amplification est plus importante lorsque le microphone est situé dans la conque ou à l'entrée du conduit auditif, en comparaison à un placement du microphone au-dessus du pavillon :

Pour les mesures réalisées avec un microphone placé au-dessus du pavillon la différence entre le maximum et le minimum est de 7,6 dB. Le minimum est de 98,6 dB et le maximum est de 106,2 dB et.

Pour les mesures réalisées avec un microphone placé dans la conque supérieure, la différence entre le maximum et le minimum est de 10,8 dB. Le minimum est de 101,3 dB et le maximum est de 112,1 dB.

Pour les mesures réalisées avec un microphone placé dans la conque inférieure, la différence entre le maximum et le minimum est de 10,7 dB. Le minimum est de 102 dB et le maximum est de 112,7 dB.

Pour les mesures réalisées avec un microphone placé à l'entrée du conduit auditif, la différence entre le maximum et le minimum est de 8,9 dB. Le minimum est de 103,6 dB et le maximum est de 112,5 dB.

Nous remarquons que les maximums d'amplification sont quasiment égaux lorsque le microphone est placé dans la conque ou dans le conduit auditif. Parallèlement, si le microphone est placé au-dessus du pavillon, le maximum d'amplification est inférieur de 6 dB à l'amplification maximum obtenue avec les autres placements microphoniques.

En ce qui concerne les minimums d'amplifications, il y a à un écart de 2,7 dB entre un placement microphonique au-dessus du pavillon, et dans la conque supérieure. Par rapport à la position microphonique au-dessus du pavillon l'écart est de 3,4 dB avec la conque inférieure et de 5 dB avec l'entrée du conduit auditif.

Les écarts entre les résultats obtenus avec le microphone placé au-dessus du pavillon et les autres positions du microphone sont dus à la forme particulière du pavillon et aux résonnances qu'il produit.

Pour une meilleure visualisation de ces données, une représentation en trois dimensions a été créée. Grâce au logiciel MatLab nous avons pu associer un code couleur à chaque niveau d'intensité et matérialiser les différentes positions du haut-parleur (cinquante positions).

Pour chacune des quatre positions du microphone dans le pavillon étudiées, nous avons calculé pour chaque position du haut-parleur (c'est-à-dire les 50 points de mesure) la différence entre le niveau globale en dB Lin en un point de mesure et le niveau global maximum en dB Lin mesuré sur l'ensemble de ces 50 points. Ces différences de niveaux ont été matérialisées par un code couleur selon les différentes positions du haut-parleur et nous ont permises d'obtenir des diagrammes polaires de directivité de réception.

L'intensité maximum est en rouge foncée. L'intensité minimum est en bleu foncée.

Par exemple, pour créer le diagramme polaire de directivité obtenu avec le microphone placé à l'entrée du conduit auditif, nous avons relevé :

- l'intensité maximum, qui est de 112,5 dB (encadrée en rouge sur l'exemple),
- l'intensité minimum qui est de 103,6 dB (encadrée en bleu foncé),

Sur notre échelle le maximum correspond à la valeur de 0 et est visualisé par la couleur rouge. Le minimum correspond au bas de l'échelle visuelle (en bleu foncé). Sa valeur numérique correspond à la différence entre l'intensité maximum et l'intensité minimum, soit -8,9 dB dans cet exemple.

Pour trouver la correspondance numérique et donc visuelle des autres valeurs, nous effectuons une simple soustraction de l'intensité maximum relevée pour la position étudiée à l'intensité souhaitée. Par exemple pour l'intensité globale obtenue dans le plan 0° et l'azimut 5° (soit 107,7 dB encadrée en vert sur l'exemple), sa correspondance sur l'échelle visuelle se trouve pour une valeur numérique de -4,8 dB (107,7-112,5) qui correspond à la couleur verte sur l'échelle.

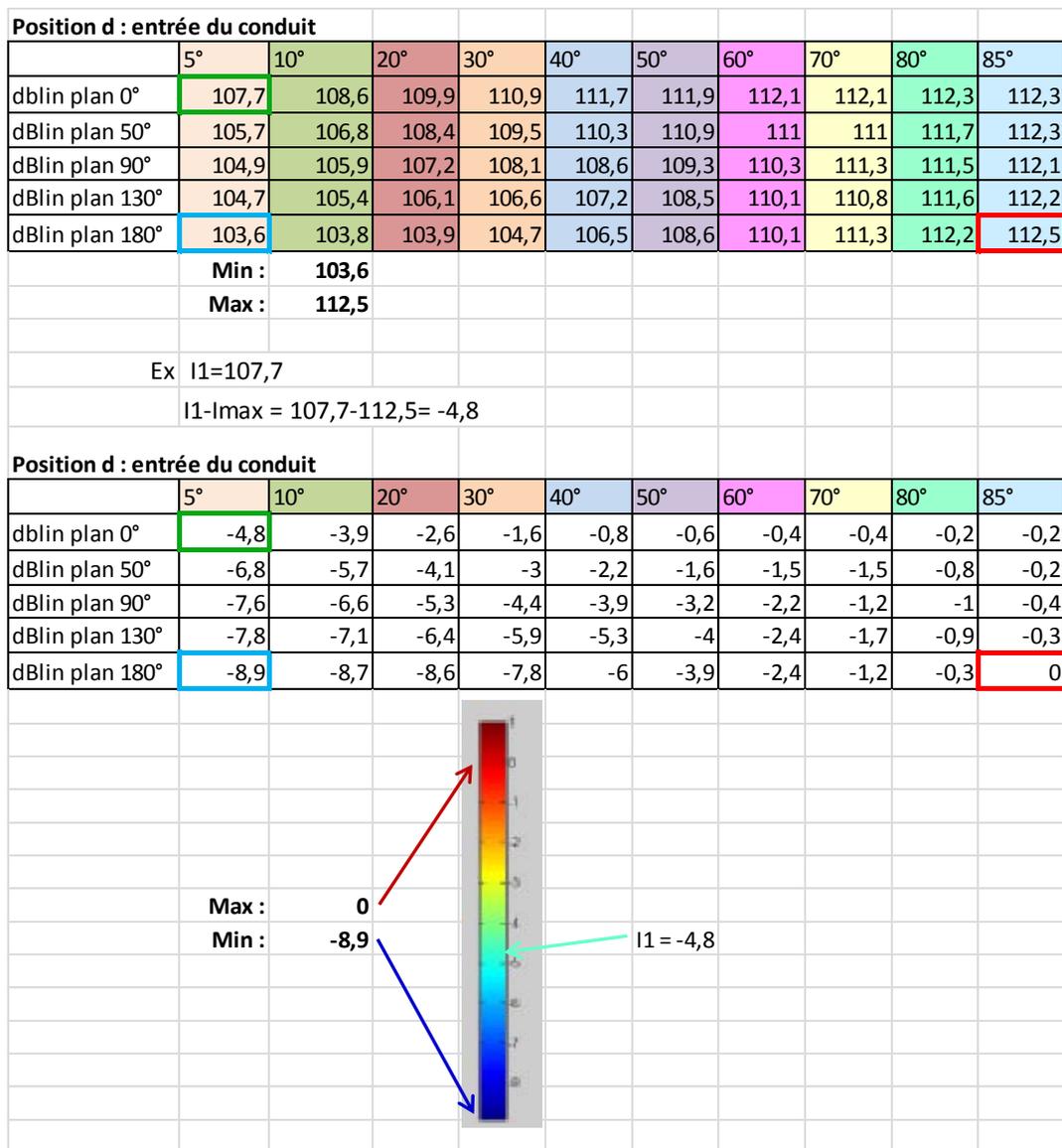


Figure 49 : Exemple d'un calcul d'échelle

Voici les représentations réalisées grâce à Matlab :

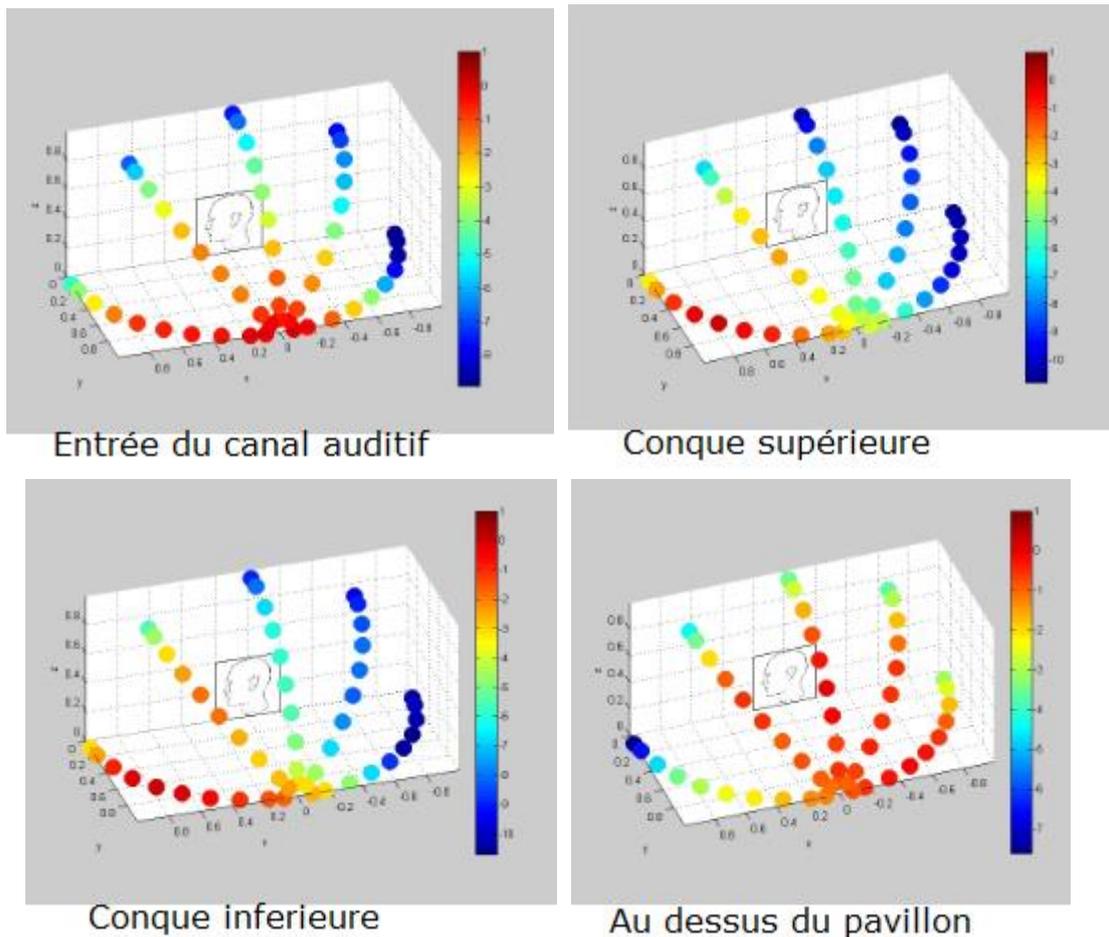


Figure 50 : Représentations en trois dimensions du niveau d'intensité relevé selon la position microphonique et en fonction de la position du haut-parleur

Ces diagrammes de directivité permettent de constater que :

- Lorsque le microphone est situé à l'entrée du canal auditif nous constatons que les sons les plus amplifiés sont ceux provenant du côté (90°) et légèrement vers l'avant,
- Lorsque le microphone est placé dans la conque supérieure les sons les plus amplifiés sont ceux provenant de l'azimut 40° vers l'avant du mannequin dans le plan « 0° ». C'est avec ce placement microphonique que l'amplification maximum est la plus ponctuelle,
- Lorsque le microphone est situé dans la conque inférieure les sons les plus amplifiés sont aussi ceux provenant de l'azimut 40° vers l'avant du mannequin, mais contrairement aux résultats obtenus dans la conque supérieure, l'amplification maximum est dispersée sur plus de points,
- Enfin lorsque le microphone est situé au-dessus du pavillon, l'amplification obtenue est beaucoup plus diffuse que les résultats précédents. En outre cette amplification marque surtout les points situés sur le côté, le dessus et l'arrière du mannequin.

De ces résultats nous concluons que lorsque le microphone est situé dans la conque (inférieure et supérieure) ou dans le conduit auditif, l'amplification est plus localisée. Les résultats obtenus avec le microphone placé à l'entrée du conduit sont ceux correspondant à l'amplification apportée par l'oreille naturelle (en ne tenant pas compte de la résonance du conduit auditif qui augmenterait l'amplification sur les fréquences au niveau du 2500 Hz). Cela sous entend donc que naturellement nous avons tendance à capter plus facilement les sons provenant du côté.

Avec un placement microphonique situé dans la conque (inférieure ou supérieure) notre captation viendrait à être modifiée. En effet, lorsque le microphone est placé dans la conque, les sons les mieux captés sont ceux provenant de l'avant et jusqu'à 45°.

D'après nos résultats obtenus avec le microphone placé au-dessus du pavillon, il semblerait que la captation du son (plus omnidirectionnelle) soit très différente d'une captation naturelle.

D'après ces mesures objectives il apparaîtrait tout de même qu'avec un placement microphonique dans la conque, nous nous rapprochons plus d'une captation naturelle du son. En effet, les phénomènes de résonance et de directivité sont proches (sur certaines fréquences).

Néanmoins cette étude a été réalisée dans un environnement contrôlé (chambre sourde, microphone et haut-parleur fixe,...) peu représentatif de la réalité du malentendant.

De plus, l'étude menée n'inclut pas la technologie d'un appareil de correction auditive, c'est-à-dire les algorithmes de traitement du signal ainsi que le double-microphone pour les appareils à contours offrant différentes directivités de captation.

C'est la raison pour laquelle nous avons mené parallèlement une étude subjective sur des malentendants. Le but est de tester et comparer deux types d'appareils auditifs offrant les deux positions microphoniques étudiées, c'est-à-dire le Lex, avec un microphone placé dans la conque supérieure, et l'Alera 961, un appareil de type contour à écouteur déporté dont le microphone est placé au-dessus du pavillon.

III. Etude subjective auprès de patients appareillés

A. But

Le but de cette étude est de déterminer si, immédiatement après un essai, la localisation et la compréhension dans le bruit sont plus aisées avec l'une des deux positions microphoniques.

Les deux positions microphoniques étudiées sont celle offerte par le Lex, dans la conque supérieure, et celle offerte par l'Alera 961 NP, un appareil de type contour à écouteur déporté, dont la position microphonique se situe au-dessus du pavillon. Ces appareils sont tous deux de la marque GN Hearing.

B. Passation du test

1. Lieux

Nous avons effectué nos tests au Centre Audition Conseil de Obernai (Alsace). La salle utilisée pour nos cas pratiques est insonorisée selon les normes en vigueur (Annexe 6). Elle est de dimension 380 x 300 x 250 cm.

Elle est équipée de cinq hauts parleurs placés selon le schéma suivant :

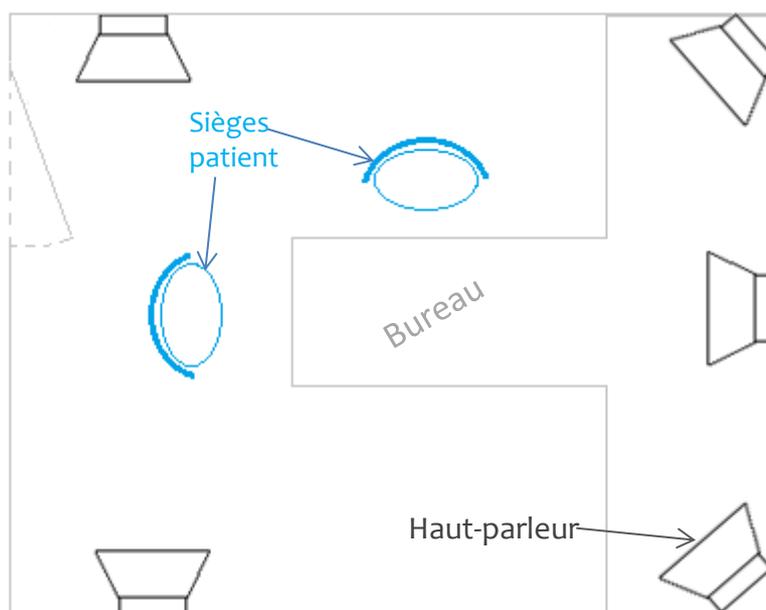


Figure 51 : Plan du bureau de mesure et emplacement des haut-parleurs



Figure 52 : Bureau de mesure

Elle est également équipée du matériel nécessaire à l'audioprothésiste tel que :

- un ordinateur pour effectuer le réglage des appareils, réaliser des tests audiométriques tonaux et vocaux au casque, au vibreur ou en champ libre, mais aussi de la mesure in vivo,
- les interfaces de communications entre l'ordinateur et les appareils auditifs à régler,
- une chaîne de mesure pour mesurer objectivement les capacités de l'appareil et réaliser des tests de mesure in vivo

2. Matériel utilisé

Dans le cadre de nos tests nous nous servons :

- Du logiciel d'audiométrie Siemens Audiometer proposé par Siemens pour réaliser une audiométrie tonale au casque oreilles séparées, mais aussi réaliser les tests de localisation spatiale et de compréhension dans le bruit tout en choisissant le ou les haut-parleurs de diffusion.
Les cinq haut-parleurs nécessaires à ces tests ont été récemment calibrés. Ils ont été calibrés de telle sorte que l'intensité choisie au niveau du logiciel est exactement celle mesurée au niveau du patient, qu'il y ai un ou plusieurs haut-parleurs de diffusion,

- Les tests de localisation spatiale et de compréhension dans le bruit sont réalisés à l'aide d'un module disponible depuis l'interface d'audiométrie vocale Siemens Audiometer nommé « Audi Voc' »,
- Du logiciel de réglage Aventa 3.6 proposé par GN Hearing pour régler les appareils de cette marque,
- De l'interface de programmation semi-filaire Noah Link permettant une programmation plus rapide qu'avec le système Air-Link proposé par GN Hearing qui lui fonctionne entièrement par onde Bluetooth, et de ce fait est plus lent,
- De la chaîne de mesure Unity 2, proposée par Siemens, offrant la possibilité de réaliser des mesures in vivo sur le patient portant les appareils testés, ceci dans le but de vérifier l'amplification apportée au niveau du tympan par les deux appareils testés. La chaîne de mesure fonctionne avec un haut-parleur supplémentaire à ceux cités ci-dessus,
- Pour effectuer les tests de localisation nous utilisons un bruit blanc d'une intensité de 60 dB [24],
- Pour réaliser les tests de compréhension dans le bruit nous utilisons comme bruit masquant l'OVG (Onde Vocale Globale). L'OVG est obtenu par mixage de deux voix d'hommes et de femmes français et anglais. Le test de compréhension étant réalisé à différents rapports Signal/Bruit, nous ferons varier le bruit masquant de 51 dB à 63 dB par pas de 3 dB [31],
- Les listes de logatomes utilisées sont celles du test de netteté de Dupret préenregistrées. Cela nous permettra de tester uniquement les performances du sujet avec ses appareils sans faire intervenir sa suppléance mentale liée à la reconnaissance d'un mot et à la lecture labiale. Les listes sont équilibrées en difficulté.
Chaque liste est composée de 17 logatomes à trois phonèmes. L'unité du test est le phonème. Chaque phonème mal répété est comptabilisé pour donner ensuite un score d'erreur sur 51 que l'on ramène sur 100 pour obtenir le pourcentage d'erreur. Par soustraction nous pouvons obtenir le pourcentage de phonème correctement répétés.
Les listes de logatomes sont émises à une intensité de 60 dB,

- Pour nos tests nous avons utilisé un appareil à microphone externe proposé par GN Hearing : le Lex 8.



Figure 53 : Le Lex, un appareil à microphone externe

- Nous avons comparé l'appareil cité ci-dessus avec un appareil de type contour à écouteur déporté proposé par la marque GN Hearing : l'Alera 961.



Figure 54 : L'Alera 961, un appareil contour à écouteur déporté (RIC ou RITE)

L'Alera 961 n'est pas la dernière génération de contours à écouteurs déportés proposée à la vente par GN Hearing. Récemment le fabricant a sorti une nouvelle génération d'appareils contours à écouteurs déporté, le Lynx, offrant un design différent mais surtout un traitement du son différent et d'autres fonctionnalités.

Néanmoins le traitement du son et les fonctionnalités disponibles se rapprochant le plus du traitement du son offert par le Lex sont ceux de l'Alera 961.

L'Alera 961 est la plus haute des gammes de ce type d'appareil chez ce fabricant (les gammes inférieures se nomment Alera 761 et Alera 561).

Ces appareils fonctionnent avec des piles 312.

Le réglage de cet appareil se fait sur neuf canaux. Les appareils ne communiquent pas entre eux (il en est de même pour le Lex). Les réglages avancés nous permettent de choisir la directivité, le point de flexion directionnel, le faisceau directionnel, le mode de fonctionnement de l'anti

larsen, le mode de fonctionnement du réducteur de bruit faible Expasseur, du réducteur de bruit NoiseTracker II et du réducteur de bruit de vent.

Toutes ces fonctionnalités peuvent être désactivées pour pouvoir correspondre au mieux aux réglages du Lex. En effet, avec le Lex, seuls sont disponibles dans les réglages avancés le mode de fonctionnement des deux réducteurs de bruits et de l'anti-larsen.

Un bouton poussoir est disponible sur l'Alera 961 permettant le changement de programme.

3. Caractéristique de l'échantillon des sujets

Les tests de localisation sonore et de compréhension dans le bruit ont été réalisés sur un échantillon de huit personnes volontaires. Les sujets ont entre 48 et 78 ans. L'échantillon est composé de cinq hommes et trois femmes. Quatre des huit sujets sont porteurs réguliers de contours d'oreilles (trois portent des appareils contours à écouteurs déportés, un sujet porte un mini contour a tube fin). Les quatre autres sujets ne sont pas porteurs d'appareils.

Tous les sujets choisis ont une surdité légère à moyenne symétrique. Leur perte est prédominante dans les hautes fréquences.

Pour chacun d'eux leur surdité entre dans la plage d'application du Lex. En effet, la plage d'application du Lex est plus restreinte que celle de l'appareil à écouteur déporté choisi pour nos tests.

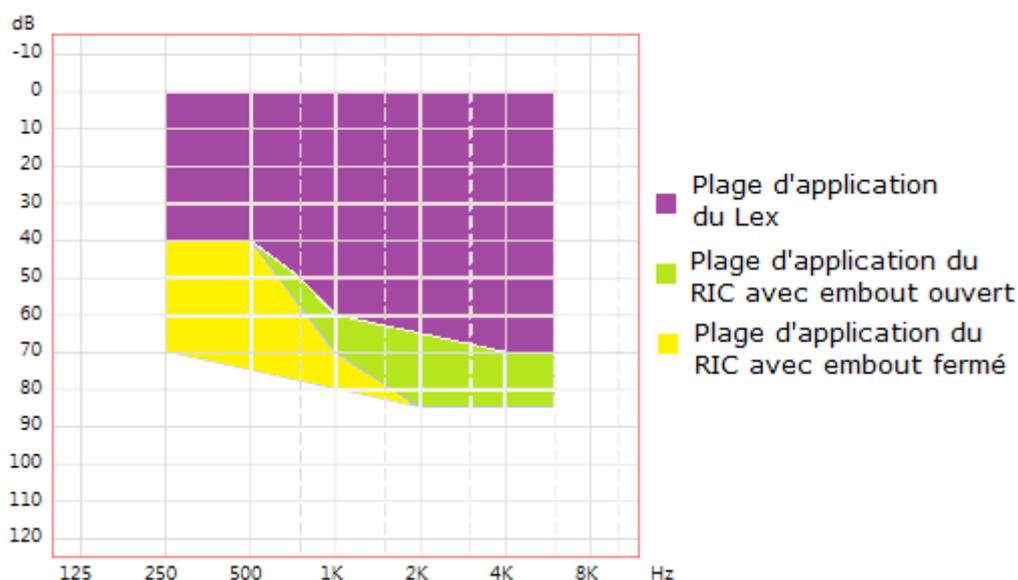


Figure 55 : Plages d'application du Lex et de l'Alera 961 NP

C. Protocole

Afin d'exploiter le plus justement possible nos résultats nous suivrons un protocole identique pour chaque patient.

La durée des différents examens est d'environ 45 minutes.

1. L'otoscopie

Nous réalisons dans un premier temps une otoscopie, afin de vérifier l'absence de cérumen dans le conduit auditif du patient. En effet, la présence de cérumen pourrait fausser les résultats au test d'audiométrie tonale, mais aussi empêcher la propagation normale du son du conduit auditif vers le tympan, modifiant par la même occasion le phénomène de résonance présent dans le conduit et amplifiant certaines fréquences plus que d'autres. La présence de cérumen peut également endommager les appareils, qui sont d'autant plus fragiles que la sortie du son se situe dans le conduit auditif pour les deux types d'appareils. En outre le cérumen pourrait aussi obstruer la sonde de mesure in vivo, empêchant ainsi l'obtention de résultats exploitables.

2. L'audiométrie tonale au casque

Nous réalisons une audiométrie tonale au casque oreilles séparées à l'aide du logiciel Siemens Audiometer. La mesure du seuil d'audition est effectuée sur toutes les fréquences de 250 Hz à 8000 Hz. Il est demandé au sujet de signaler au testeur la présence, même infime, d'un signal sonore pulsé.

Cette mesure va nous permettre de vérifier dans un premier temps que l'audition du patient n'a pas varié, mais aussi de prérégler les appareils pour les tests à venir.

3. Le montage des appareils

a) Choix de la taille de l'écouteur de l'Alera et du microphone du Lex

Nous procédons ensuite au montage des appareils. En effet, selon la forme et la taille du pavillon il existe différentes tailles de fils pour relier l'écouteur au contour pour l'Alera 961, et le microphone au corps de l'appareil pour le Lex.

La taille des écouteurs pour les contours à écouteurs déportés varie de 0 à 3 et est mesurée à l'aide d'un instrument fourni par le fabricant.



Figure 56 : Outils de mesure pour déterminer de la taille de l'écouteur pour l'Alera 961

Le gabarit se positionne au niveau du pavillon (ici oreille gauche). Nous déterminons alors la taille de l'écouteur en relevant le numéro positionné au niveau de la moitié supérieure du tragus. Les tailles les plus communément utilisées sont les tailles 1 et 2.

Les tailles des microphones du Lex varient de 26 à 44 par pas de six. La taille est déterminée à l'aide d'une reproduction factice du Lex à placer dans l'oreille du patient.



Figure 57 : Outils de mesure pour déterminer la taille du microphone pour le Lex

A l'extrémité de cet outil on trouve quatre « boules » représentant les différentes positions du microphone possible. Nous pouvons alors déterminer la taille du microphone à adapter au patient en observant le positionnement de la « boule » la plus appropriée se positionnant comme sur l'image ci-après (Figure 58).

Les tailles les plus communément utilisées sont les tailles 32 et 38.



Figure 58 : Mesure de la taille du microphone du Lex sur l'oreille du patient à l'aide de l'outil adapté

b) Choix de la taille et de la forme du dôme

Il s'agit ensuite de déterminer la taille et la forme du dôme en silicone apposé au niveau des écouteurs de l'Alera 961 et du Lex.

Nous n'utilisons pas d'embouts moulés sur mesure pour les appareils de type contours à écouteurs déportés car le Lex est un appareil dit « standard » et aucun moulage n'est utile pour son utilisation.

Pour pouvoir comparer ces deux types d'appareils nous cherchons à limiter les différences de caractéristique de sortie du son, et notamment l'occlusion et le volume résiduel dans le conduit dues à l'embout. C'est la raison pour laquelle nous nous servons de dômes standards en silicone.

La taille de ces dômes se détermine en fonction de la taille du conduit auditif du patient. Le but est de permettre à l'appareil de tenir dans le conduit auditif. Sans pour autant gêner le patient.

Nous devons également déterminer la forme des dômes, c'est-à-dire leur degré d'occlusion.

Les appareils comparés sont destinés à des pertes légères à moyennes avec une prédominance dans les hautes fréquences. Les basses fréquences sont généralement bien conservées, et il est conseillé de les faire passer par la voie naturelle de l'audition sans passer par l'appareil auditif et une quelconque amplification. Il est donc préférable d'avoir un embout le plus ouvert possible.

Parallèlement, les appareils comparés peuvent couvrir une perte dans les hautes fréquences pouvant aller jusqu'à 70 dB au-delà de 4000 Hz. Il est donc possible de créer un larsen dans certain cas où une amplification sur les hautes fréquences est trop importante.

Le larsen correspond à une re-captation d'un son s'échappant du conduit auditif. Ce son déjà amplifié par l'appareil est alors ré-amplifié.

Pour limiter l'effet larsen plusieurs solutions s'offrent à nous.

Nous avons la possibilité de limiter le gain sur les fréquences du larsen, mais cela entraîne une réduction de l'amplification et une sous-corrrection sur ces mêmes fréquences. L'autre possibilité est de créer une rupture dans la boucle du larsen en fermant plus le conduit auditif avec, par exemple, un embout en silicone plus occlus.

Pour nos tests nous voulons limiter l'intervention d'anti-larsens, c'est pourquoi nous préférons agir sur les paramètres physiques de l'appareil pour limiter le larsen.

En corrélant les paramètres concernant la taille du conduit et la perte auditive, nous pouvons déterminer la taille et la forme des embouts en silicone nécessaires. Les dômes proposés pour l'Alera 961 et le Lex 8 sont classés selon les mêmes catégories. Cependant les embouts standards en silicones utilisés pour l'Alera 961 ne sont pas utilisables avec le Lex. En effet, les embouts des appareils contours à écouteurs déportés sont de forme ronde, alors que les embouts utilisés avec le Lex sont de forme ovale.



Figure 59 : Quelques dômes ouverts en silicones adaptables sur l'Alera 961 [32]

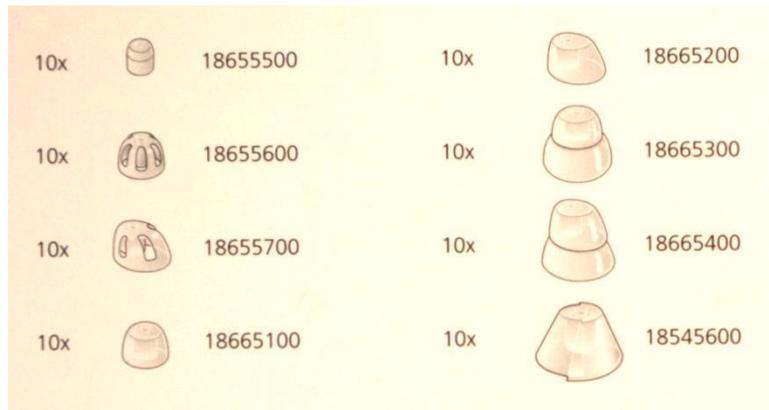


Figure 60 : Embouts standards en silicones adaptables sur le Lex
 (À gauche : embouts ouverts de différentes tailles et embout simple dôme de petite taille, à droite : embout fermé simple dôme, embouts fermés double dôme et embout « tulipe »)

4. Calibration et mise en place du tube sonde

Avant de procéder aux réglages des aides auditives nous procédons à la calibration et la mise en place du tube sonde. Nous cherchons, pour les deux types d'appareils à avoir la même amplification au niveau du tympan. C'est dans ce but que nous allons nous servir du module de mesure in vivo.

a) La calibration des tubes sonde

Nous avons au préalable calibré les tubes avec un sixième haut-parleur dédié uniquement à la mesure in vivo. Ce haut-parleur est placé en face du patient (lorsque celui-ci est assis à la place N°1) à une distance comprise entre 50 et 80 cm dans le plan de ces oreilles.

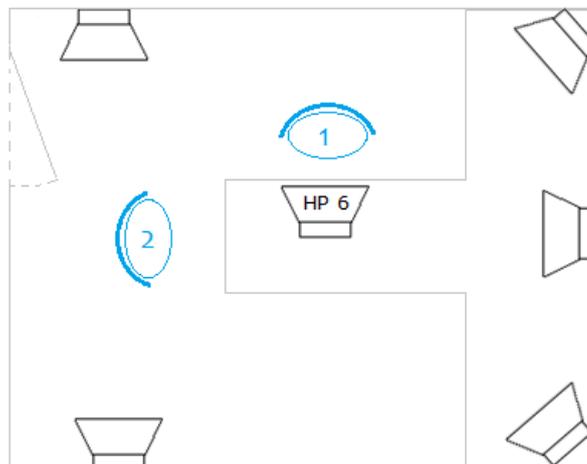


Figure 61 : Position du haut-parleur N°6 (HP 6) et du patient pour les réglages (1) et les tests (2)

Pour effectuer la calibration il nous faut placer l'extrémité de la sonde au niveau du microphone de référence et lancer la mesure.

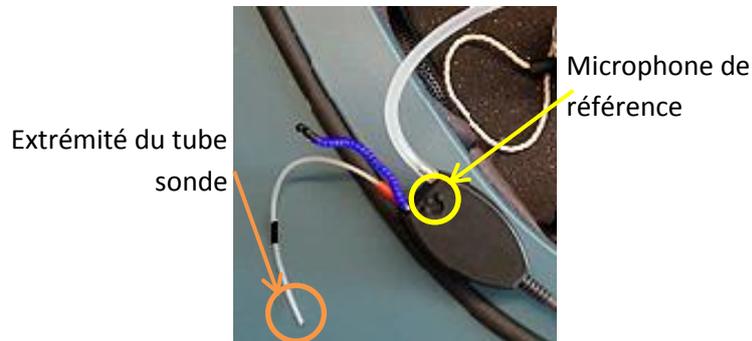


Figure 62 : Instrument de mesure in vivo

b) Mise en place du tube sonde et des appareils

Ensuite, nous plaçons le dispositif nécessaire à la mesure in vivo sur les oreilles du patient et nous procédons à la mise en place du tube sonde dans le conduit auditif du sujet au plus proche du tympan sans le toucher (à 5 millimètres du tympan). Ce placement s'effectue connaissant la longueur moyenne du canal auditif adulte qui est de 35 millimètres à partir du tragus [33]. Nous nous servons du marquage noir pour indiquer cette longueur. Ce marquage nous servira également lors du changement d'appareil pour repositionner le tube sonde de la même manière que la fois précédente.



Figure 63 : Bague noire de marquage du tube sonde

5. Réglage des appareils

Nous réglons ensuite les appareils à partir de l'audition du patient. Lors des réglages et des mesures in vivo le patient est placé à la place n°1 (Figure 61).

Nous commençons à régler l'une ou l'autre paire d'appareil alternativement. Ainsi pour quatre des patients nous avons réglé dans un premier temps la paire de contours à écouteurs déportés (Alera 961) pour ensuite régler la paire d'appareils à microphones externes (Lex) d'après les réglages apportés à l'Alera 961. Pour les quatre autres sujets nous avons fait l'inverse dans le but de ne pas favoriser un appareil par rapport à l'autre.

Les réglages diffèrent d'un type d'appareil à l'autre et sont détaillés plus bas.

a) Réglage du Lex

Nous branchons les appareils à microphone externe à l'aide d'un adaptateur de type « Flex pile 10 » se branchant sur le système semi-filaire Noah Link. L'extrémité ronde du Flex est de la taille d'une pile 10 et vient s'insérer dans le tiroir pile du Lex.



Figure 64 : Adaptateur "Flex pile 10"



Figure 65 : Lex avec tiroir pile ouvert [34]

Nous procédons ensuite à la mise en place du Lex dans l'oreille du patient. La sonde étant déjà placée il nous faut veiller à ne pas la pousser plus loin dans le conduit en mettant l'appareil en position.

Lorsque tout est en place nous lançons alors la recherche des appareils par l'ordinateur.

Une fois les appareils connectés à l'ordinateur nous effectuons un test anti-larsen. L'expérience du patient est à renseigner pour le préréglage. Pour nos tests nous partons du préréglage proposé pour un patient expérimenté. Celui-ci est le plus proche d'un réglage optimal.

Nous désactivons ensuite les paramètres avancés pour limiter au plus les algorithmes de calcul de l'appareil et n'utiliser que son rôle d'amplificateur (Figure 66) :

- l'anti-larsen DFS est désactivé, sauf dans le cas de larsen. il faut alors veiller à activer pour l'autre paire d'appareil le même niveau de mise en marche de l'anti-larsen,
- Le réducteur de bruit faible Expandeur est mis à l'arrêt,
- Le réducteur de bruit Noise Tracker II est également arrêté.

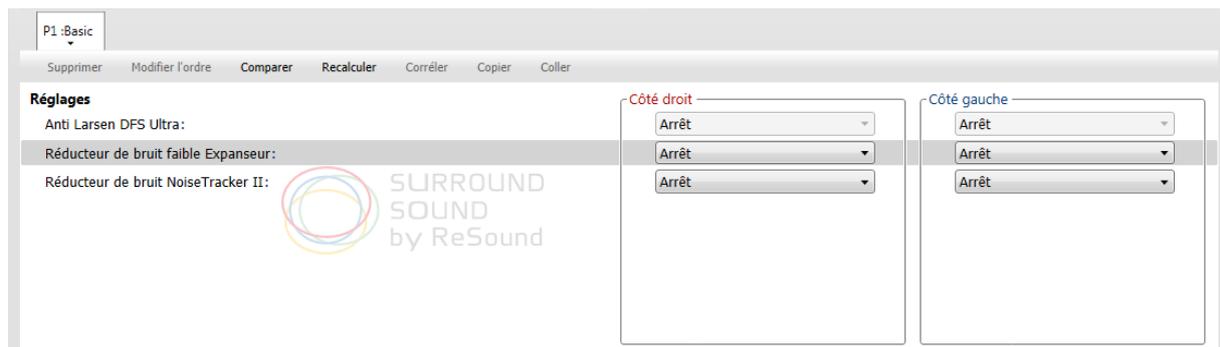


Figure 66 : Désactivation des fonctionnalités de réglages avancés

Dans l'onglet « Environmental Optimizer » nous mettons tous les réglages à zéro. L'« environmental Optimizer » permet de diminuer ou d'augmenter automatiquement le gain de l'appareil selon la situation détectée par l'appareil parmi sept situations prédéfinies (Calme, parole faible, parole forte, parole et bruit modéré, parole et bruit fort, bruit modéré et enfin bruit fort). En mettant les réglages à zéro nous limitons la variation automatique du gain selon l'environnement : dans toutes les situations le gain apporté par les appareils sera identique.

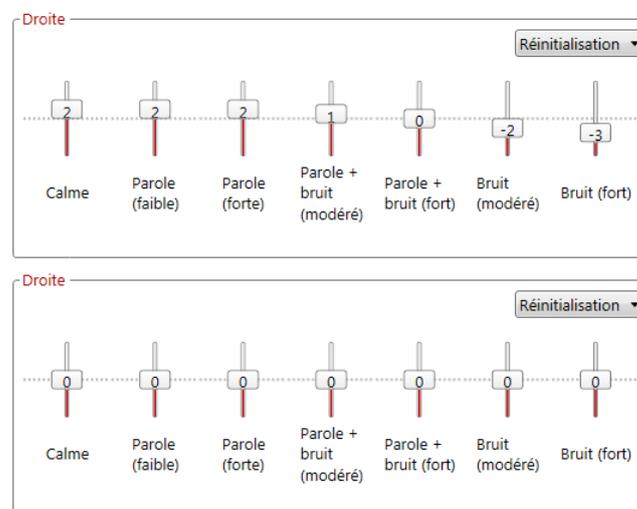


Figure 67 : Gestion de l' "Environmental Optimizer". En haut, réglages par défaut, en bas réglages mis à zéro

Il nous faut également veiller à ce que les propriétés acoustiques et physiques de l'appareil rentrées dans le logiciel soient effectivement celles choisies pour l'appareil du patient. En effet, les variations d'embouts et de ventilation peuvent entraîner des variations dans le calcul des cibles de réglage proposées par le logiciel. Ainsi nous vérifions la taille et la ventilation de l'embout, mais aussi la taille du tube et du microphone externe.

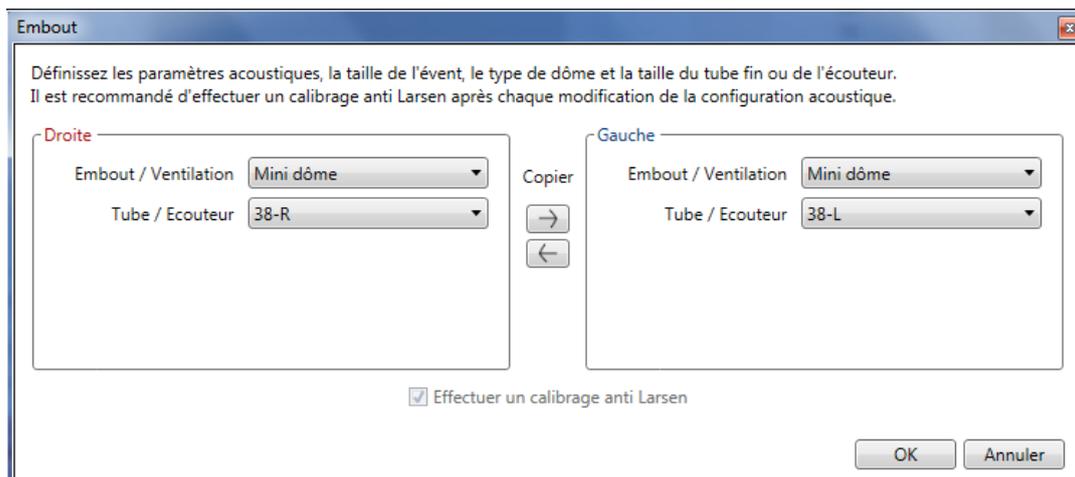


Figure 68 : Vérification des propriétés acoustiques posées pour le calcul des cibles de réglage par le logiciel

Une fois ces premiers réglages effectués, nous procédons au réglage du gain avec la participation du patient. Le but est d'obtenir un réglage optimal pour le patient. Le gain apporté ne doit pas être trop élevé ou trop faible.

Nous cherchons également à obtenir un équilibre entre les deux oreilles car cet équilibre est primordial pour une bonne localisation.



Figure 69 : Interface du logiciel pour programmer le gain des appareils (affichage en niveau de sortie)

Une fois que nous avons trouvé avec le patient un réglage lui convenant, nous effectuons une mesure in vivo, et plus particulièrement la réponse de l'oreille appareillée (R.E.A.G.), pour vérifier que nous n'avons pas une perte d'amplification sur certaines fréquences due aux conditions réelles de l'oreille du patient et de sa ventilation. Mais cette mesure in vivo va surtout nous permettre de régler le gain de la seconde paire d'appareil, le but étant d'obtenir le même gain in vivo avec les deux paires d'aides auditives.

b) Réglage de l'Alera 961

Les contours à écouteurs déportés se connectent à l'aide d'un adaptateur Flex Connect (Figure 70) se branchant sur le système semi-filaire Noah Link. L'extrémité de cet adaptateur se glisse sur le dessus de l'appareil dans un orifice prévu à cet effet (Figure 71).



Figure 70 : Adaptateur Flex Connect

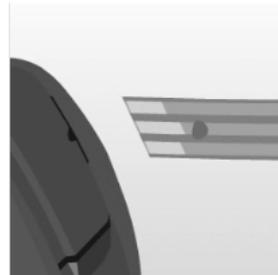


Figure 71 : Insertion de l'extrémité du Flex Connect dans l'appareil [35]

Après avoir branché l'appareil nous procédons à sa mise en place sur l'oreille du patient. Comme précédemment l'insertion de l'embout dans le conduit ne doit pas entraîner une insertion plus profonde de la sonde.

Suite à la détection des appareils par l'ordinateur, si les appareils connectés sont les deuxièmes de la session, deux choix s'offrent à nous : la possibilité de recalculer les réglages cibles avec les nouveaux appareils sélectionnés ou celle d'utiliser les réglages de la session précédente. Nous choisissons de réutiliser les réglages de la session précédente. Il en est de même si la deuxième paire d'appareils sont les Lex.

Il nous est également demandé si l'on souhaite utiliser la directivité asymétrique nommée « Natural directivity ». Cette fonctionnalité permet de reconstituer un phénomène de directivité naturel lié à l'existence d'une oreille directrice pour

chaque patient. Nous ôtons cette option car elle n'est pas disponible sur les appareils à microphones externes.

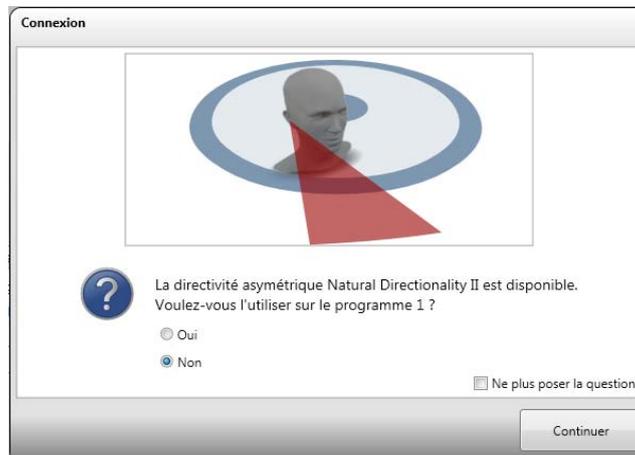


Figure 72 : Suppressions de l'option de directivité asymétrique

Comme pour le réglage des Lex nous effectuons ensuite un test anti-larsen.

Nous désactivons les paramètres avancés autant que possible :

- L'anti Larsen DFS Ultra est désactivé (si possible),
- Le réducteur de bruit faible Expasseur est mis à l'arrêt,
- Le réducteur de bruit NoiseTracker II est également désactivé,
- L'Alera 961 possède également un réducteur de bruit supplémentaire à ceux du Lex : un réducteur de bruit de vent (WindGuard). Ce réducteur de bruit est mis à l'arrêt,
- Ces appareils sont équipés de deux microphones, cela nous donne la possibilité de choisir la directivité microphonique. Nous avons le choix entre omnidirectionnel, directionnel adaptatif à faisceau variable, directionnel adaptatif « softswitching » ou directionnel fixe (hypercardioïde). Pour nos tests nous créons un premier programme dont la captation microphonique sera omnidirectionnelle et servira pour les tests de localisation. Un second programme est également créé avec une captation microphonique directionnelle fixe. Il servira pour les tests de compréhension dans le bruit.



Figure 73 : Mise à l'arrêt des fonctionnalités avancées

Comme pour le réglage du Lex, l' « Environmental Optimizer » est mis à zéro pour éviter la variation de gain apporté par l'appareil en fonction de l'environnement détecté.

Nous vérifions également les paramètres acoustiques (forme de l'embout, ventilation de l'embout, taille de l'écouteur).

Nous procédons ensuite au réglage du gain. Si les appareils réglés sont la seconde paire, le réglage du gain se fait à partir de la mesure in vivo réalisée précédemment. Grâce à celle-ci, nous réglons le gain de la seconde paire de manière à ce que les gains in vivo mesurés avec les deux paires d'aides auditives soient le plus similaires possibles.

Lorsque nous avons obtenu une amplification convenable, nous créons, à partir du premier programme un second programme en tout point identique. La seule variation existante sur ce second programme est le mode de directionnalité des microphones choisis. En effet, sur le premier programme les appareils seront en mode omnidirectionnels, pour le test de localisation sonore ; sur le second programme les appareils seront en mode directionnel fixe (hypercardioïde) pour le test de compréhension dans le bruit. Le changement de programme s'effectue par une pression sur le bouton poussoir situé sur la partie supérieure de chaque appareil.

Nous avons choisis de modifier manuellement le mode de captation microphonique pour limiter les aléas des changements automatiques par les appareils et avoir des résultats comparables pour chaque patient. Nous considérons donc que dans un environnement calme, avec une seule source de bruit, les microphones captent le son venant de toutes parts (mode omnidirectionnel). Cela correspond à l'environnement du test de localisation. Parallèlement nous considérons que dans un environnement bruyant avec une source de parole unique les appareils passent en mode directionnel fixe. Cela correspond à l'environnement du test de compréhension dans le bruit.

Une fois les réglages effectués nous pouvons débiter nos tests.

6. Le test de localisation spatiale

Pour le test de localisation spatiale, les Alera 961 sont en mode de captation microphonique omnidirectionnelle (programme n°1).

Pour quatre des patients nous commençons ce test avec les appareils de type contours à écouteurs déportés. Pour les quatre autres sujets nous commençons le test avec les appareils à microphones externes.

Le patient est assis sur le siège n°2 et trois des cinq haut-parleurs de test sont face à lui (avant gauche (-30 degrés), milieu (0 degré) et avant droit (+ 30 degrés)). Les deux haut-parleurs restants sont sur le côté (côté gauche (-90 degrés) et côté droit (+90 degrés)).

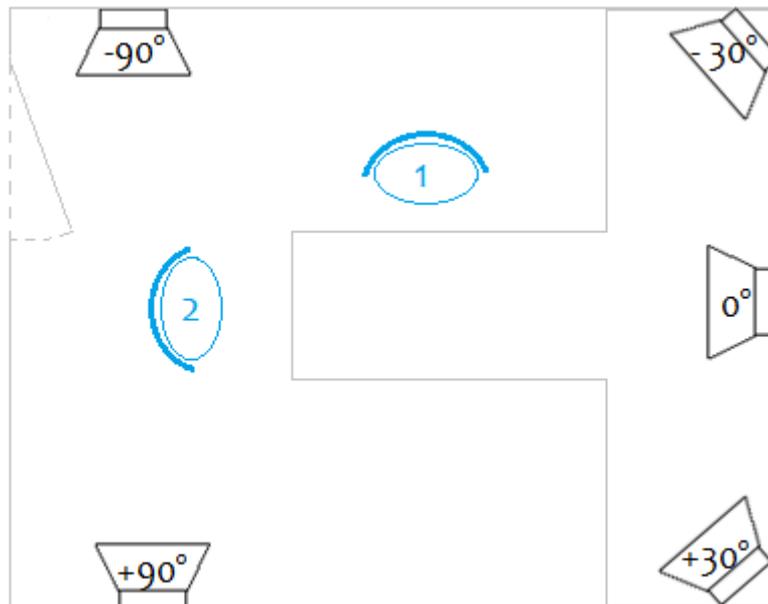


Figure 74 : Place du sujet et emplacements des haut-parleurs

Pour réaliser ce test nous nous servons du logiciel « Audi Voc' » qui nous permet de choisir le haut-parleur de stimulation et le type de stimulus.

Le stimulus utilisé est un bruit blanc envoyé aléatoirement dans chacun des cinq haut-parleurs à une intensité de 60 dB.

Lors de l'envoi du stimulus le patient doit indiquer d'où lui semble parvenir le son. Le sujet a le droit de tourner la tête.

Le test est réalisé avec l'une et l'autre paire d'appareils.

Les résultats sont notés sur le graphique ci-après présentant les erreurs en fonction des différents haut-parleurs.

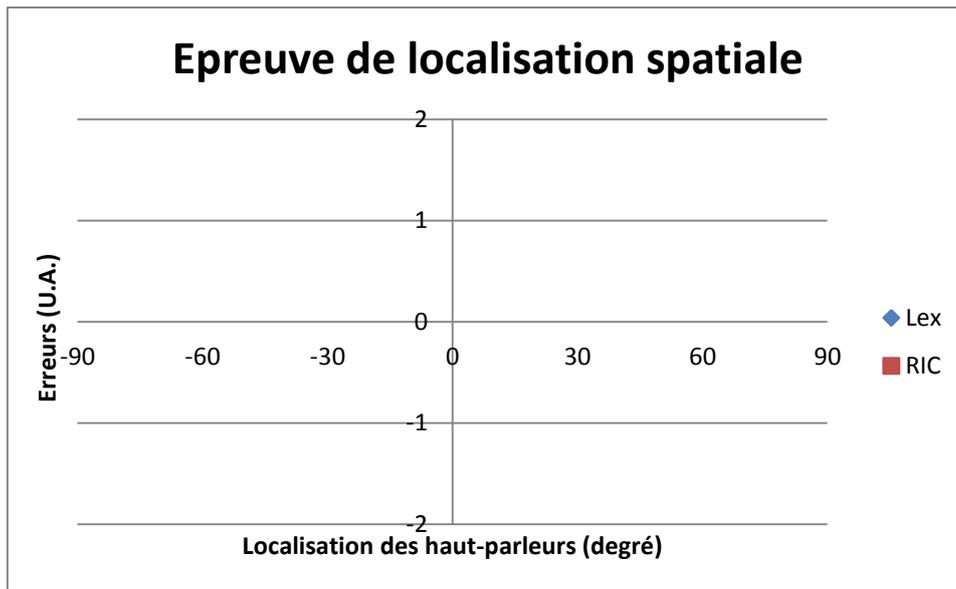


Figure 75 : Graphique pour la notation des résultats de l'épreuve de localisation spatiale

Une erreur vers la droite est notée positivement, une erreur vers la gauche est notée négativement.

A titre d'exemple, si le son est envoyé dans le haut-parleur « 0 degrés » et que le patient indique le haut-parleur « -30 degrés » nous notons « -1 » car c'est une erreur vers la gauche. Lorsque le patient désigne le bon haut-parleur nous indiquons sur le graphique « 0 ».

7. Le test de compréhension dans le bruit

Pour le test de compréhension dans le bruit, les Alera 961 sont en mode de captation microphonique directionnelle fixe (programme n°2).

Pour quatre des patients nous commençons se test avec les appareils à microphones externes. Pour les quatre autres sujets nous commençons le test avec les appareils de type contours à écouteurs déportés.

Le sujet est toujours assis sur le fauteuil n°2.

Les stimuli vocaux utilisés sont les listes préenregistrées du test de netteté de Dupret. Les listes sont toujours envoyées à une intensité de 60 dB dans le haut-parleur de face. L'unité du test est le phonème. Ainsi nous notons les erreurs commises sur chaque phonème. Le logiciel « Audi Voc' » nous donne le pourcentage de phonèmes correctement répétés.

Le stimulus masquant utilisé est l’OVG. Il est envoyé à différentes intensités afin d’obtenir différents rapports signal/bruit. L’intensité du signal vocal étant de 60 dB, le stimulus masquant est envoyé à 51 dB, 54 dB, 57 dB, 60 dB et 63 dB pour obtenir respectivement les rapports signal/bruit 9 dB, 6 dB, 3 dB, 0 dB et -3 dB. Le stimulus masquant est transmis avec les haut-parleurs arrières et avants gauches et droites.

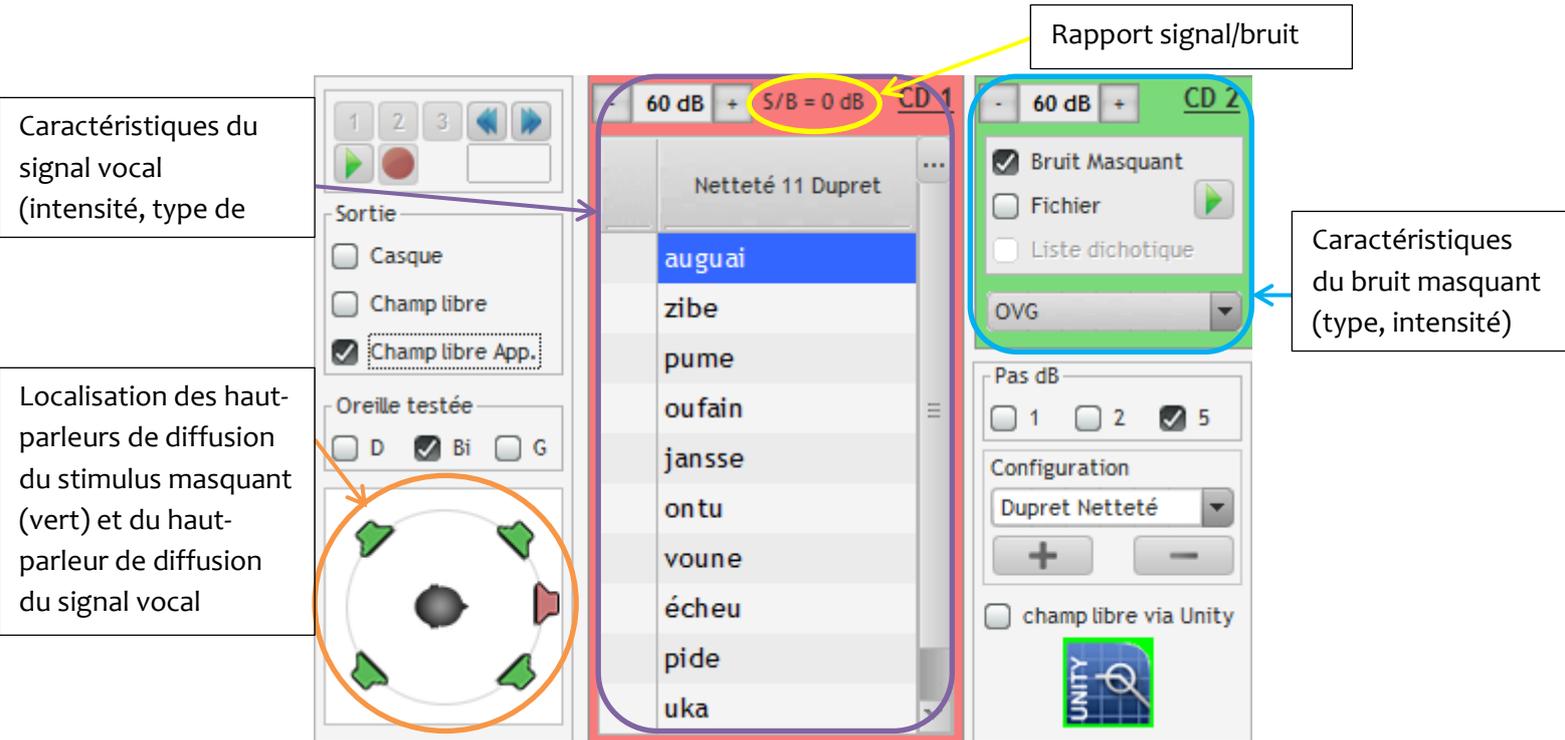


Figure 76 : interface du logiciel Audi Voc' pour le test de compréhension dans le bruit

Le test débute avec un rapport signal bruit de 9 dB, c’est-à-dire que l’intensité du signal vocal est plus élevée de 9 dB par rapport à l’intensité du bruit masquant. Pour chaque liste, et donc chaque rapport signal/bruit, le patient doit répéter les phonèmes qu’il entend. Compte tenu du nombre de rapports signal/bruit, pour chaque paire d’appareil le patient doit répéter cinq listes de logatomes.

Les résultats sont retranscrits dans le graphique ci-dessous exprimant le pourcentage de phonèmes correctement répétés en fonction du rapport signal/bruit.

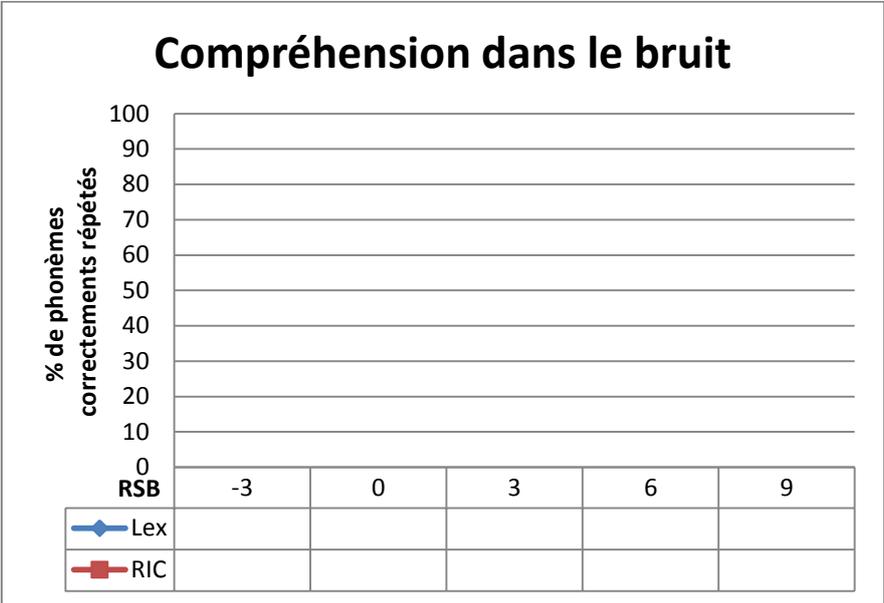


Figure 77 : Graphique pour la notation des résultats de l'épreuve de compréhension dans le bruit

D. Cas pratiques

1. Cas pratique n°1

Le patient numéro 1 est âgé de 48 ans et est de sexe féminin. Le sujet ne porte pas d'appareils auditifs.

Sa perte auditive moyenne est de 40 dB à gauche et 30 dB à droite. La perte est relativement symétrique à prédominance sur les hautes fréquences.

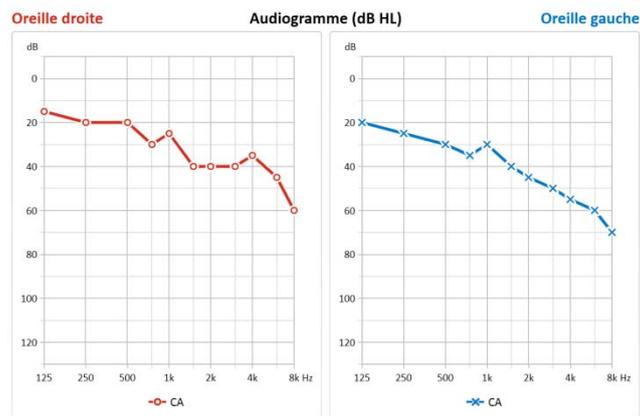


Figure 78 : Perte auditive du sujet 1 (intensité (dB HL) en fonction de la fréquence (Hz))

Après réglages des deux paires d'appareils, la mesure in vivo nous a permis de constater le gain réel apporté en sorti des appareils.

Pour le réglage des appareils du sujet 1 nous avons dans un premier temps réglé les Alera 961 (courbes orange et bleu sur la mesure in vivo) pour ajuster ensuite sur ces courbes le gain des Lex (courbes violettes sur la mesure in vivo)

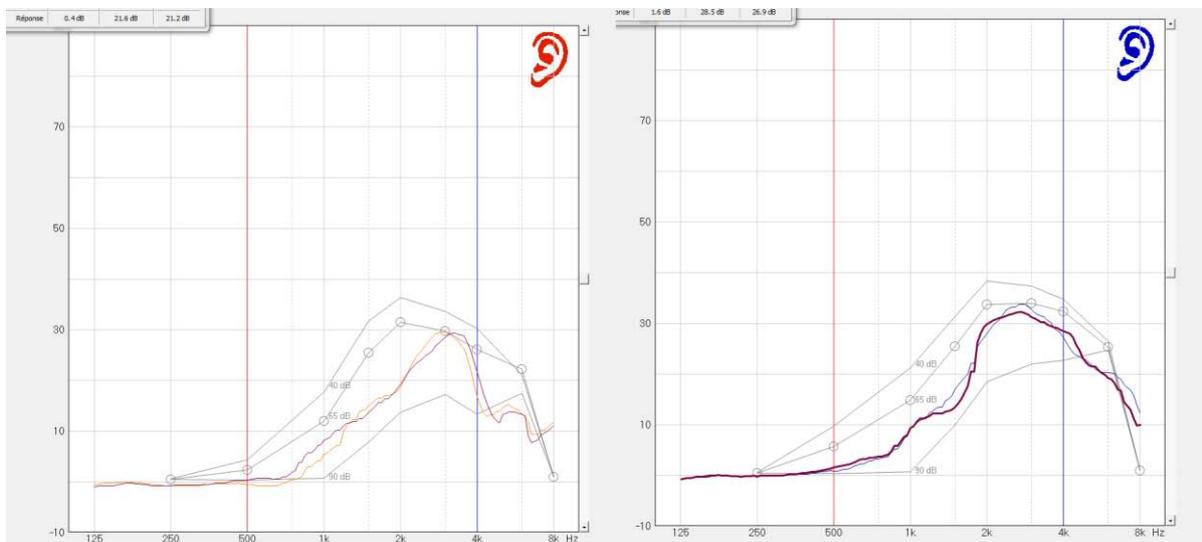


Figure 79 : Gain in vivo des deux paires d'appareils du sujet 1. Les courbes oranges et bleu représentent le gain des Alera 961, les courbes violettes le gain des Lex pour un niveau d'entrée de 65 dB

Les résultats à l'épreuve de localisations spatiale sont les suivants :

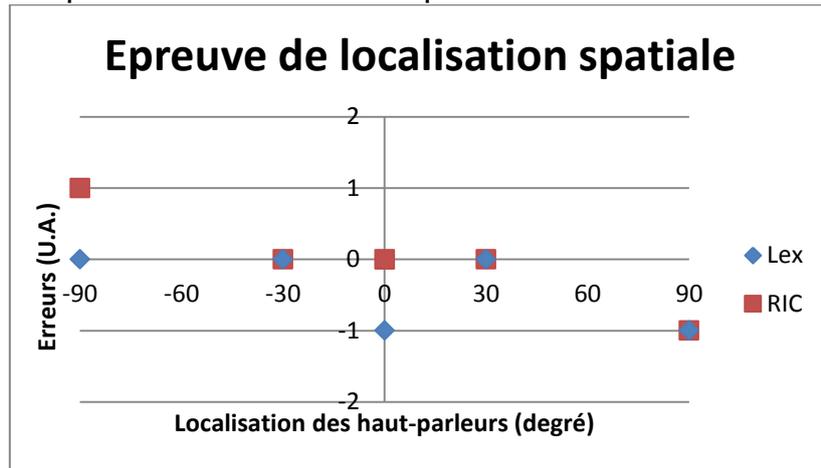


Figure 80 : Résultats du sujet 1 à l'épreuve de localisation spatiale

Nous notons 2 erreurs avec les Lex et 2 erreurs avec les Alera 961. Nous notons également que la patiente était plus hésitante avec les appareils contours à écouteurs déportés pour localiser la provenance du son.

Les résultats au test de compréhension dans le bruit sont les suivants :

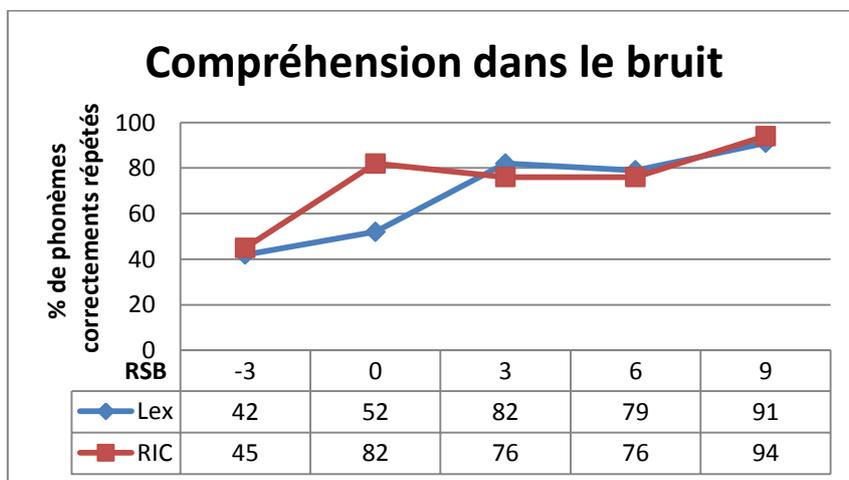


Figure 81 : Résultats du sujet 1 au test de compréhension dans le bruit

Nous constatons au premier abord une importante différence de résultat pour un rapport signal/bruit de 0 dB avec un résultat supérieur de 30% de phonèmes correctement répétés pour les Alera 961. Pour les autres rapports signal/bruit les résultats sont assez similaires et ne diffèrent pas de plus de six pourcents.

A la fin des tests nous interrogeons le sujet quant à ses impressions. Le sujet 1 se sent plus à l'aise et ressent de meilleurs résultats avec les Alera 96

2. Cas pratique n°2

Le patient numéro 2 est âgé de 73 ans et est de sexe masculin. Le sujet ne porte pas d'appareils auditifs.

Sa perte auditive moyenne est de 30 dB à droite comme à gauche. La perte est relativement symétrique à prédominance sur les hautes fréquences.

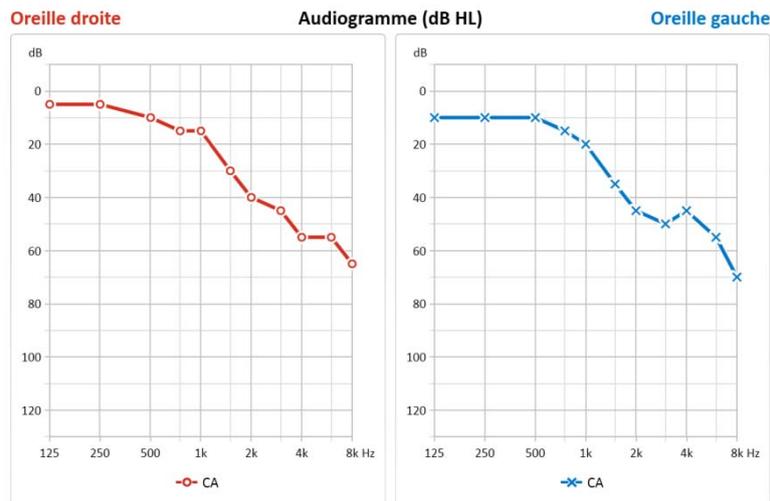


Figure 82 : Perte auditive du sujet 2 (intensité (dB HL) en fonction de la fréquence (Hz))

Après réglages des deux paires d'appareils, la mesure in vivo nous a permis de constater le gain réel apporté en sorti des appareils.

Pour le réglage des appareils du sujet 1 nous avons dans un premier temps réglé les Alera 961 (courbes orange et bleu sur la mesure in vivo) pour ajuster ensuite sur ces courbes le gain des Lex (courbes violettes sur la mesure in vivo)

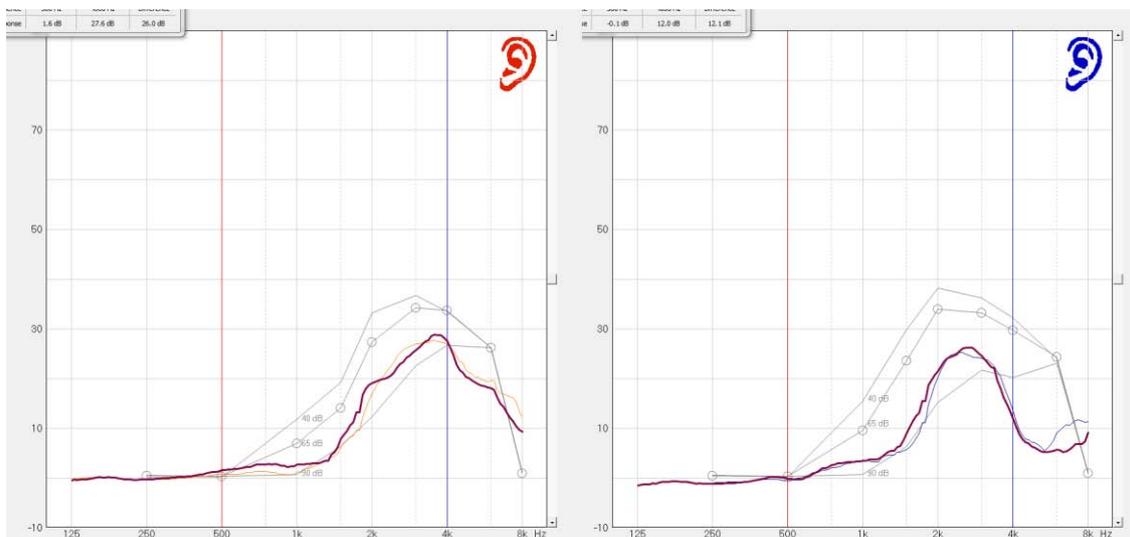


Figure 83 : Gain in vivo des deux paires d'appareils du sujet 2. Les courbes orange et bleu représentent le gain des Alera 961, les courbes violettes le gain des Lex pour un niveau d'entrée de 65 dB

Les résultats à l'épreuve de localisations spatiales sont les suivants :

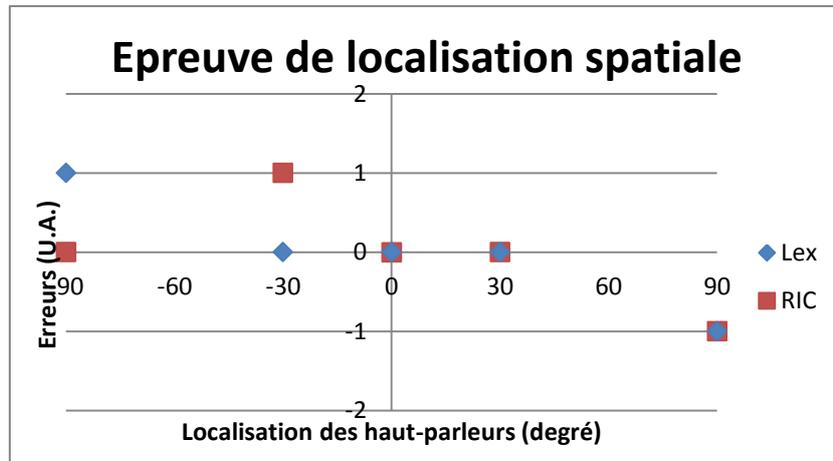


Figure 84 : Résultats du sujet 2 à l'épreuve de localisation spatiale

Nous notons 2 erreurs avec les Lex et 2 erreurs avec les Alera 961.

Les résultats au test de compréhension dans le bruit sont les suivants :

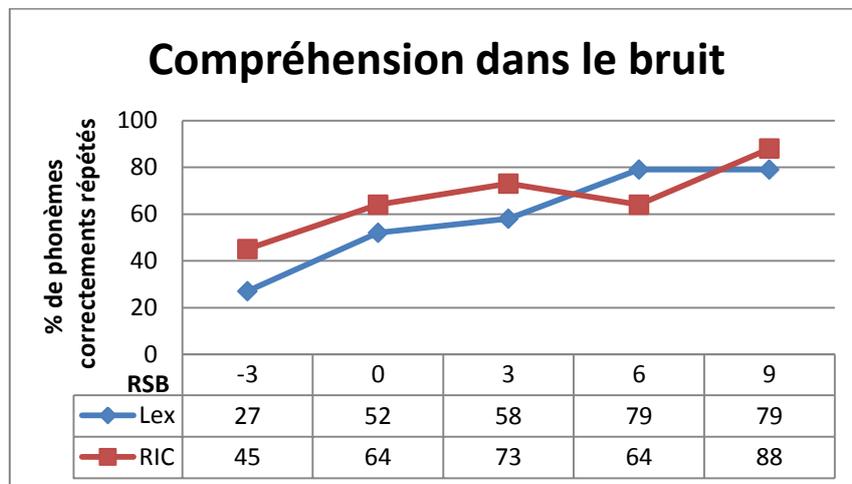


Figure 85 : Résultats du sujet 2 au test de compréhension dans le bruit

Nous constatons que pour la plupart des rapports signal/bruit (-3 dB, 0 dB, 3 dB et 9 dB) les résultats sont meilleurs en moyenne de 13,5 % avec l'Alera 961. Sur tous les rapports signal/bruit les résultats sont en moyenne meilleurs de 7,8% avec les contours à écouteurs déportés.

A la fin des tests nous interrogeons le sujet quant à ses impressions. Le sujet 2 ne ressent pas de différences particulières.

3. Cas pratique n°3

Le patient numéro 3 est âgé de 78 ans et est de sexe masculin. Le sujet ne porte pas d'appareils auditifs.

Sa perte auditive moyenne est de 38,70 dB à gauche et 32,5 dB à droite. La perte est relativement symétrique et plate.

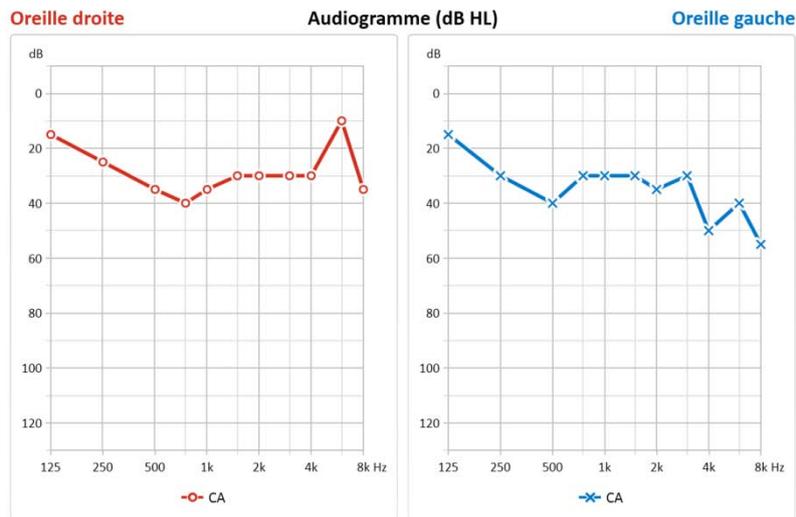


Figure 86 : Perte auditive du sujet 3 (intensité (dB HL) en fonction de la fréquence (Hz))

Après réglages des deux paires d'appareils, la mesure in vivo nous a permis de constater le gain réel apporté en sorti des appareils.

Pour le réglage des appareils du sujet 1 nous avons dans un premier temps régler les Lex 8 (courbes orange et bleu sur la mesure in vivo) pour ajuster ensuite sur ces courbes le gain des Alera 961 (courbes violettes sur la mesure in vivo).

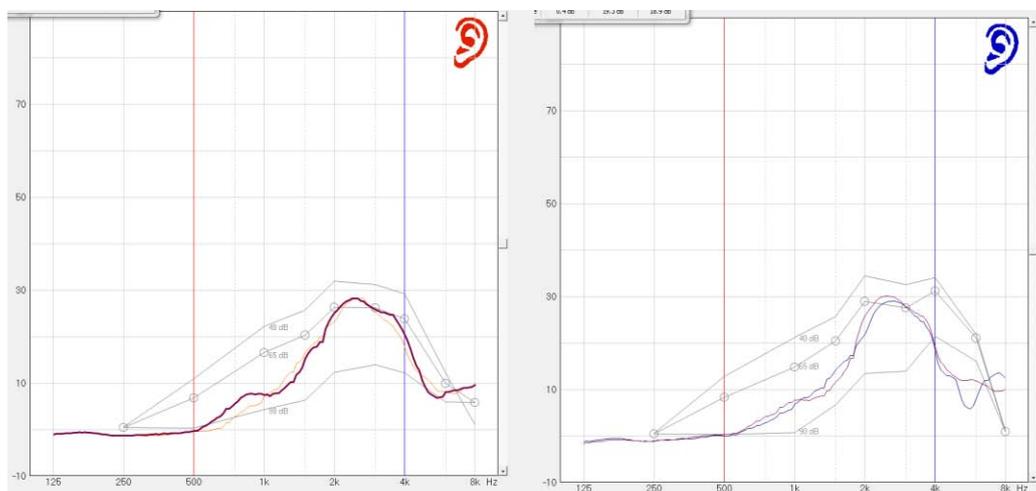


Figure 87 : Gain in vivo des deux paires d'appareils du sujet 3. Les courbes oranges et bleu représentent le gain des Lex 8, les courbes violettes le gain des Alera 961 pour un niveau d'entrée de 65 dB

Les résultats à l'épreuve de localisations spatiales sont les suivants :

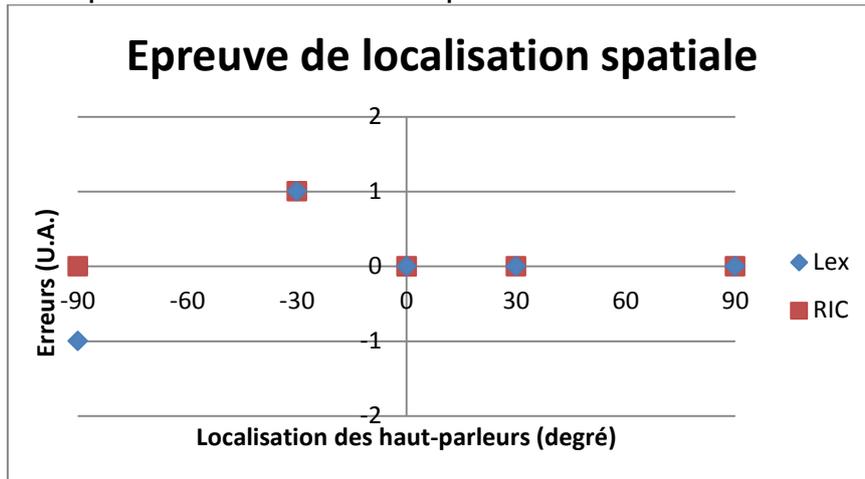


Figure 88 : Résultats du sujet 3 à l'épreuve de localisation spatiale

Nous notons 2 erreurs avec les Lex et 1 erreur avec les Alera 961. Le sujet est également plus hésitant avec les Lex 8.

Les résultats au test de compréhension dans le bruit sont les suivants :

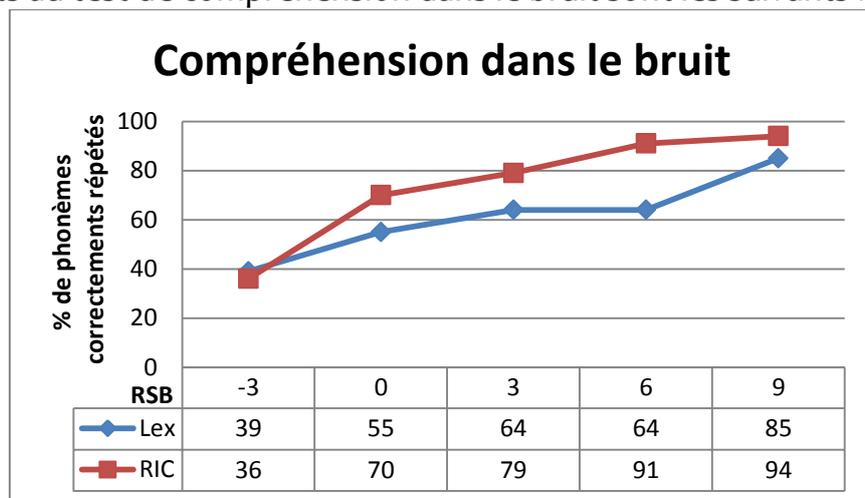


Figure 89 : Résultats du sujet 3 au test de compréhension dans le bruit

Nous constatons que les résultats obtenus avec les Alera 961 sont supérieurs pour presque tous les rapports signal/bruit excepté -3dB. En moyenne les résultats sont meilleurs de 12,6% avec les Alera 961.

A la fin des tests nous interrogeons le sujet sur ses impressions. Le sujet 3 n'a pas de préférences, mais a constaté le fonctionnement de la directivité avec les contours à écouteurs déportés sur le programme deux (mode directionnel fixe). Le patient 3 a en effet signalé que lorsqu'il regardait bien le haut-parleur diffusant les listes de mots il comprenait nettement mieux.

4. Cas pratique n°4

Le patient numéro 4 est âgé de 66 ans et est de sexe féminin. Le sujet porte habituellement des mini contours à écouteurs déportés d'une autre marque. Sa perte auditive moyenne est de 47,5 dB à gauche et 43,70 dB à droite. La perte est symétrique à prédominance sur les hautes fréquences.

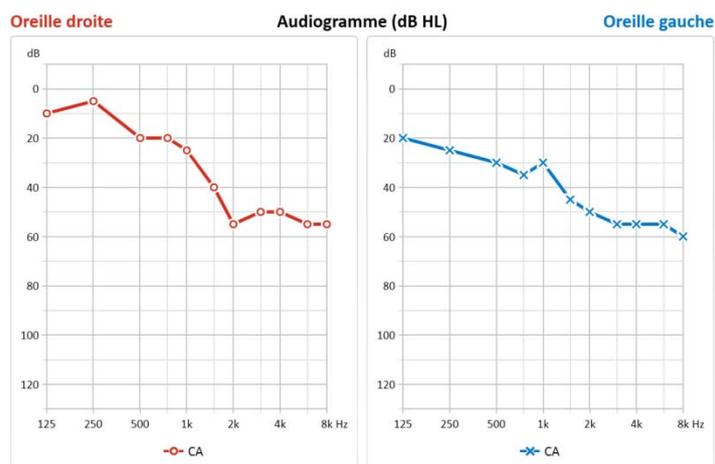


Figure 90 : Perte auditive du sujet 4 (intensité (dB HL) en fonction de la fréquence (Hz))

Après réglages des deux paires d'appareils, la mesure in vivo nous a permis de constater le gain réel apporté en sorti des appareils.

Pour le réglage des appareils du sujet 4 nous avons dans un premier temps réglé les Alera 961 (courbes orange et bleu sur la mesure in vivo) pour ajuster ensuite sur ces courbes le gain des Lex (courbes violettes sur la mesure in vivo)

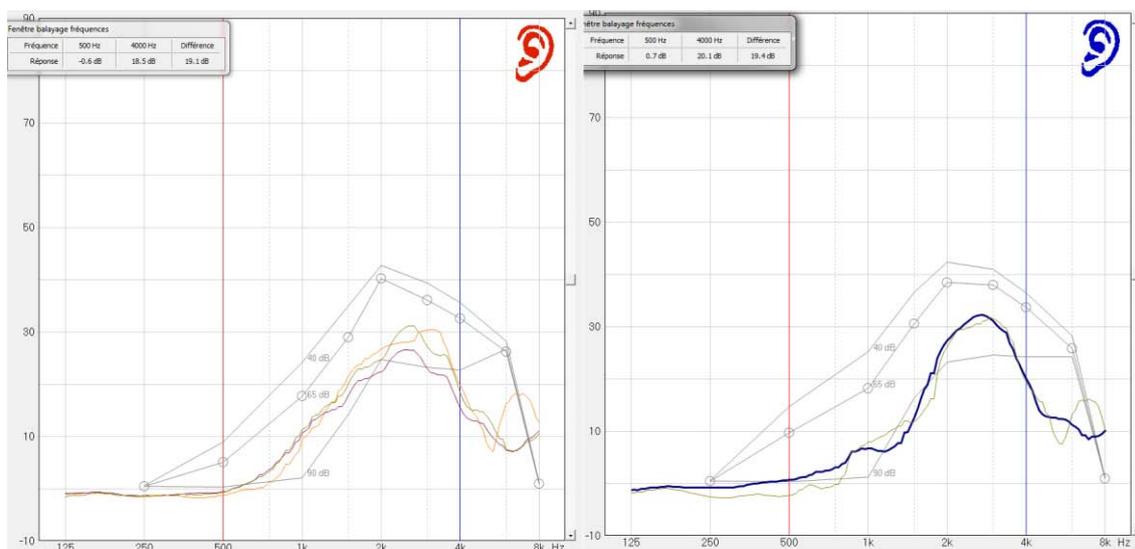


Figure 91 : Gain in vivo des deux paires d'appareils du sujet 4. Les courbes vertes représentent le gain des Alera 961, les courbes violette et bleue le gain des Lex pour un niveau d'entrée de 65 dB

Les résultats à l'épreuve de localisations spatiale sont les suivants :

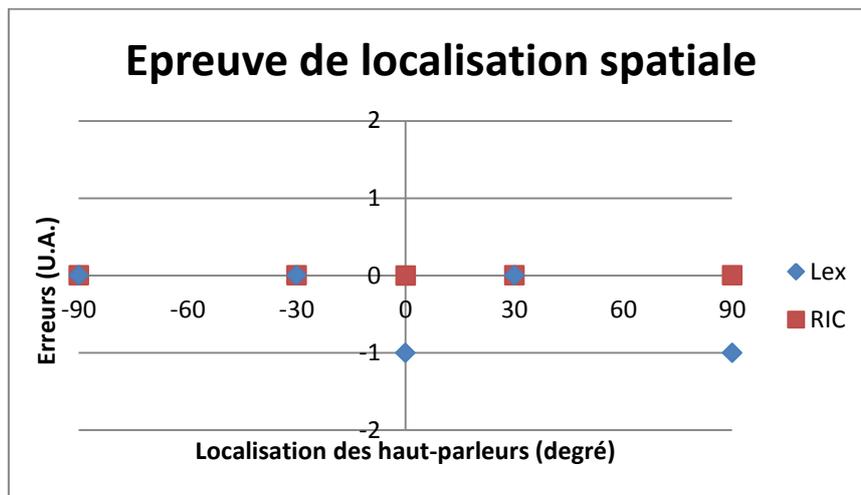


Figure 92 : Résultats du sujet 4 à l'épreuve de localisation spatiale

Nous notons 2 erreurs avec les Lex et aucune erreur avec les Alera 961.

Les résultats au test de compréhension dans le bruit sont les suivants :

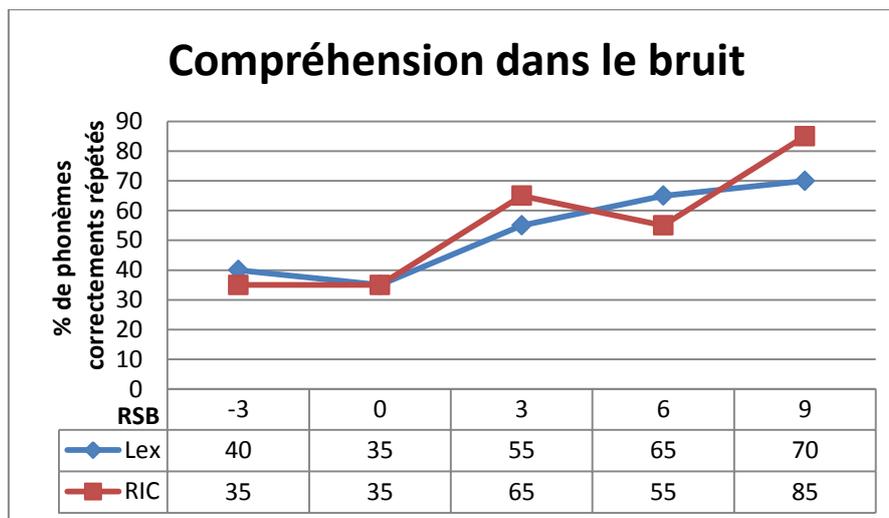


Figure 93 : Résultats du sujet 1 au test de compréhension dans le bruit

On ne remarque pas d'importantes différences dans les résultats obtenus avec les Lex ou les Alera 961. En moyenne les résultats sont légèrement meilleurs avec les Alera 961 (de 2%). Cette différence n'est pas suffisamment importante pour être significative à ce niveau.

A la fin des tests nous interrogeons le sujet sur ses impressions. Le sujet 4 ne se sent pas plus à l'aise avec l'une au l'autre paire d'appareils.

5. Cas pratique n°5

Le patient numéro 5 est âgé de 56 ans et est de sexe masculin. Le sujet ne porte pas d'appareils auditifs.

Sa perte auditive moyenne est de 38,7 dB à gauche et 43,7 dB à droite. La perte est relativement symétrique à prédominance sur les hautes fréquences.

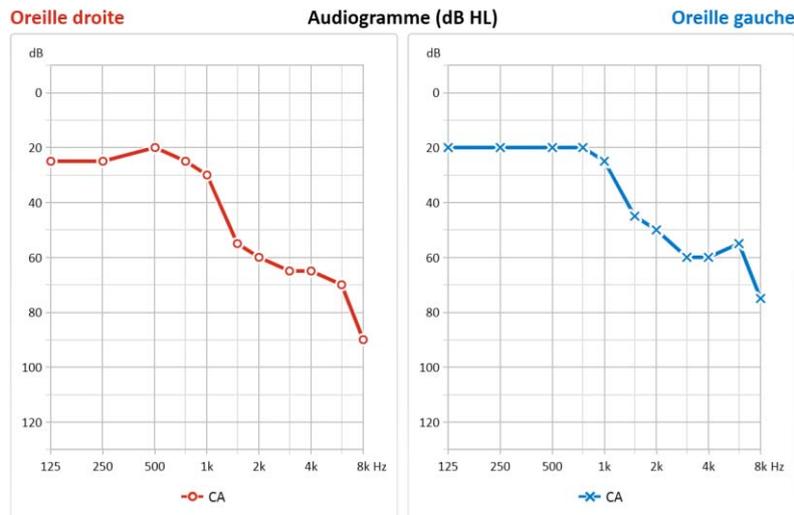


Figure 94 : perte auditive du sujet 5 (intensité (dB HL) en fonction de la fréquence (Hz))

Après réglages des deux paires d'appareils, la mesure in vivo nous à permise de constater le gain réel apporté en sorti des appareils.

Pour le réglage des appareils du sujet 5 nous avons dans un premier temps réglé les Lex 8 (courbes orange et bleu sur la mesure in vivo) pour ajuster ensuite sur ces courbes le gain des Alera 961 (courbes violettes sur la mesure in vivo)

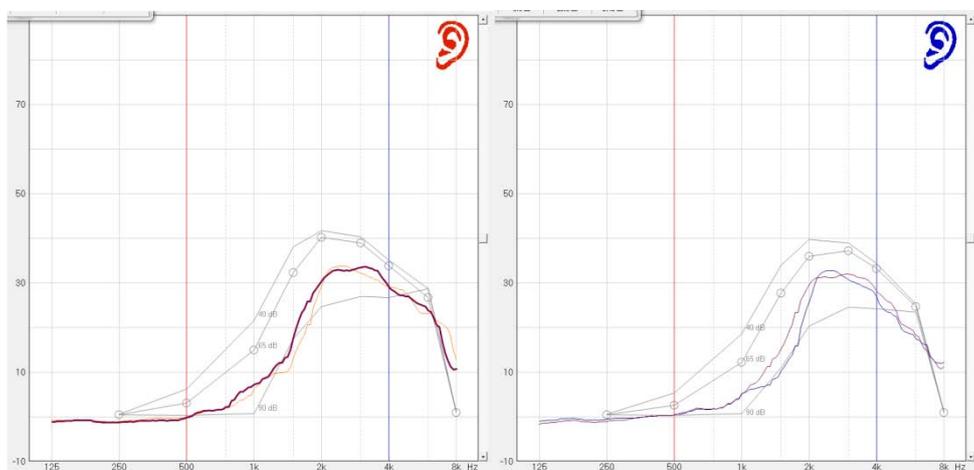


Figure 95 : Gain in vivo des deux paires d'appareils du sujet 5. Les courbes oranges et bleu représentent le gain des Lex 8, les courbes violettes le gain des Alera 961 pour un niveau d'entrée de 65 dB

Les résultats à l'épreuve de localisations spatiales sont les suivants :

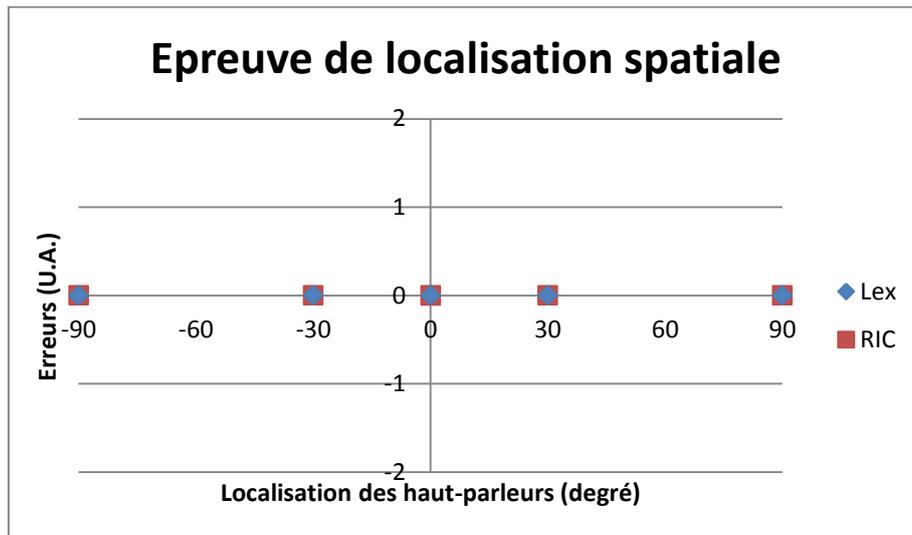


Figure 96 : Résultats du sujet 5 à l'épreuve de localisation spatiale

Nous ne notons aucune erreur.

Les résultats au test de compréhension dans le bruit sont les suivants :

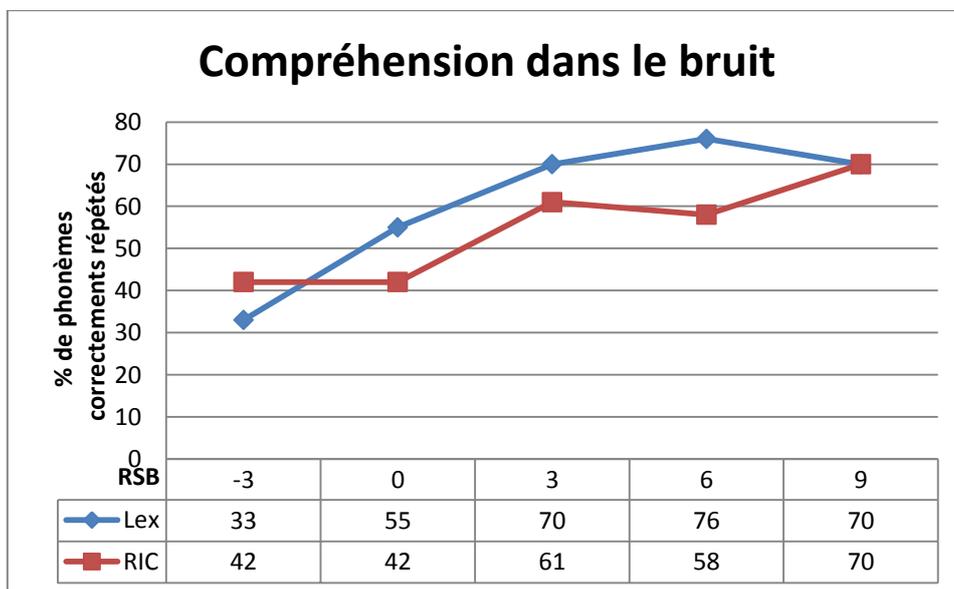


Figure 97 : Résultats du sujet 5 au test de compréhension dans le bruit

Nous constatons que les résultats obtenus avec les appareils à microphones externe sont meilleurs pour quasiment tous les rapports signal bruit (excepté le rapport -3 dB). En moyenne les résultats sont meilleurs de 6,2% avec les Lex.

A la fin des tests nous interrogeons le sujet sur ses impressions. Celui-ci n'a pas de préférences.

6. Cas pratique n°6

Le patient numéro 6 est âgé de 56 ans et est de sexe masculin. Le sujet porte habituellement des contours à écouteurs déportés d'une autre marque. Sa perte auditive moyenne est de 46,2 dB à gauche comme à droite. La perte est symétrique à prédominance sur les hautes fréquences.

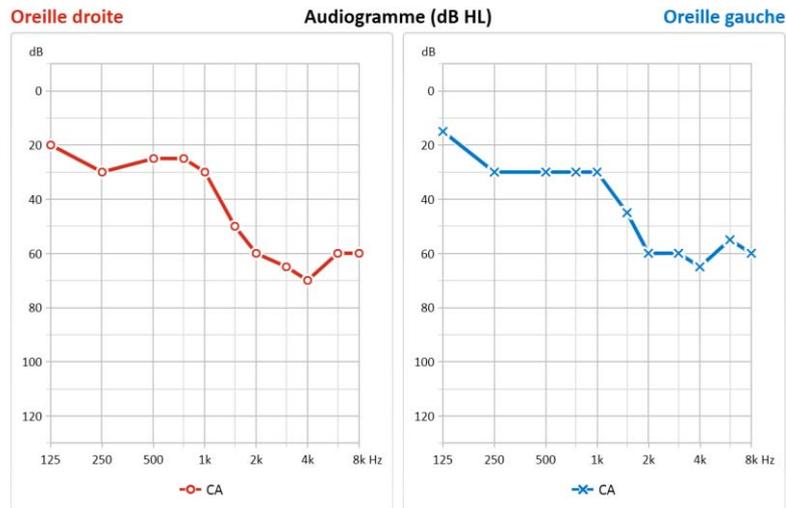


Figure 98 : Perte auditive du sujet 6 (intensité (dB HL) en fonction de la fréquence (Hz))

Après réglages des deux paires d'appareils, la mesure in vivo nous a permis de constater le gain réel apporté en sorti des appareils.

Pour le réglage des appareils du sujet 1 nous avons dans un premier temps réglé les Lex (courbes orange et bleu sur la mesure in vivo) pour ajuster ensuite sur ces courbes le gain des Alera 961 (courbes violettes sur la mesure in vivo)

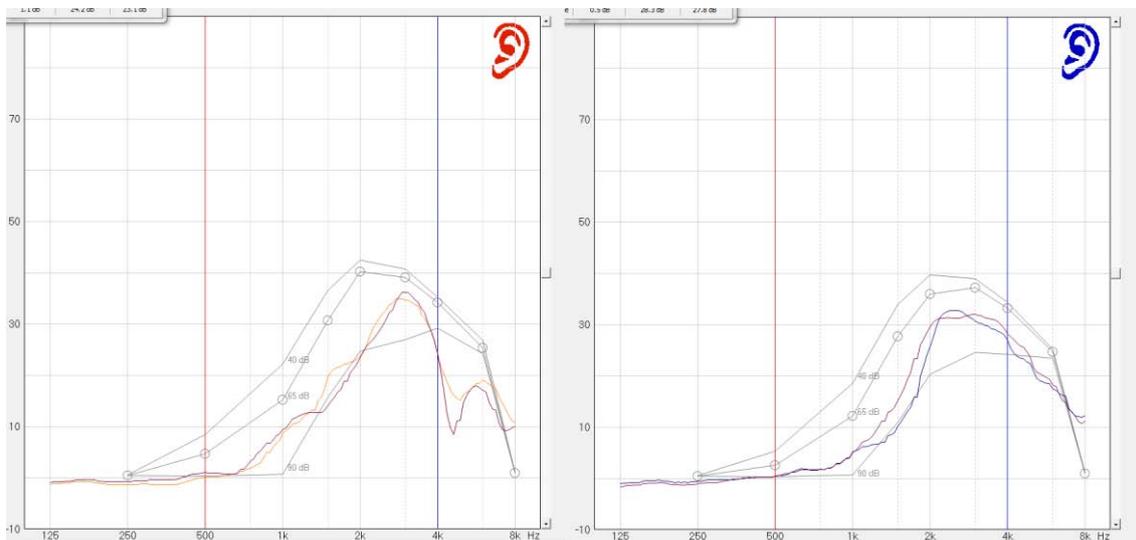


Figure 99 : Gain in vivo des deux paires d'appareils du sujet 6. Les courbes oranges et bleu représentent le gain des Lex 8, les courbes violettes le gain des Alera 961 pour un niveau d'entrée de 65 dB

Les résultats à l'épreuve de localisations spatiales sont les suivants :

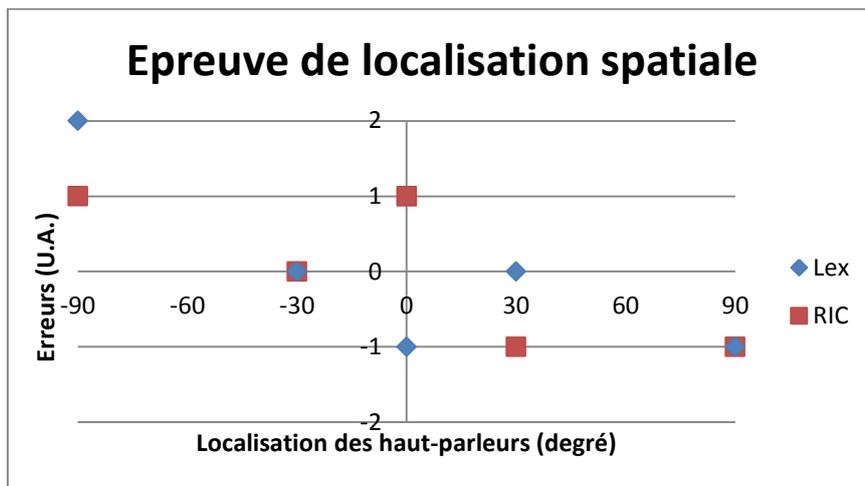


Figure 100 : Résultats du sujet 6 à l'épreuve de localisation spatiale

Nous notons 4 erreurs avec les Lex et 4 erreurs avec les Alera 961.

Les résultats au test de compréhension dans le bruit sont les suivants :

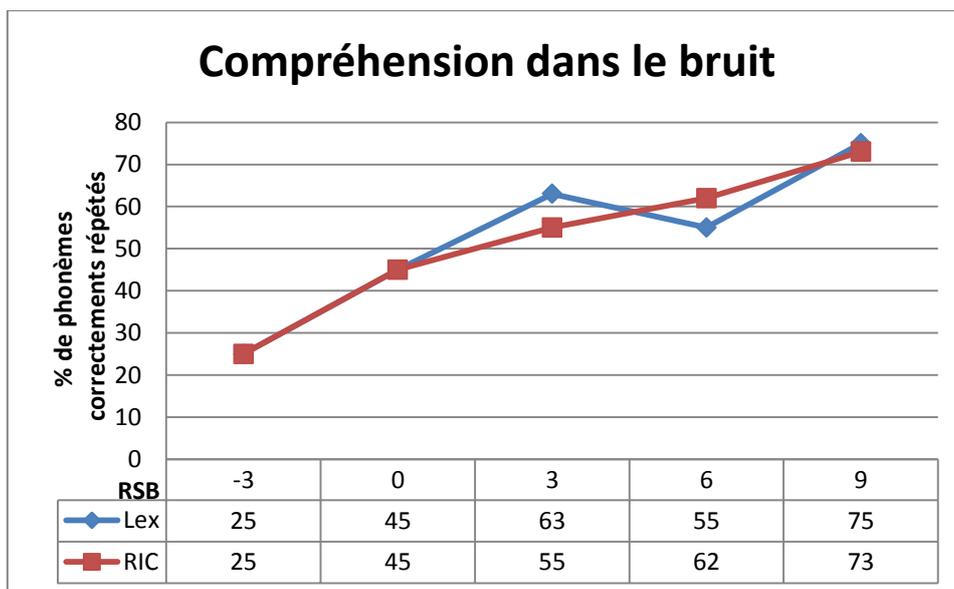


Figure 101 : Résultats du sujet 6 au test de compréhension dans le bruit

Nous ne notons pas de différences remarquables au test de compréhension dans le bruit. En moyenne le sujet 6 a de meilleurs résultats avec les Lex mais cette différence est minime puisque ces résultats ne sont meilleurs que d'un pourcent.

A la fin des tests nous interrogeons le sujet sur ses impressions. Au niveau du confort le sujet 6 est plus à l'aise avec les contours à écouteurs déportés car son oreille est moins bouchée qu'avec la seconde paire d'appareils.

Néanmoins, au niveau du son, le sujet n°6 note un son plus naturel avec les Lex 8.

7. Cas pratique n°7

Le patient numéro 7 est âgé de 73 ans et est de sexe masculin. Le sujet porte habituellement des mini contours classiques à tube fin d'une autre marque. Sa perte auditive moyenne est de 33,7 dB à gauche et 28,7 dB à droite. La perte est symétrique à prédominance sur les hautes fréquences.

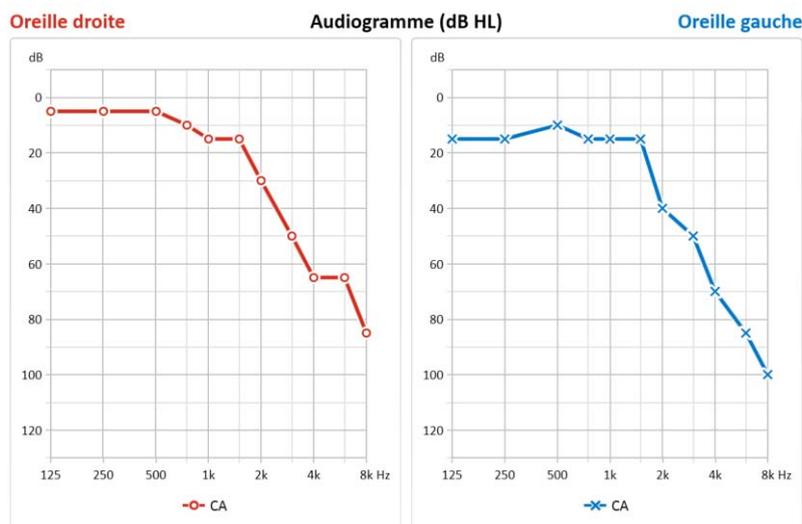


Figure 102 : Perte auditive du sujet 7 (intensité (dB HL) en fonction de la fréquence (Hz))

Après réglages des deux paires d'appareils, la mesure in vivo nous a permis de constater le gain réel apporté en sorti des appareils.

Pour le réglage des appareils du sujet 1 nous avons dans un premier temps réglé les Alera 961 (courbes orange et bleu sur la mesure in vivo) pour ajuster ensuite sur ces courbes le gain des Lex (courbes violettes sur la mesure in vivo)

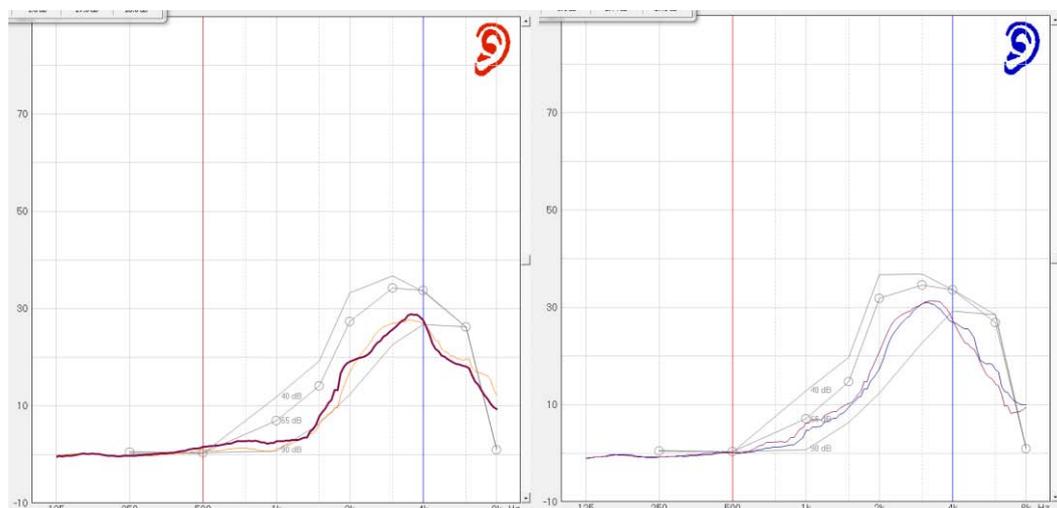


Figure 103 : Gain in vivo des deux paires d'appareils du sujet 7. Les courbes oranges et bleu représentent le gain des Alera 961, les courbes violettes le gain des Lex pour un niveau d'entrée de 65 dB

Les résultats à l'épreuve de localisations spatiale sont les suivants :

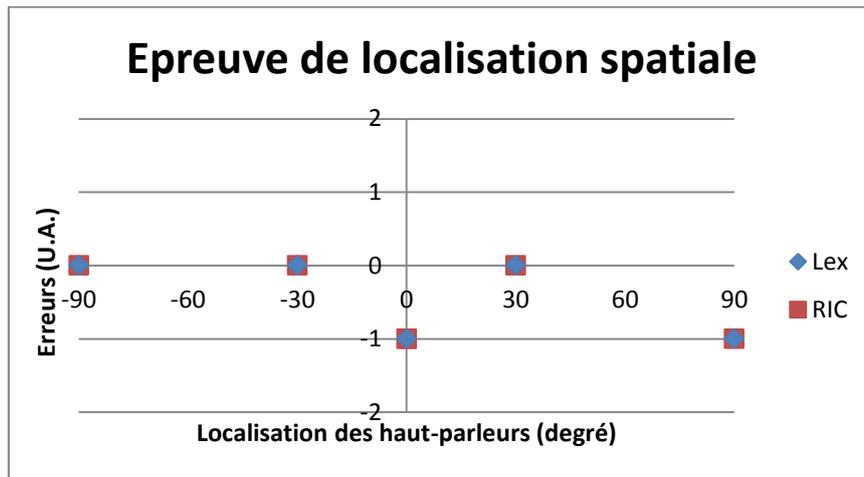


Figure 104 : Résultats du sujet 7 à l'épreuve de localisation spatiale

Nous notons 2 erreurs avec les Lex et 2 erreurs avec les Alera 961.

Les résultats au test de compréhension dans le bruit sont les suivants :

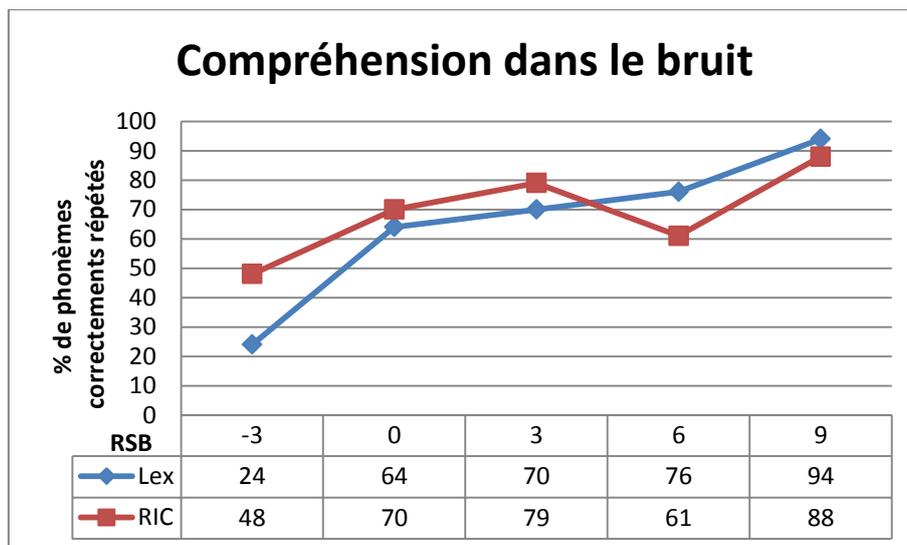


Figure 105 : Résultats du sujet 7 au test de compréhension dans le bruit

Nous constatons que pour les rapports signal bruit de -3dB, 0dB et 3dB les résultats avec les Alera 961 sont meilleurs (en moyenne sur ces trois rapports signal/bruit de 13%). Pour les rapports signal bruit de 6dB et 9 dB ce sont les résultats obtenus avec les Lex 8 qui sont meilleurs (en moyenne de 10,5%) Sur tous les rapports signal/bruit ce sont les résultats obtenus avec les Alera 961 sont meilleurs de 3,6%

A la fin des tests nous interrogeons le sujet sur ces impressions Le sujet n'a pas de préférence sur les appareils testés.

8. Cas pratiques n°8

Le patient numéro 8 est âgé de 69 ans et est de sexe féminin. Le sujet porte habituellement des contours à écouteurs déportés d'une autre marque.

Sa perte auditive moyenne est de 28,7 dB à gauche et 46,20 dB à droite. La perte est prédominante à droite et sur les hautes fréquences (à droite comme à gauche).

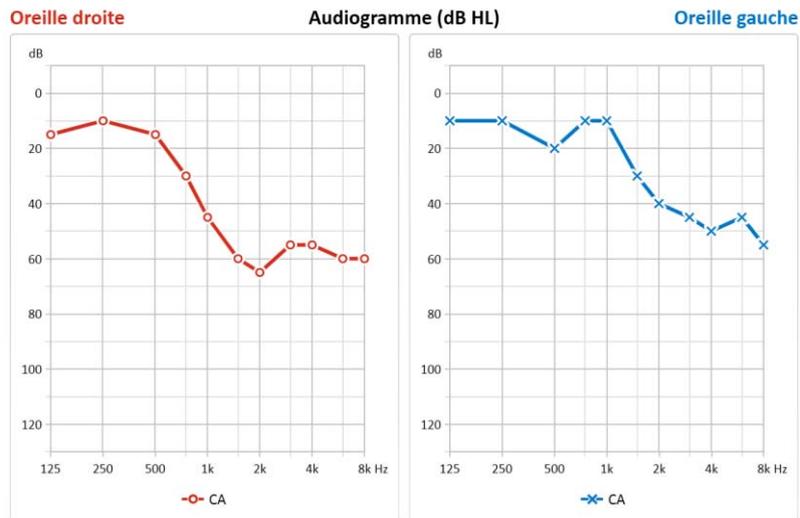


Figure 106 : Perte auditive du sujet 1 (intensité (dB HL) en fonction de la fréquence (Hz))

Après réglages des deux paires d'appareils, la mesure in vivo nous a permis de constater le gain réel apporté en sorti des appareils.

Pour le réglage des appareils du sujet 1 nous avons dans un premier temps réglé les Lex 8 (courbes orange et bleu sur la mesure in vivo) pour ajuster ensuite sur ces courbes le gain des Alera 961 (courbes violettes sur la mesure in vivo)

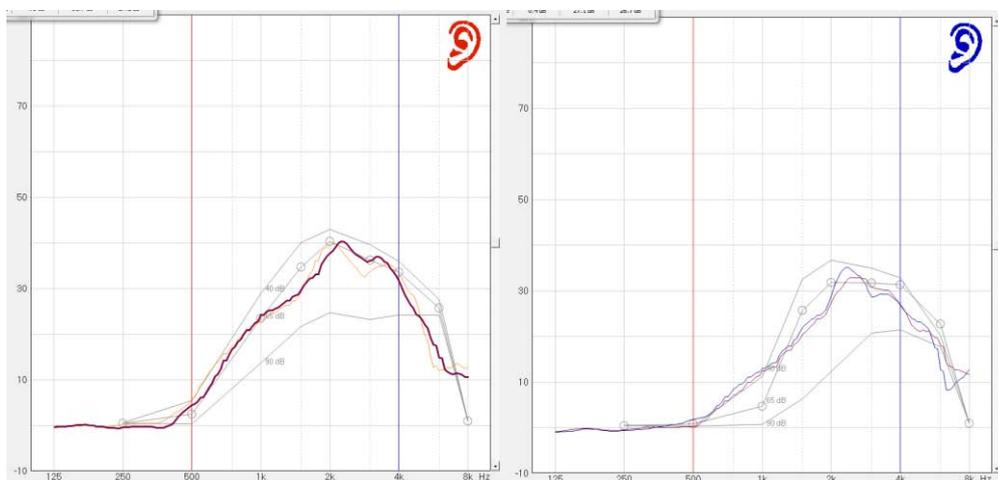


Figure 107 : Gain in vivo des deux paires d'appareils du sujet 8. Les courbes oranges et bleu représentent le gain des Lex 8, les courbes violettes le gain des Alera 961 pour un niveau d'entrée de 65 dB

Les résultats à l'épreuve de localisations spatiale sont les suivants :

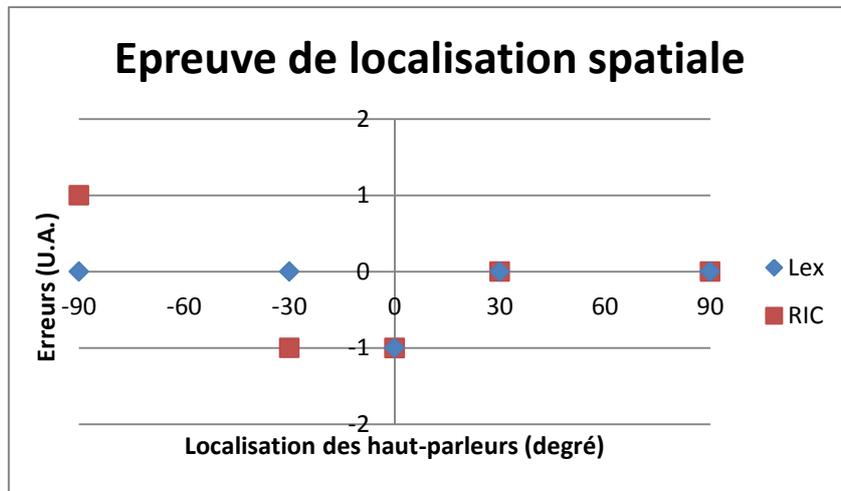


Figure 108 : Résultats du sujet 8 à l'épreuve de localisation spatiale

Nous notons une erreur avec les Lex et 3 erreurs avec les Alera 961.

Les résultats au test de compréhension dans le bruit sont les suivants :

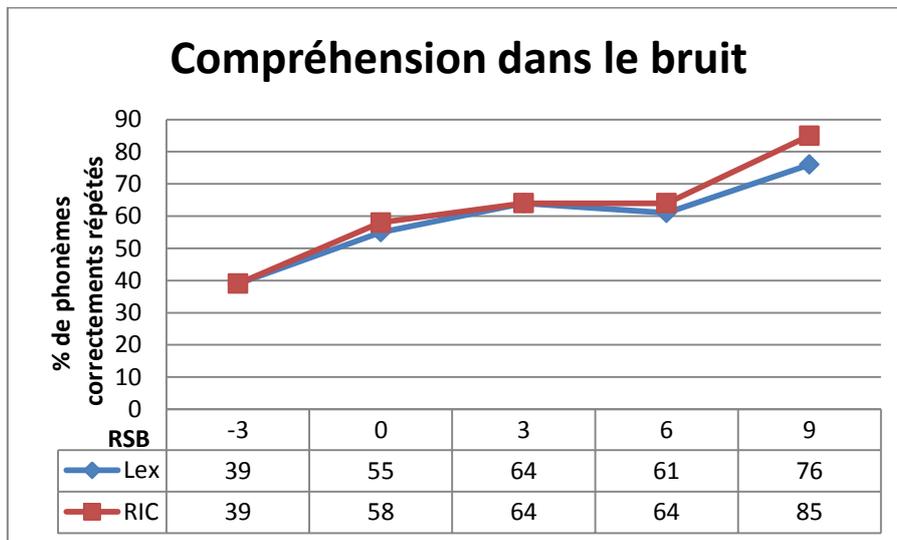


Figure 109 : Résultats du sujet 8 au test de compréhension dans le bruit

Nous ne notons pas de différence importante même si les résultats obtenus avec les Alera 961 sont légèrement supérieurs pour les rapports signal/bruit 0 dB, 6 dB et 9 dB. Après calcul, nous constatons que les résultats obtenus avec les contours à écouteurs déportés sont meilleurs en moyenne de 3%.

A la fin des tests nous interrogeons le sujet sur ses impressions. Le sujet 8 ne constate pas de différence avec l'un ou l'autre type d'appareil.

E. Interprétation

1. Interprétation des résultats au test de localisation sonore

Les résultats au test de localisation sont les suivants :

	nombres d'erreurs	
	avec l'Alera 961	avec le Lex
sujet 1	2	2
sujet 2	2	2
sujet 3	1	2
sujet 4	0	2
sujet 5	0	0
sujet 6	4	4
sujet 7	2	2
sujet 8	3	1
total	14	15
total (sujets non appareillés)	5	6
total (sujet appareillés)	9	9

Figure 110 : Résultats au test de localisation.

(Les résultats des sujets non appareillés sont en gris clair alors que ceux des sujets appareillés sont notés en gris foncé.)

Si nous moyennons les résultats obtenus nous obtenons à l'épreuve de localisation un total de quatorze fautes avec les Alera 961 et un total de quinze fautes avec les Lex 8. Cette différence n'est pas significative.

Si nous observons séparément les résultats obtenus par les sujets habituellement appareillés en contours d'oreille et les résultats obtenus par les sujets non appareillés nous constatons que les sujets non appareillés ont commis cinq fautes avec les Alera 961 pour six fautes avec les Lex. En ce qui concerne les résultats obtenus par les sujets appareillés en contours d'oreille, nous constatons que le même nombre de faute a été commis avec les deux types d'appareil, c'est-à-dire neuf fautes.

Nous remarquons que les sujets appareillés font plus d'erreurs que les sujets non appareillés, alors que nous aurions pu nous attendre au contraire, surtout concernant les résultats obtenus avec les contours d'oreille.

En effet, les sujets appareillés devraient être habitués à ce mode de captation puisqu'ils l'exploitent en permanence lors du port de leurs appareils respectif.

D'après cette épreuve nous ne pouvons pas conclure qu'il y ai une différence notable de perception et de localisation du son entre les deux types d'appareils.

Néanmoins nous constatons qu'une différence plus importante existe entre les porteurs d'appareils et les non-initiés. Indépendamment du type d'appareils, les sujets non appareillés sont un peu plus performants à la localisation sonore que les sujets appareillés.

2. Interprétation des résultats au test de compréhension dans le bruit

Lorsque nous moyennons les résultats obtenus au test de compréhension dans le bruit nous obtenons le graphique suivant.

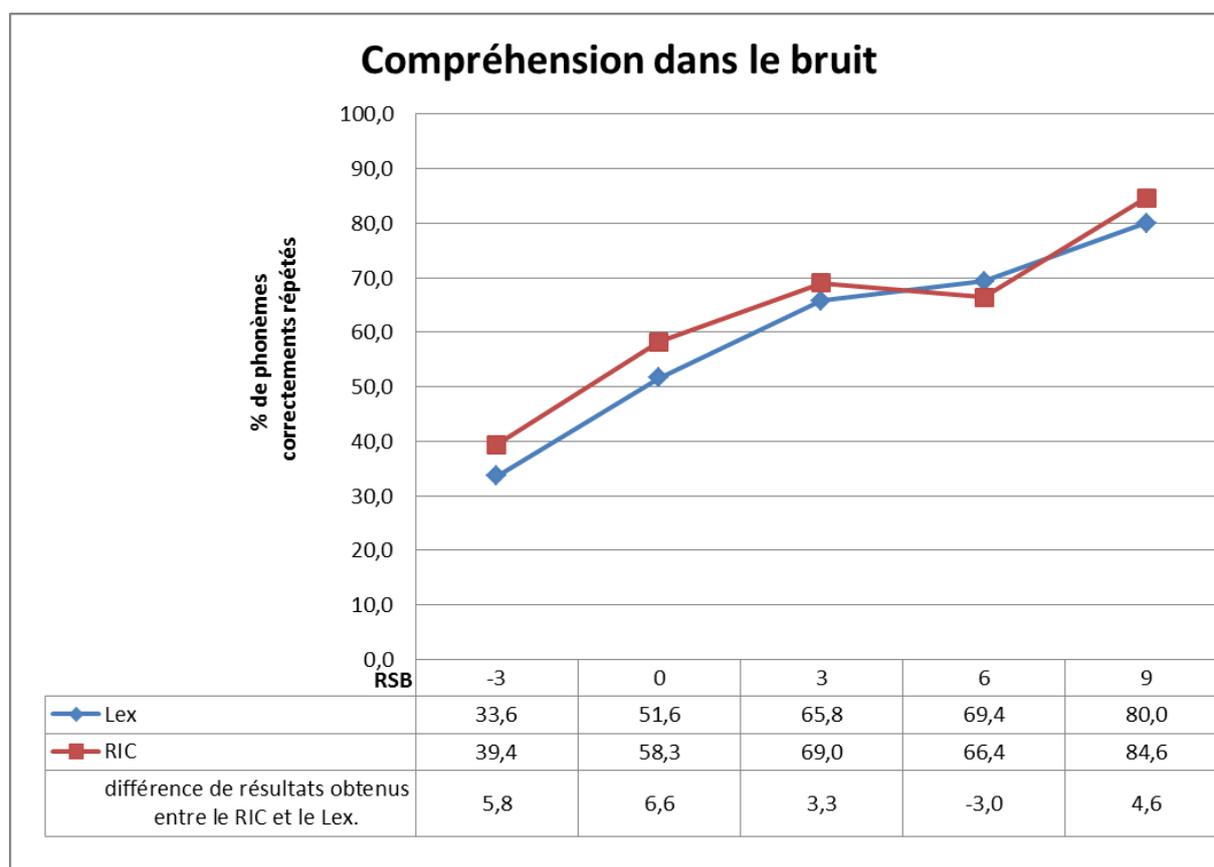


Figure 111 : Résultats moyennés au test de compréhension dans le bruit

Nous constatons qu'en moyenne les résultats obtenus avec l'Alera 961 sont meilleurs pour les rapports signal bruit -3, 0, 3, et 9.

Pour le rapport signal bruit 0dB la différence est de 6,6%. Pour le rapport signal bruit -3dB la différence est de 5,8%. Pour le rapport signal bruit 3 dB la différence est de 3,3%. Pour le rapport signal bruit 6dB la différence est de -3,0%. Pour le rapport signal bruit 9dB la différence est de 4,6%.

Ainsi nous observons que pour des rapports signal bruit compris entre 3 et 9 dB, c'est-à-dire quand le bruit est moins fort que la parole, que les résultats obtenus avec les Lex et les Alera 961 sont assez proches.

Si le bruit masquant est plus fort ou à égale intensité avec la parole, le pourcentage de phonèmes correctement répétés est supérieur avec les Alera 961 de plus de 5,8%.

En séparant les résultats obtenus par les sujets appareillés et non appareillés nous obtenons le graphique suivant.

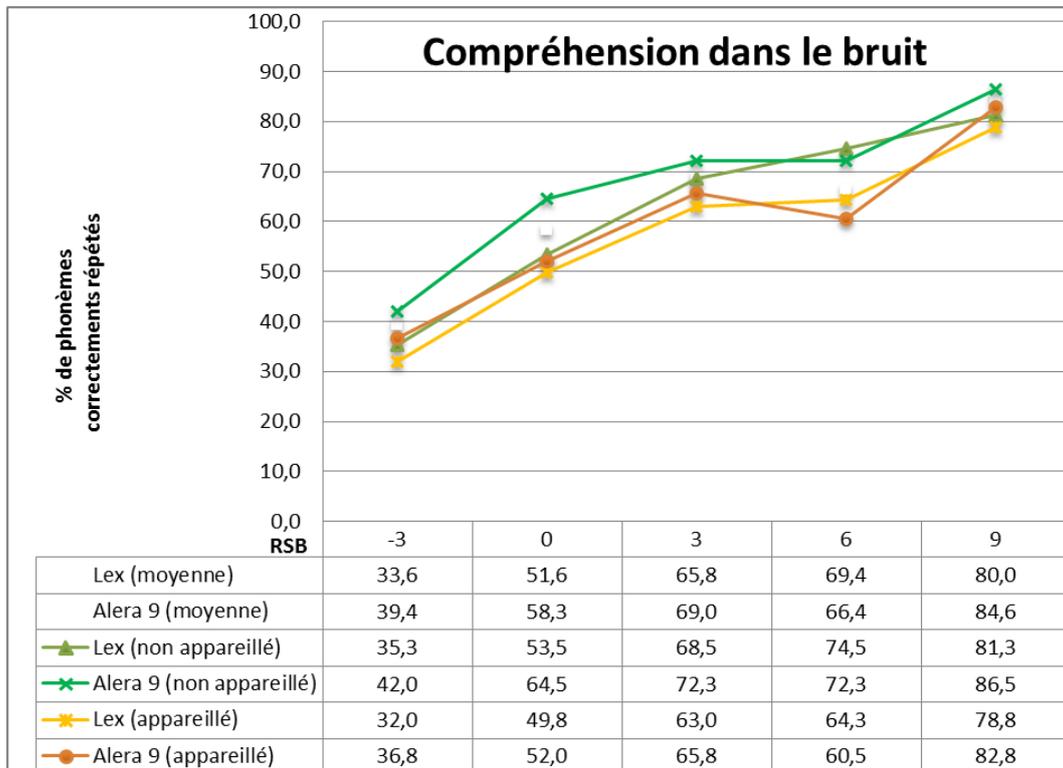


Figure 112 : Résultats au test de compréhension dans le bruit

A l'aide de ces courbes nous remarquons plusieurs choses :

- Les résultats obtenus par les sujets non appareillés sont meilleurs que ceux obtenus par les sujets appareillés,
- Pour les sujets non appareillés, la différence de résultats obtenus au test de compréhension avec les Alera et les Lex est beaucoup plus marquée que chez les sujets appareillés. En effet, les sujets non appareillés obtiennent respectivement pour les rapports signal bruit -3, 0, 3, 6 et 9 dB une différence de résultats entre l'Alera 961 et le Lex de 6,7%, 11%, 3,8%, -2,2% et 5,2%. Parallèlement les sujets appareillés obtiennent respectivement pour les rapports signal bruit cité ci-avant une différence de résultats entre l'Alera 961 et le Lex de 4,8%, 2,2%, 2,8%, -3,8%, et 4%,
- Comme nous l'avons dit plus haut, les sujets obtiennent en moyenne de meilleurs résultats avec les appareils contours à écouteurs déportés (sauf pour le rapport signal/bruit de 6 dB),

En conclusion, il semblerait que les appareils de types contours à écouteurs déportés et les appareils à microphone externe aient des performances équivalentes en ce qui concerne la localisation d'un son, et que les appareils de type contours à écouteurs déportés soient légèrement plus performants que le Lex en ce qui concerne la compréhension dans le bruit.

Conclusions

Les résultats de notre étude objective menée dans le cadre de ce mémoire ont montrés qu'il existait bien une différence dans la captation du son selon l'emplacement du microphone. Nous avons ainsi remarqué que :

- Cette différence se fait principalement sur les hautes fréquences qui sont sur-amplifiées lorsque le microphone est placé dans la conque ou à l'entrée du conduit auditif, ce qui n'est pas le cas lorsque le microphone est placé au-dessus du pavillon.
- Le pavillon a naturellement tendance à favoriser la captation des sons provenant de 90 degrés par rapport à l'oreille. C'est avec un microphone placé à l'entrée du conduit, comme celui d'un intra-auriculaire que nous pouvons au mieux exploiter l'effet pavillonnaire. Avec un microphone placé dans la conque cet effet pavillonnaire est en partie exploité, même si la directivité est modifiée. En effet, la captation du son est meilleure pour les sons provenant essentiellement de 45 degrés par rapport à l'oreille. Avec un placement microphonique au-dessus du pavillon, l'effet de directivité créé par la forme du pavillon est inexploité. Dans ce cas, seul l'effet ombre de la tête et du corps est utilisé pour localiser une source sonore.

Néanmoins ces mesures ont été effectuées avec un microphone omnidirectionnel. Ce type de microphone n'est pas représentatif des capacités d'un réseau à double microphone utilisé sur les aides auditives de type contours qui permet la création d'une directivité dans la captation du son.

Cette étude nous a permis de constater que selon l'emplacement du microphone et la provenance du signal celui-ci voyait sa composition en fréquence et en intensité varier ; mais cela ne nous permet pas de conclure sur les performances microphoniques des aides auditives

Ainsi une étude subjective nous a permis de comparer les performances que pouvait offrir un appareil auditif dont le seul microphone est placé dans la conque supérieure et un appareil auditif dont le réseau double microphone est placé au-dessus du pavillon.

Nous avons pu constater qu'en ce qui concerne la localisation d'une source sonore les performances de l'un et l'autre type d'appareil étaient égales.

Mais en ce qui concerne la compréhension dans le bruit, la directivité fixe créée à l'aide du double microphone donne de meilleurs résultats, même si la différence

dans les résultats obtenus reste minime. Il semblerait que les performances du Lex, avec son unique microphone positionné dans la conque, se rapprochent des performances offertes par l'Alera 961 et la directivité de ce type d'appareil.

Ainsi le Lex peut être une solution d'appareillage pour les personnes à la recherche d'une aide auditive plus pratique ou esthétique qu'un contour d'oreille, tout en se rapprochant des performances de ce dernier.

Bibliographie

[1] : P. Gallet, Cours d'audiologie, Bases anatomiques en ORL, D.E. d'Audioprothésiste 1^{ère} année, Faculté de Pharmacie de Nancy, 2011

[2] : P. Campo, Cours d'audiologie, physiologie de l'audition, D.E. d'Audioprothésiste 1^{ère} année, Faculté de Pharmacie de Nancy, 2011

[3] : C. Parietti, Cours d'audiologie, L'oreille interne, D.E. d'Audioprothésiste 1^{ère} année, Faculté de Pharmacie de Nancy, 2011

[4] : site internet : <http://eternelleaudition.fr/oreille-humaine-appareils-auditifs.php>
Site professionnel d'un audioprothésiste.

[5] : site internet : <http://www.vulgaris-medical.com/encyclopedie-medicale/osselet>
Dictionnaire médical vulgarisé.

[6] : site internet : <http://www.coursmedecine.com/anatomie/cours-anatomie/oreille-externe/>
Cours de médecine en ligne.

[7] : C. Rumeau, Cours d'audiologie, Anatomie et physiologie de l'oreille externe et de la membrane tympanique, D.E. d'Audioprothésiste 1^{ère} année, Faculté de Pharmacie de Nancy, 2011

[8] : F. Lucarelli, Cours d'électronique appliquée, Chap. 2 Les composants électroniques des aides auditives, D.E. d'Audioprothésiste 2^{ème} année, Faculté de Pharmacie de Nancy, 2012

[9] : Site internet : <http://www.phonak.com/fr/>
Site du fabricant d'aide auditive Phonak

[10] : Site internet : <http://www.oticon.fr/>
Site du fabricant d'aide auditive Oticon

[11] : Site internet : <http://hearing.siemens.com/fr/>
Site du fabricant d'aide auditive Siemens

[12] : Site internet : <http://www.phonakpro.com>
Site professionnel du fabricant d'aide auditive Phonak

[13] : Site internet : <http://www.hearingreview.com/2008/08/a-new-era-of-form-and-function/>

Revue scientifique en ligne concernant l'audition.

[14] : Site internet : <http://www.resound.com/professionals/>

Site professionnel du fabricant d'aide auditive GN Hearing.

[15] : A. Debes, Cours d'électronique appliquée, Chap. 7 Traitement du signal, D.E. d'Audioprothésiste 2^{ème} année, Faculté de Pharmacie de Nancy, 2012

[16] : J. Ducourneau, TP Physique, Etude de la directivité de microphones utilisés dans les aides auditives, D.E. d'Audioprothésiste 2^{ème} année, Faculté de Pharmacie de Nancy, 2012

[17] : Site internet : <http://www.audition-mazalrey.fr/25-les-microphones-directionnels>

Site sur le microphone directionnel et son fonctionnement.

[18] : J. Couespel, Cours d'électronique appliqué, Cours « Multi microphones », D.E. d'Audioprothésiste 2^{ème} année, Faculté de Pharmacie de Nancy, 2012

[19] : Site internet : <http://www.belton-hearing.com/Products/Hearing-aids/Beltone%20Promise>

Site du fabricant d'aide auditive Beltone

[20] : GN Hearing, Power point de présentation et de lancement du Lex, Cours fabricant, D.E. d'audioprothésiste 3^{ème} année, Faculté de Pharmacie de Nancy, 2014

[21] : GN Hearing, Fiche technique du Lex disponible sur le site : <http://www.fr.resound.ch/> et en Annexe 5.

[22] : Site internet : <http://www.fr.resound.ch/monde-professionnel/technologie-et-innovation/surround-sound/r%C3%A9ducteur-de-bruit>

[23] : Site internet : <http://annuaire-cdf.revues.org/307#tocto1n1>

Site de l'annuaire du collège de France, article sur la Localisation de la source sonore : traitement monaural et binaural du signal acoustique (2009)

[24] : A. Girault, TP d'Audioprothèse, Spatialisation, D.E. d'Audioprothésiste 2^{ème} année, Faculté de Pharmacie de Nancy, 2012

[25] : Site internet : <http://annuaire-cdf.revues.org/307#tocto1n1> paragraphe 51 : résumé d'une expérience menée sur des sujets portant sur l'étude de la fonction de transfert du pavillon et de l'encodage des données sonores.

[26] : Site internet : <http://www.lebatimentartisanal.com/nodes/lire/2734>
Site d'un particulier en visite à l'INRS de Nancy Brabois lors de portes ouvertes

[27] : Site internet : <http://www.bksv.fr/Products/transducers/ear-simulators/>
Site internet du fabricant de matériel de mesure Brüel & Kjaer

[28] : J. Ducourneau, Cours sur la propagation des ondes planes, D.E. d'Audioprothésiste 1^{ère} année, Faculté de Pharmacie de Nancy, 2011

[29] : J. Ducourneau, Cours sur le traitement du signal, D.E. d'Audioprothésiste 3^{ème} année, Faculté de Pharmacie de Nancy, 2014

[30] : Site internet : <http://www.legifrance.gouv.fr>

[31] : L. Dodele, Cours sur le test de compréhension dans le bruit, D.E. d'Audioprothésiste 3^{ème} année, Faculté de pharmacie de Nancy, 2014

[32] : Site internet : <http://www.audilo.com/piles-auditives/885-dome-ouvert-gn-hearing.html>

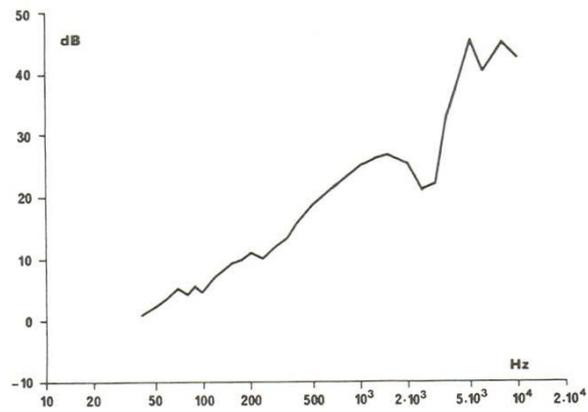
[33] : A. Girault, TP d'Audioprothèse, les mesures in vivo, D.E. d'Audioprothésiste 2^{ème} année, Faculté de Pharmacie de Nancy, 2012

[34] : GN Hearing, Notice d'emploi du Lex disponible sur ce site :
<http://www.fr.resound.ch>

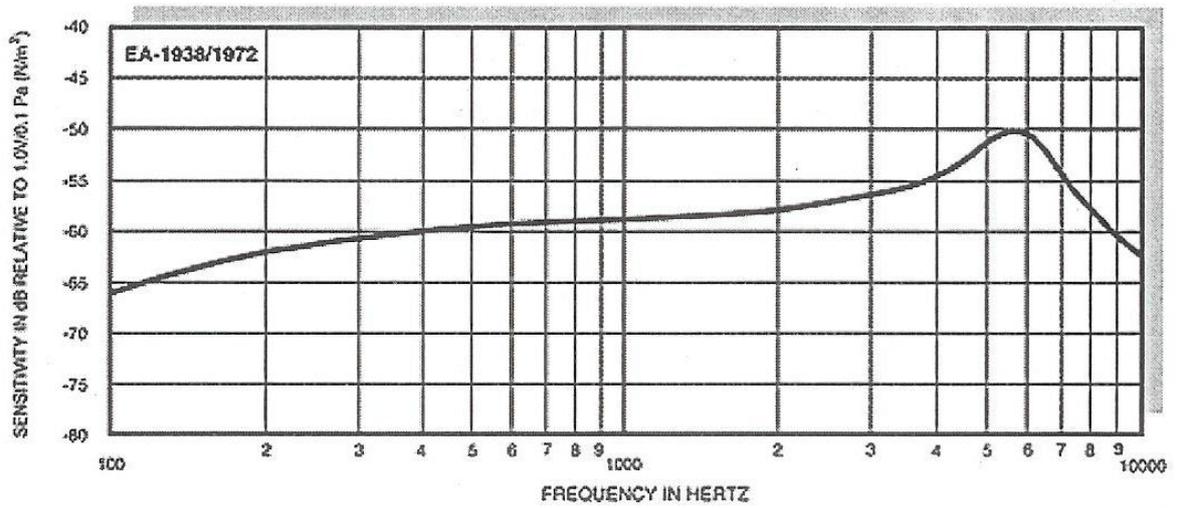
[35] : GN Hearing, interface de programmation, aide à la connexion d'appareils.

Annexes

Annexe 1 : Fonction de transfert de l'oreille moyenne du cobaye (intensité en dB en fonction de la fréquence en Hz)	86
Annexe 2 : courbe de réponse du microphone à électret (sensibilité en dB relatif en fonction de la fréquence en Hz)	86
Annexe 3 : Sensibilité des microphones aux vibrations	87
Annexe 4 : Schémas et principes de fonctionnement d'un microphone bidirectionnel et d'un microphone directionnel classique	88
Annexe 5 : Fiche technique du Lex.....	89
Annexe 6 : Texte de loi concernant l'insonorisation du local de l'audioprothésiste	90
Annexe 7 : Résultats numériques des mesures effectuées à l'INRS	90
Annexe 8 : Résultats graphiques des mesures effectuées à l'INRS.....	90



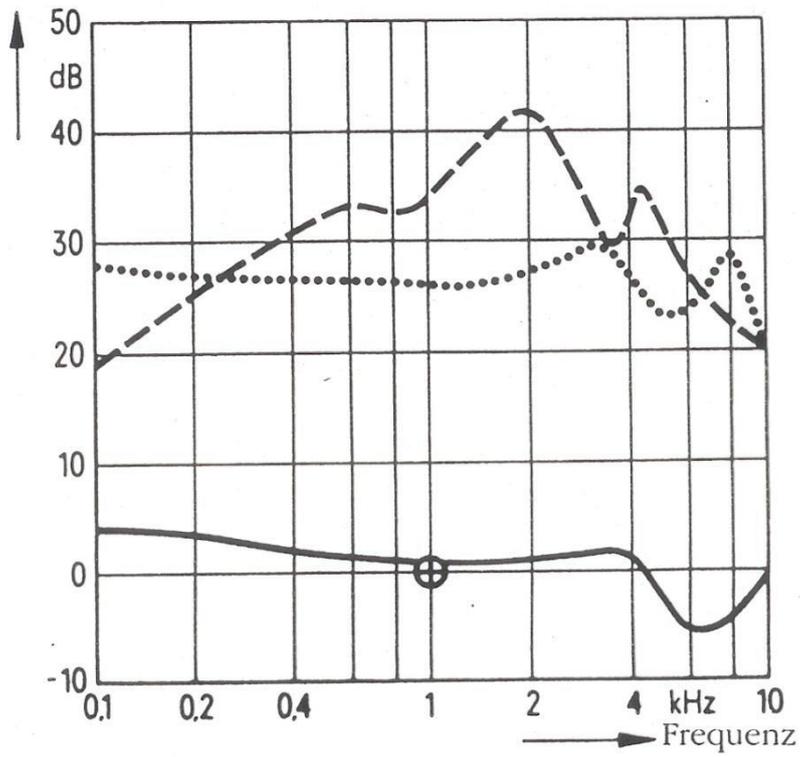
Annexe 1 : Fonction de transfert de l'oreille moyenne du cobaye (intensité en dB en fonction de la fréquence en Hz) [4]



00973/1000

Annexe 2 : courbe de réponse du microphone à électret (sensibilité en dB relatif en fonction de la fréquence en Hz) [8]

Niveau électrique (relatif)
pour 1g de vibration.



Type de transducteur

Magnétique

Céramique

Electret

Annexe 3 : Sensibilité des microphones aux vibrations [8]

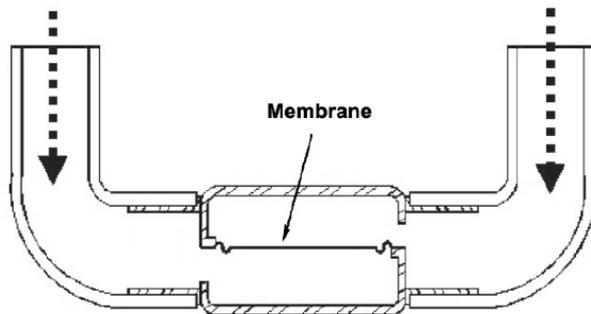
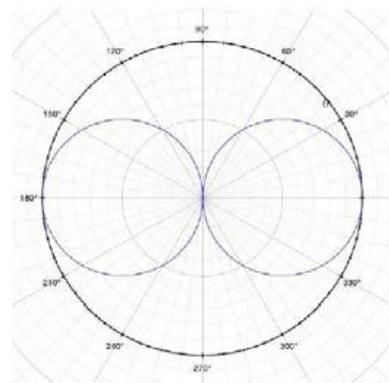


Schéma du principe du microphone bidirectionnel



Courbe polaire idéale d'un microphone bidirectionnel, dite en 8

Dans son principe de réalisation ce microphone comporte une membrane soumise sur deux faces aux variations locales de pression. Pour une source sonore située à égale distance des deux entrées du microphone, les deux pressions acoustiques sur les deux faces de la membrane se compensent, la sensibilité est donc nulle dans le plan médian. On appelle T_m le retard fixé par la distance entre les deux entrées des microphones.

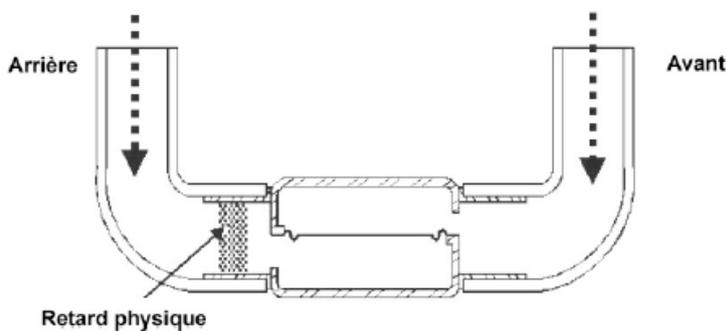
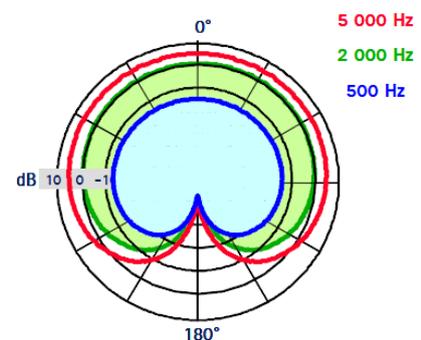


Schéma de principe d'un microphone directionnel classique



Courbe polaire cardioïde d'un microphone directionnel classique

Le principe du microphone directionnel classique est identique à celui du microphone bidirectionnel classique : une membrane sensible sur ces deux faces aux variations locales de pressions. Cependant l'ajout d'un filtre à retard, constitué par un matériau résistif poreux, et de durée idéalement identique pour toutes les fréquences, sur l'une des deux entrées (cf. figure ci-dessus), permet d'obtenir une courbe de directivité dite cardioïde. La durée de ce retard est choisie en fonction de la distance entre les deux entrées du microphone. On appelle T_r le retard physique.

Annexe 4 : Schémas et principes de fonctionnement d'un microphone bidirectionnel et d'un microphone directionnel classique [16]

ReSound Lex™



LX800-M, LX400-M

ReSound Lex™

Caractéristiques

- Protection hydrophobe iSolate™ nanotech
- Type de pile : 10A
- Marche/arrêt à l'aide du porte-pile
- Signal sonore indicateur de pile faible
- Couleur disponible : anthracite
- 4 tailles de tubes microphones disponibles
- Microphones et filtres HF3 facilement changeables

Programmation

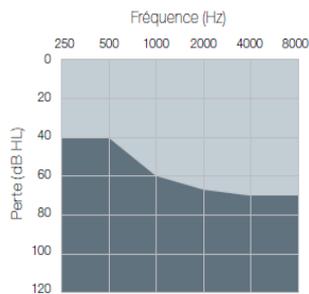
- Logiciel de programmation Aventa® 3 (version 3.5 ou supérieure)
- Programmation avec interface Speedlink, HI-PRO® ou NOAHLink® + flex pile spécifique

	ReSound Lex™	
	LX800-M	LX400-M
Processeur ReSound Range™	●	●
Surround Sound by ReSound		
Compression WARP – nombre de canaux	17	9
Anti Larsen DFS Ultra	●	●
Réducteur de bruit NoiseTracker II	●	○
Gains automatiques selon Environmental Optimizer II	●	
Fonction supplémentaire		
Datalogging Onboard Analyzer™ II	●	●
Protection		
Protection hydrophobe iSolate™ nanotech	●	●
Réglage		
Nombre de bandes réglables	7	6
Audiométrie intégrée	●	●
Programme entièrement flexible	●	●
Mise en marche différée SmartStart™	●	●

○ Standard

● Ultime

Domaine d'application



ReSound Lex™

Données techniques

		LX800-M, LX400-M		
		CEI 60118-0 CEI 711 Simulateur d'oreille	CEI 60118-7 Coupleur 2 cc	
Gain de référence (Pi=60 dB SPL)	1600 Hz/HFA	31	27	dB
Gain maximum (Pi=50 dB SPL)	Max. 1600 Hz/HFA	45 43	37 36	dB
Sortie maximum (Pi=90 dB SPL)	Max. 1600 Hz/HFA	116 112	106 104	dB SPL
Distorsion harmonique totale	800 Hz 1600 Hz	0,4 0,6	0,4 0,6	%
Bruit équivalent à l'entrée (réducteur de bruit désactivé)		23	22	dB SPL
Bande passante (DIN 45605)		170-5640	110-5480	Hz
Consommation		1,2	1,2	mA
Durée de vie moyenne de la pile (pile 10A)		76	73	heures

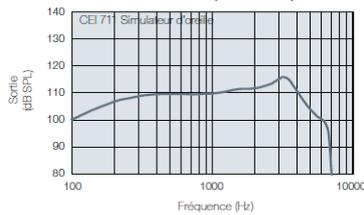
Mesures effectuées conformément aux recommandations des normes CEI 60118-0 et CEI 60118-7 à 1,3 V.

Brevets déposés.

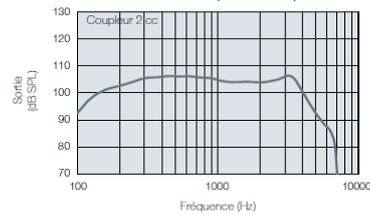
Informations susceptibles d'être modifiées sans préavis

17-982903-FF-13.03-Rev.A

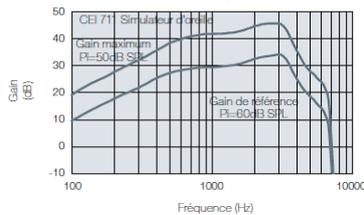
Sortie maximum (OSPL 90)



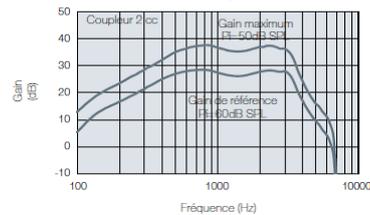
Sortie maximum (OSPL 90)



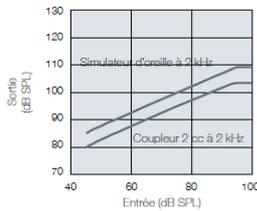
Gain maximum et gain de référence



Gain maximum et gain de référence



Courbes de transfert



LX-400 M

Réglages pour le gain maximum*

	250 Hz	500 Hz	1 kHz	2 kHz	4 kHz	6 kHz
G[80]	29	27	21	24	29	29
G[50]	38	38	38	41	37	37

Réglages pour le gain de référence selon CEI 118-0

	250 Hz	500 Hz	1 kHz	2 kHz	4 kHz	6 kHz
G[80]	22	20	14	17	22	22
G[50]	31	31	31	34	30	30

Réglages pour le gain de référence selon CEI 118-7

	250 Hz	500 Hz	1 kHz	2 kHz	4 kHz	6 kHz
G[80]	25	23	17	20	25	25
G[50]	34	34	34	37	33	33

LX-800 M

Réglages pour le gain maximum*

	250 Hz	500 Hz	1 kHz	2 kHz	3 kHz	4 kHz	6 kHz
G[80]	29	27	21	24	27	29	29
G[50]	38	38	38	41	40	37	37

Réglages pour le gain de référence selon CEI 118-0

	250 Hz	500 Hz	1 kHz	2 kHz	3 kHz	4 kHz	6 kHz
G[80]	22	20	14	17	20	22	22
G[50]	31	31	31	34	33	30	30

Réglages pour le gain de référence selon CEI 118-7

	250 Hz	500 Hz	1 kHz	2 kHz	3 kHz	4 kHz	6 kHz
G[80]	25	23	17	20	23	25	25
G[50]	34	34	34	37	36	33	33

*Réglages repris dans le logiciel Aventa. Tension : 1,3 V.

Article D4361-19

Modifié par [Décret n°2005-988 du 10 août 2005 - art. 1 JORF 13 août 2005](#)

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 n'excède pas 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.

Liens relatifs à cet article

Cité par:

[Code de la santé publique - art. D4361-20 \(M\)](#)

[Code de la santé publique - art. D4361-20 \(V\)](#)

Codifié par:

[Décret 2004-802 2004-07-29](#)

Anciens textes:

[Décret 85-590 1985-06-10 art. 1](#)

Annexe 6 : Texte de loi concernant l'insonorisation du local de l'audioprothésiste [30]

Annexe 7 : Résultats numériques des mesures effectuées à l'INRS

Plan 0°

Freq (1/3 oct)	5°			10°			20°			30°			40°		
	au dessus	conque sup.	conque inf.	conque sup.	conque inf.	conduit	au dessus	conque sup.	conque inf.	conque sup.	conque inf.	conduit	au dessus	conque sup.	conque inf.
100	44	45	45,2	44,1	45,2	45,5	44,3	46	46,6	46	44,6	46,6	44,6	47,2	47,2
125	50,2	50,7	51,8	50,3	50,9	51	50,6	51,3	51,5	52,4	51	51,8	52	52,2	52,2
160	50,5	50,8	51	50,8	51,2	53,6	51,1	51,6	51,6	54	51,3	52	51,5	52,3	54,5
200	56,8	57,1	57,4	57	57,4	57,6	57,3	57,7	57,9	57,9	57,6	58	58,2	58,2	58,4
250	58,9	59,5	59,8	59,2	59,8	60	59,5	60,2	60,4	60,4	59,9	60,6	60,8	60,9	61,1
315	62,4	62,9	63,1	62,6	63,2	63,4	63,1	63,6	63,8	63,7	63,4	64	64,2	64,3	64,4
400	64,5	65,4	65,8	64,8	65,9	66,1	65,4	66,4	66,6	66,7	65,9	66,8	67	67,2	67,5
500	68,1	69,2	69,6	68,5	69,7	70,3	69,2	70,4	70,6	71	70	71,2	71,7	71,5	72,2
630	71,6	72,9	73,2	72,3	73,5	73,7	73,4	74,5	74,6	75,3	74,2	75,3	75,4	75,9	76,6
800	74,1	75,1	76,1	74,9	75,8	76,5	76,2	76,7	77,4	77,1	77	77,5	77,7	78,1	78,4
1000	75,2	74,8	77,2	76,1	75,5	77,2	77,3	76,2	78	78,8	78	76,8	78,7	79,1	79,9
1250	77,3	78,4	79	77,9	78,9	79,2	78,8	79,6	79,9	79,6	79,6	80,3	80,6	80,9	80,9
1600	82,4	84,4	84,2	83,1	84,9	84,2	84,4	86,3	85,9	84,3	85,5	86,9	86,5	87,2	86,8
2000	87,1	91,1	90,4	88,3	92	91,9	89,9	93	92,8	92,2	90,9	93,6	92,2	93,8	92,9
2500	88,3	94,6	93,8	89	95,4	94,7	89,9	96,5	96,4	95,9	91	97,1	97	96,5	97
3150	89,5	100,9	101,2	90,8	101,7	101,8	92,5	102,3	102,3	101,2	93,9	102,5	102,5	102,7	101,9
4000	89,5	103,7	104,3	90,3	104,7	105,1	91,9	106	106,5	104,2	93,7	107	107,5	107,3	106,2
5000	92,9	105,1	105,9	94,2	105,9	106,8	96,3	107,4	108,5	107,4	97,3	108,6	109,6	107,7	108,5
6300	89,1	91,3	95	90,3	92,2	96,1	91,8	93,8	97,7	94,7	92,7	94,4	98,5	94,8	99
8000	86,6	85,1	90,7	88,1	86,4	87,1	89,8	87,1	92,8	89,3	91,3	87,8	93,5	91,4	93,7
10000	88,8	88,4	91,2	90,1	89,5	91,9	92,3	89,4	92,4	92,4	96,9	93,1	89,7	91,1	93,1
dBlin	98,6	108,8	109,5	99,8	109,6	110,4	108,6	101,5	110,9	111,7	109,9	112,6	110,9	112,1	111,7

Freq (1/3 oct)	50°			60°			70°			80°			85°		
	au dessus	conque sup.	conque inf.	conque sup.	conque inf.	conduit	au dessus	conque sup.	conque inf.	conque sup.	conque inf.	conduit	au dessus	conque sup.	conque inf.
100	44,9	46,9	47,5	45	46,5	47,3	45	45,7	46,6	47,4	45	45,5	44,8	45,2	47,2
125	51,4	52	52,1	51,5	51,9	52	51,5	51,7	51,8	53,1	51,4	51,5	51,5	51,5	53,2
160	51,8	52,2	52,3	52	52,3	54,7	52	52,1	52,1	54,7	51,9	51,9	52	51,8	54,4
200	58	58,2	58,4	58,1	58,3	58,6	58,1	58,2	58,3	58,5	58,1	58	57,8	57,9	58,4
250	60,6	61	61,2	60,8	61,2	61,4	60,9	61,1	61,2	61,4	60,8	61	60,8	60,7	61,2
315	64	64,4	64,5	64,2	64,5	64,6	64,4	64,6	64,6	64,8	64,6	64,7	64,6	64,6	64,8
400	66,8	67,4	67,6	67,3	67,8	67,8	67,3	68	68	68,3	67,7	67,9	67,4	67,8	68,2
500	71,2	71,9	72	71,7	72,3	72,3	72,9	72,5	72,4	73,1	71,9	72,3	72,2	72	72,7
630	75,6	76,3	76,3	76,1	76,7	76,6	76,2	76,8	76,6	77,5	76,3	76,6	76,5	76,5	77,2
800	78,2	78,4	79	78,6	78,6	79,2	78,9	78,8	79,3	79,1	79	78,8	79,3	78,7	79,2
1000	78,9	77,5	79,6	79,4	77,8	79,9	80,4	79,7	80,1	80,7	79,8	77,9	80	79,5	80,6
1250	81	81,1	81,4	81,4	81,2	81,4	81,4	81,6	81,2	83,4	81,5	81,3	81,6	80,8	81,1
1600	86,8	87,2	86,7	87,2	87	86,6	86,4	87,4	86,7	86,2	87,7	86,5	87,6	86,3	86
2000	92	93,5	92,7	92,3	92,9	91,9	92,1	92,4	92,1	91,2	91,6	90,3	90,9	91	89,8
2500	93	97,2	96,9	93,9	96,9	96,3	96,6	94,3	96,1	95,5	96	94,7	95,2	94,5	94,6
3150	96,4	102,4	101,8	96,8	101,4	100,8	100,9	97,3	99,6	99,2	97,8	98,1	98,4	97,2	96,8
4000	96,2	106,6	107	97,5	105,7	106,2	105,3	98,5	104,5	104,8	99,3	103,1	104,5	102,4	103,3
5000	97,4	108,4	109,6	96,9	108	109,4	109,4	97,2	107	109,4	98,1	106,6	109	106,3	108,7
6300	93,2	94,7	99,3	92,7	94,4	99,7	99,1	92,7	94,5	100,4	91,7	94,6	101	94,6	103,4
8000	92,2	88,2	94	91,6	88,7	94,7	98	90,8	89,2	95,7	99,8	89,7	89,2	89,1	101,8
10000	92,9	93,9	92	92,4	96,8	93,2	95,1	92,4	99,2	97,4	91,6	92,9	100,4	90,5	100,9
dBlin	103,8	111,6	112,5	104	111,2	112,1	112,1	104,4	110,3	111,6	112,1	111,3	109,7	112,3	111,7

Freq (1/3 oct)	5°			10°			20°			30°			40°			
	au dessus	conque sup.	conque inf.	conduit												
100	44	44	44,2	44,7	44,3	44,4	44,7	44,5	44,9	45,1	44,5	46	45	45,2	45,7	46,4
125	49,3	49,3	49,4	49,5	49,5	49,5	49,8	49,9	50	51,2	50,2	50,4	50,7	50,7	50,8	52,4
160	50,4	50,3	50	52,8	50,5	50,3	52,9	50,9	50,7	50,6	53,2	51	50,8	50,8	51,1	53,9
200	56,5	56,6	56,9	57	56,7	56,8	57	57,1	57	57,2	57,3	57,2	57,2	57,4	57,6	57,9
250	59,1	59,1	59,1	59,3	59,3	59,3	59,4	59,7	59,6	59,7	59,7	59,8	59,8	60,1	60,1	60,4
315	61,2	61,6	61,7	61,8	61,4	61,9	61,9	61,8	62,2	62,3	62,4	62,6	62,6	62,9	63	63,2
400	63,8	64	64,2	64,4	64,1	64,6	64,6	64,7	64,8	65	65,1	65,4	65,4	65,8	65,9	66,1
500	67	67,4	67,5	68	67,4	67,8	68,4	68,4	68,6	68,7	69,2	69,1	69,4	70,1	70,1	70,7
630	69,9	70,2	70,2	70,8	70,5	70,9	70,8	71,6	71,9	72,5	72,9	72,8	73,3	73,8	73,7	74,4
800	73,1	72,7	72,8	72,2	73,7	73,4	72,7	74,5	74,2	73,8	75,1	74,9	75,1	75,6	75,8	75,4
1000	74,1	73,5	74,8	75,8	74,6	73,9	75,2	75,9	74,4	76,8	75,9	74,9	76,4	75,2	76,8	77,7
1250	78,5	79,1	78,9	78,9	79,1	79,6	79,4	80,1	80,3	80,1	80	80,7	80,8	81,3	81	80,8
1600	82	84,5	84,6	84,2	82,7	85,3	85,4	84,9	86,5	86,6	86,2	85,2	87,5	88,1	87,9	87,6
2000	85,5	88,2	88	87,7	86,3	88,8	88,6	88,2	87,4	89,4	88,8	88,1	89,8	90,5	90,7	90,3
2500	88,1	92,2	91,5	91,2	88,9	92,8	92,1	91,8	90,3	93,7	92,7	91,5	94,4	94,7	93,5	93,5
3150	92	98,9	99,5	98,7	93	99,6	100,2	99,4	94,5	100,8	101,4	100,6	95,3	102	102,9	103,2
4000	94	100	101,3	99,9	94,9	101,3	102,5	101,1	96,1	103,1	102,9	96,9	103,9	97,7	103,8	103,9
5000	97,3	100,9	103,7	101,7	98,3	102,2	104,8	102,9	99,8	103,6	106	104,5	101	104,4	105,6	107,6
6300	89,8	86,5	94,1	92,7	90,9	87,4	95	93,9	92,5	88,6	96,6	93,5	90,4	97,8	91,3	98
8000	90,9	80	89,1	87,3	92,1	81,4	90,4	88,9	93,8	83,4	92,2	91,8	94,8	95	85,6	93,1
10000	92,5	85,3	89,3	85,1	93,9	86,8	90,6	85,2	95,7	88,8	92,6	87,5	96,7	96,9	91,1	92,9
dBLin	101,7	105,3	107,2	105,7	102,7	106,4	108,2	106,8	104,2	107,8	108,4	105,2	108,7	110,4	109,4	110,3

Freq (1/3 oct)	50°			60°			70°			80°			85°			
	au dessus	conque sup.	conque inf.	conduit												
100	44,8	45,2	45,7	46,7	44,8	45	46,7	44,7	45,1	46,4	44,7	45,4	46,9	44,8	45,8	47,4
125	50,8	50,8	50,9	52,6	51	52,8	51	52,8	51,1	53	51,3	51,1	53,2	51,4	51,5	53,4
160	51,4	51,2	51,2	54,1	51,5	51,3	54,4	51,7	51,6	54,5	51,6	51,5	54,6	51,5	51,6	54,8
200	57,6	57,6	57,7	58	57,7	57,8	58,2	57,8	57,9	58,3	57,9	58	58,2	57,7	57,8	58,4
250	60,4	60,3	60,4	60,6	60,5	60,5	60,8	60,6	60,6	60,9	60,6	60,7	60,9	60,5	60,7	61
315	62,9	63,3	63,4	63,5	63,4	63,6	63,8	63,8	64	64,2	64,2	64,3	64,5	64,2	64,4	64,6
400	66,3	66,4	66,5	66,7	66,8	67	67,3	67,3	67,3	67,6	67,3	67,6	67,8	67,2	67,6	67,8
500	70,5	70,9	70,9	71,4	71,1	71,5	71,4	72,1	71,9	72,3	71,5	71,9	72,3	71,4	71,8	72,4
630	74,1	74,7	74,6	75,2	74,7	75,4	75,2	76	75,3	75,8	75,7	76,4	76,6	75,7	76,3	76,9
800	76,1	76	76,4	75,7	76,6	76,8	77,1	76,6	77,2	77,6	77,1	77,8	77,8	78	78,8	78,2
1000	76,7	75,4	77,2	78	77,2	75,7	78,6	78,6	77,2	78,5	78,1	78,6	79,2	76,9	79	79,8
1250	81,7	81,3	81,1	80,9	81,9	81,4	82,4	82,4	82	81,3	81,1	81,4	81,2	81,4	80,7	81,2
1600	87,2	88,2	87,9	87,6	87,6	87,7	87,3	87,7	87,1	86,6	86,6	87,7	86,8	87,6	86,3	85,9
2000	88,6	91,6	91,9	91,5	89,7	92,8	92,8	92,7	91,4	93	92,8	92,4	91,8	91,8	90,4	91
2500	93,3	94,3	93,1	93,2	93,1	93,5	92,7	93,1	94	93,8	94,1	92,8	94,9	93,6	94,7	94,8
3150	96	103	102,8	102,7	97,3	102,1	101,5	101,7	98,9	100,4	99,2	99,5	97,6	96,2	96,1	96
4000	98,3	103,4	104,2	103,7	98,3	103	103,7	103,6	97,7	103,2	104	103,8	98,3	102,9	102,4	103,6
5000	101,2	106,1	107,8	107,6	100	105,5	107,1	107,5	100,5	103,7	106	106,8	99,6	104,1	107,8	108,9
6300	94,2	91,3	98	99,4	93,9	91,7	98,2	100,2	92,8	92,6	99,3	101,3	92,2	94	100,6	107,8
8000	94,6	86,6	93,1	92,2	93,8	87,5	94	99,2	92,5	88,8	95,2	100,6	90,9	89,2	91,5	102,6
10000	96,2	93,1	93,9	96,6	95	95,9	94,9	99,6	93,4	98,2	94,5	101,7	91,3	99,9	100,3	103,1
dBLin	105,7	109,6	110,8	110,9	105,3	109,2	110,2	111	105,4	108,5	109,7	111	105,3	108,4	108,6	112,3

Plan 90°

Freq (1/3 oct)	5°			10°			20°			30°			40°		
	au dessus	conque sup.	conque inf.	conduit	conque sup.	conque inf.	conduit	au dessus	conque sup.	conque inf.	conduit	au dessus	conque sup.	conque inf.	conduit
100	43.7	43.1	43.2	44.4	43.2	43.4	44.8	43.9	43.4	43.4	44.8	44.1	43.6	43.7	45
125	48.3	47.7	47.8	49.6	47.8	48.1	49.8	48.8	48.3	48.4	50.2	49.2	48.7	48.8	50.8
160	50.7	50	50.2	51.1	50.2	50.3	53.3	51.1	50.4	50.3	53.3	51.2	50.4	50.4	53.5
200	55.2	55.4	55.5	55.6	55.5	55.5	55.9	55.5	55.7	55.8	56	55.9	56.1	56.1	56.2
250	59.5	59.2	59.1	59.3	59.3	59.2	59.5	59.9	59.5	59.4	59.5	60.1	59.6	59.4	59.6
315	60.6	60.4	60.4	60.6	60.6	60.5	60.7	61.2	61	60.9	61.1	61.5	61.3	61.2	61.3
400	63	63.1	63	63.2	63.3	63.2	63.4	63.9	63.8	63.7	63.9	64.3	64.2	64.1	64.2
500	66.4	66.4	66.4	66.6	66.8	66.7	67.2	67.6	67.5	67.4	67.9	68.3	68.2	68	68.5
630	70.3	69.3	68.9	69.6	69.8	69.4	70.2	71.3	70.8	70.3	71	72	71.6	71.2	72.2
800	73.2	72.2	71.8	71.8	73.8	72.7	73.3	74.4	73.6	73.2	73.3	74.8	74.2	73.9	73.9
1000	73.9	72.3	73	75.2	74.5	72.7	75.7	75.2	73.5	74.2	76.3	75.8	73.9	74.8	76.9
1250	77.9	78.2	78.2	78.2	78.7	78.6	78.8	79.6	79.5	79.4	79.5	80.6	80.2	80	80.5
1600	81.5	81.7	82.2	81.5	81.9	82.5	82.3	82.5	83.9	84.4	83.7	83.2	85.4	85.8	85.2
2000	87.2	85.5	84.8	84.8	87.7	86.1	85.4	85.5	88.7	87.3	86.6	89.7	87.9	87.1	87.3
2500	88.9	90	89.7	89.9	89.5	90.9	90.9	90.3	92.3	91.9	92.2	91	93.2	92.6	93
3150	94.7	94.5	95.1	95	95.5	95.3	95.9	95.8	96.4	96.8	96.8	97.5	97.1	97.6	97.5
4000	96	97	98.4	98.5	96.7	98	99.5	97.8	99.7	100.9	101	98.5	100.9	101.9	102.1
5000	97.4	96.6	99.9	100.4	98.3	97.5	101.4	99.5	98.7	102.1	102.6	100.2	99.4	102.6	103.5
6300	91.5	82.4	91.9	94.4	92.3	83.2	93	95.5	93.4	84.7	94.2	94	85.3	94.8	97.8
8000	91.6	84	87.3	93	92.7	85.1	88.3	94.1	93.9	86.3	89.6	94.7	86.3	90.1	96.2
10000	92.2	88	87.2	94.8	93.3	89.3	96.1	94.6	90.9	88.8	97.6	95.4	91.4	88	98.3
dBlin	102.7	101.8	103.8	104.9	103.5	102.7	104.7	105.9	104.1	106	107.2	105.4	105	106.7	108.1

Freq (1/3 oct)	50°			60°			70°			80°			85°		
	au dessus	conque sup.	conque inf.	conduit	conque sup.	conque inf.	conduit	au dessus	conque sup.	conque inf.	conduit	au dessus	conque sup.	conque inf.	conduit
100	44.4	44	44.1	45.5	44.1	44.4	46	44.7	44.3	44.6	46.7	44.7	44.3	44.6	45.3
125	50	49.6	49.5	51.6	50	50	52.1	50.8	50.4	50.6	52.7	51.2	50.8	50.9	53
160	51.4	50.7	50.5	53.6	50.8	50.7	53.9	51.4	51	50.8	54.2	51.5	51.1	51.7	54.2
200	56.7	56.8	56.8	57.1	57.2	57.1	57.5	57.5	57.5	57.4	57.8	57.8	57.8	57.7	58.1
250	60.5	60	59.8	60	60.5	60.1	60.2	60.5	60.3	60.1	60.4	60.5	60.5	60.3	60.6
315	62.2	62.2	62.1	62.3	62.9	62.8	62.9	63.3	63.5	63.4	63.6	64	64.1	64	64.2
400	65.7	65.6	65.4	65.6	66.3	66.1	66.4	66.8	66.8	66.6	67	67.2	67.3	67.1	67.4
500	70	70	69.7	70.3	70.8	70.5	71.2	71.1	71.3	71	71.7	71.3	71.6	71.3	72
630	73.4	73.6	73.2	73.9	74.4	74.1	74.9	74.6	75.2	74.9	75.7	75.3	75.9	75.6	76.4
800	75.7	75.4	75.2	75.3	76.1	76.1	76.2	76.5	77	77	77.1	77.3	78	77.9	78.2
1000	77.1	74.9	75.8	77.9	76.9	76.5	78.7	76.8	75.6	77	79.2	76.7	77.3	77.7	79.9
1250	81.8	80.6	80.2	80.6	82	80.4	80.8	81.9	80.7	80.4	80.9	81.8	80.4	80.5	81
1600	86	87.5	87.4	87.2	87.2	87.5	87.1	87.8	87	86.4	86.6	87.6	86.4	85.9	85.9
2000	90.3	88.6	89	88.6	89.3	90.8	91.3	90.9	92.4	92.4	92.4	92.2	92.3	91.6	92.2
2500	93.2	93.4	92.1	93	94.1	92.2	90.8	91.9	91.7	91.4	92.1	92.4	93.9	93.7	94.5
3150	98.2	99.1	99.7	99.8	97.6	100	99.8	100.4	99.5	98.3	99.5	99.8	96.9	95	96.5
4000	99.1	101.2	101.4	102.3	99.4	99.7	99.8	100.9	99.2	99.1	99.5	100.3	100.8	101.8	101.9
5000	101.5	99.9	102.6	103.8	101.4	101.9	103.7	105	100.1	103	104.8	106.4	102.2	105.1	106.4
6300	94.2	87	94.5	96.3	93.1	88.8	95.7	99.5	92.7	90.1	101.3	91.9	95.1	100	103.1
8000	94.7	85.2	89.9	97.6	94	87	91.6	94	92.6	88.9	89.4	90.3	89.4	95.2	89.9
10000	95.3	93.6	91	102.5	94.5	95.9	92.9	104.9	93	98.2	92.8	106	91	95.8	105.5
dBlin	106.2	105.8	107	109.3	106.4	107.3	110.3	105.5	106.9	107.8	111.3	105.6	107	108.4	111.5

Plan 130°

Freq [1/3 oct]	5°			10°			20°			30°			40°			
	au dessus	conque sup.	conque inf.	conduit	au dessus	conque sup.	conque inf.	conduit	au dessus	conque sup.	conque inf.	conduit	au dessus	conque sup.	conque inf.	conduit
100	43.4	42.8	42.8	44.2	43.5	43.1	43.1	44.3	43.7	43.1	43.3	44.7	43.7	43.4	43.4	45.2
125	48.6	48	48.1	50.1	48.9	48.3	48.4	50.2	49.2	48.7	49.7	50.7	49.4	49.1	49.3	50.9
160	50.2	49.3	49.3	52.3	50.3	49.7	49.4	52.5	50.5	49.8	49.5	52.8	50.6	49.6	50	52.9
200	55.8	55.9	55.8	56.1	55.9	56	56.2	56.2	56.2	56.2	56.1	56.4	56.4	56.4	56.6	56.6
250	58.9	58.3	58.1	58.4	59	58.5	58.3	58.6	59.2	58.7	58.4	58.8	59.4	59	59.1	59
315	60.7	60.5	60.5	60.6	60.8	60.8	60.7	60.8	61.2	61.1	61	61.2	61.4	61.4	61.5	61.9
400	63.3	63.1	63.3	63.4	63.5	63.2	63.2	63.4	64.1	63.8	63.6	63.9	64.5	64.1	64.3	65
500	66.9	66.7	66.5	67	67.3	67.2	66.9	67.4	68.1	67.9	67.6	68.2	68.8	68.3	68.9	69.4
630	70.3	69.9	69.5	70.2	70.5	70.5	70	70.7	71.6	71.5	71	71.7	72.3	72.4	72.9	73.2
800	73.3	72.6	72	72.2	73.7	73.3	72.5	72.6	74.3	74.1	73.4	73.4	74.8	74.1	75.1	74.8
1000	73.2	72	71.8	74.4	74.2	73.4	72.3	72.3	75.1	74.2	73.1	74.5	75.7	74.9	75.3	75.4
1250	78.6	76.3	76	76.2	79.2	77	76.5	76.6	79.9	77.5	77	77.1	80.5	78.1	77.9	77.9
1600	82.2	83	82.9	82.4	82.7	83.8	83.7	83.2	83.8	85	84.8	85	85	85.9	85.7	85.5
2000	86.7	85.9	86.3	85.7	87.2	86.3	86.8	86.2	88.1	87	87.6	87	88.6	87.9	88.6	88.6
2500	89.8	88	87.8	87.9	90.3	88.7	88.3	88.5	91.4	89.5	88.9	89.4	92.3	90	89.3	89.3
3150	94.9	95.3	96.4	95.8	95.6	95.9	97.1	96.4	96.7	97	98.2	97.5	97.2	98.1	97.3	98.8
4000	96.4	94.8	96.6	96.6	97	95.6	97.2	97.4	97.9	96.7	97.8	98.4	98.7	96.9	97.7	98.7
5000	97.6	96.6	99.3	99.9	98.4	97.1	99.9	100.5	99.6	97.7	100.4	101	100.5	98.6	100.7	101.6
6300	89.1	81.3	89.8	92.6	89.9	81.7	90.4	93.4	91	82.3	90.9	94.6	91.7	82.5	90.8	95.3
8000	90	82.5	85.2	92.9	90.9	83.1	86	93.9	92.2	82.9	86.4	94.7	92.9	81.8	85.9	94.8
10000	91.2	89.8	82.3	97.9	92.1	90.5	82.4	98.7	93.4	90.8	80.6	99	94	90.5	80.9	98.9
dBlin	102.6	101.3	103.1	104.7	103.3	101.9	103.7	105.4	104.4	102.8	104.3	106.1	105.1	103.5	104.7	106.6

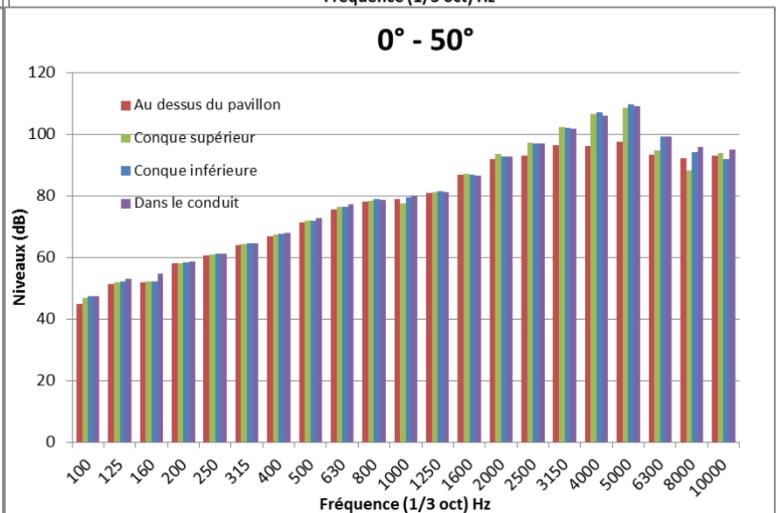
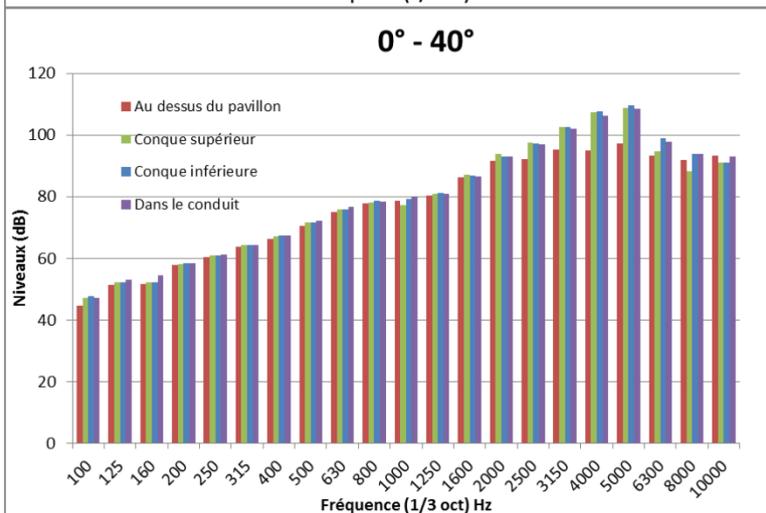
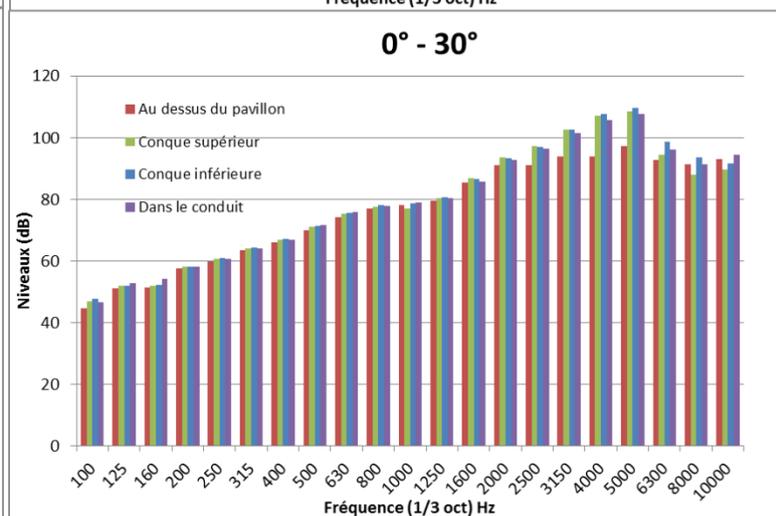
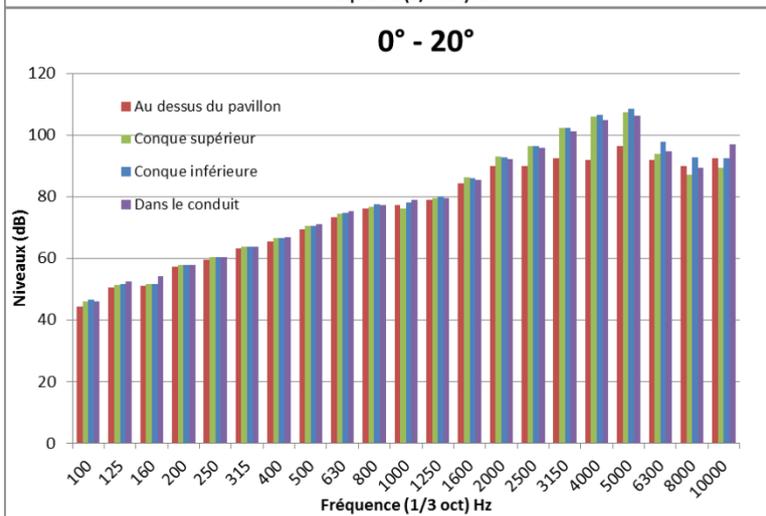
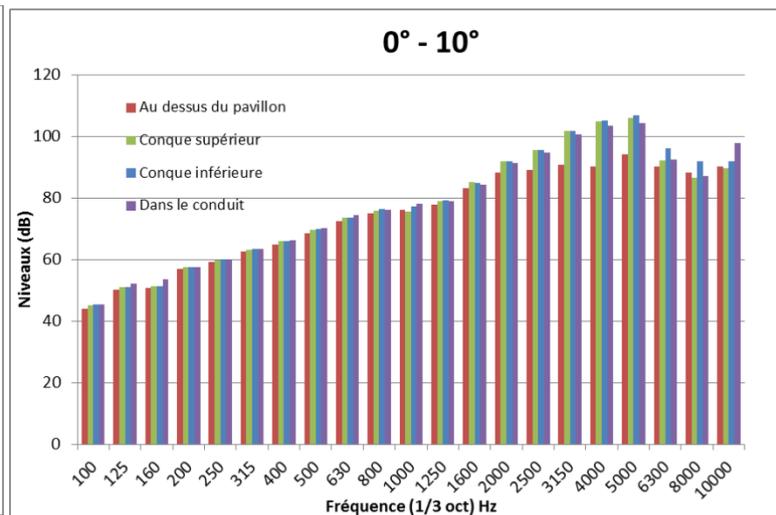
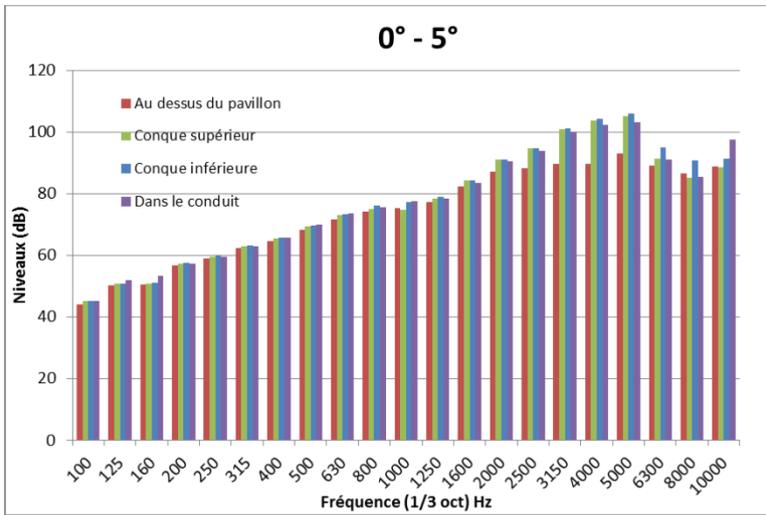
Freq [1/3 oct]	50°			60°			70°			80°			85°			
	au dessus	conque sup.	conque inf.	conduit	au dessus	conque sup.	conque inf.	conduit	au dessus	conque sup.	conque inf.	conduit	au dessus	conque sup.	conque inf.	conduit
100	44.2	43.7	43.9	45.8	44.4	43.9	44.1	46.5	44.5	44.2	44.1	46.7	44.5	44.7	44.7	47.4
125	50.1	49.7	49.7	51.7	50.4	50	50.1	52.2	50.7	50.4	50.5	52.7	51	50.9	51.3	51.3
160	50.9	50.3	50	53.3	51.1	50.5	50.3	53.8	51.2	50.7	50.6	54	51.3	51	51.3	54.2
200	57.1	57	56.9	57.1	57.3	57.3	57.1	57.4	57.6	57.5	57.4	57.7	57.6	57.8	57.7	58
250	59.9	59.4	59.3	59.5	60.1	59.8	59.6	59.9	60.2	60.1	59.9	60.1	60.3	60.4	60.2	60.5
315	62.5	62.4	62.3	62.5	63	63	62.9	63.1	63.5	63.6	63.5	64.1	63.9	64.1	64	64.1
400	65.7	65.6	65.4	65.6	66.3	66.3	66	66.4	66.7	66.8	66.6	66.7	67	67.2	67	67.3
500	70.1	70.1	69.8	70.4	70.7	70.8	70.5	71.1	71.1	71.3	70.9	71.5	71.3	71.5	71.3	71.9
630	73.7	74.1	73.7	74.5	74.3	74.9	74.5	75.4	74.9	75.5	75.1	75.9	75.3	76	75.7	76.2
800	75.5	76.1	75.6	75.9	76.1	76.9	76.5	76.8	76.7	77.7	77.3	77.5	77.4	78.5	78.4	78
1000	75.7	76.2	74.9	77.8	76.1	77	75.7	78.8	76.2	77.5	76.3	79.3	76.3	78.3	77.1	80.2
1250	81.2	79.2	78.8	79.1	81.5	79.8	79.5	79.8	81.5	80.1	79.9	80.1	81.4	80.3	80.3	81.2
1600	87	86.3	85.9	85.9	87.3	85.9	85.5	85.5	87.5	85.9	85.4	85.3	87.4	85.9	85.4	85.4
2000	88.4	90.8	91.3	90.8	89.6	92	92.1	92	91.3	92	91.7	92	92.3	91.2	90.4	91
2500	93.8	89.9	89.9	90.2	93.4	90.9	91.4	91.4	92.5	92.8	93.1	93.4	92.8	94.1	93.7	94.5
3150	97.5	98.5	98.5	99.2	98.4	97.7	96.6	98	99.7	98.8	98.7	95.7	99.7	93.9	92.4	93.9
4000	100	96.5	97.2	98	99.9	96.6	96.9	96.9	99.1	97.9	98.3	98.9	99.3	100	101.2	101.2
5000	101	98.7	99.6	101.7	100.5	99.5	100.9	103	101.2	99.5	102.2	104	100	102.1	105.2	106.5
6300	92	85.5	92.2	97.6	92.1	87.6	95.3	99.8	91.7	90.7	98.1	101.9	91.7	93.1	100.2	103.7
8000	92.6	85.5	87.9	97.4	91.8	87.8	91.6	100.5	90.2	89.2	94	102.1	89.1	89.8	95.4	102.9
10000	93.5	94.7	104.4	104.4	92.5	97.4	90.8	106.5	91.1	98.7	90.1	106.9	89.5	99.6	87.9	105.6
dBlin	105.7	104.1	104.4	108.5	105.7	104.7	105	110.1	105.8	105.1	106	110.8	105.5	106.6	108.2	111.6

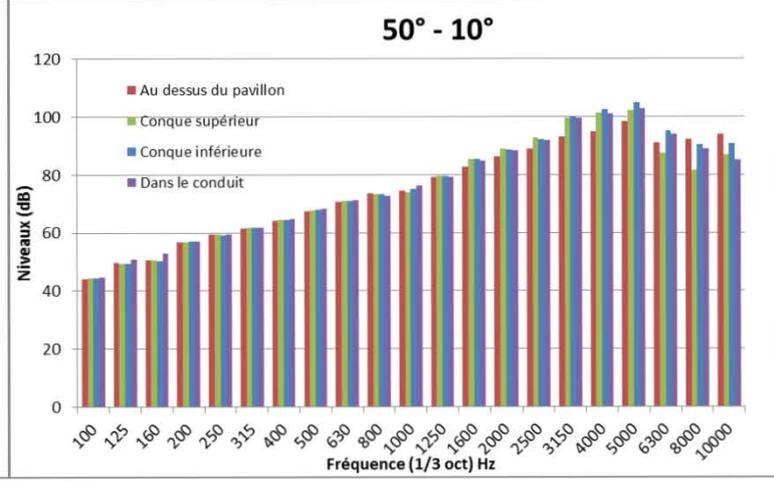
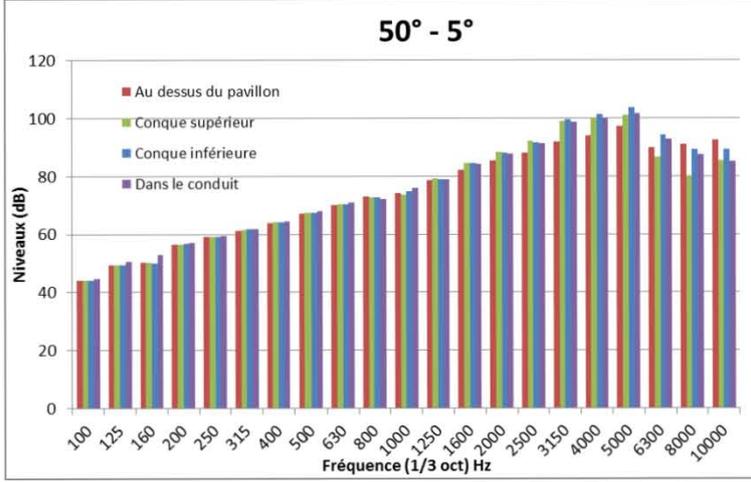
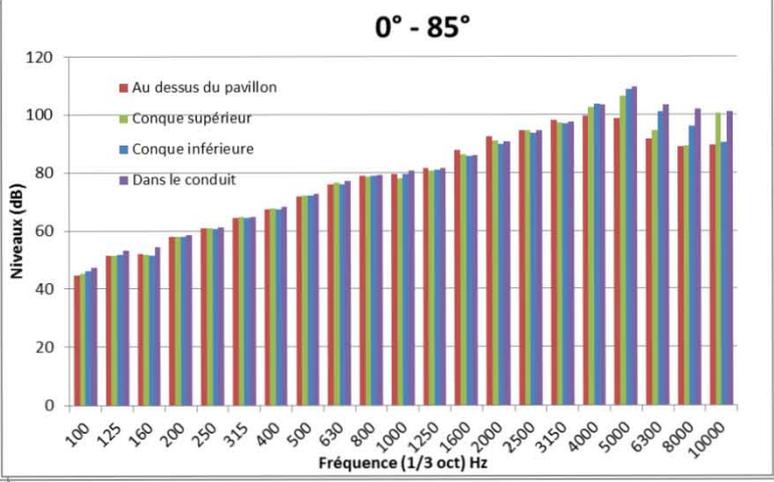
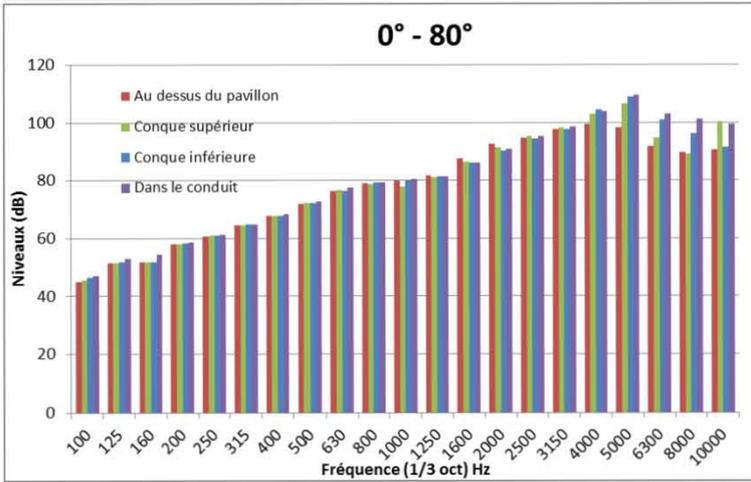
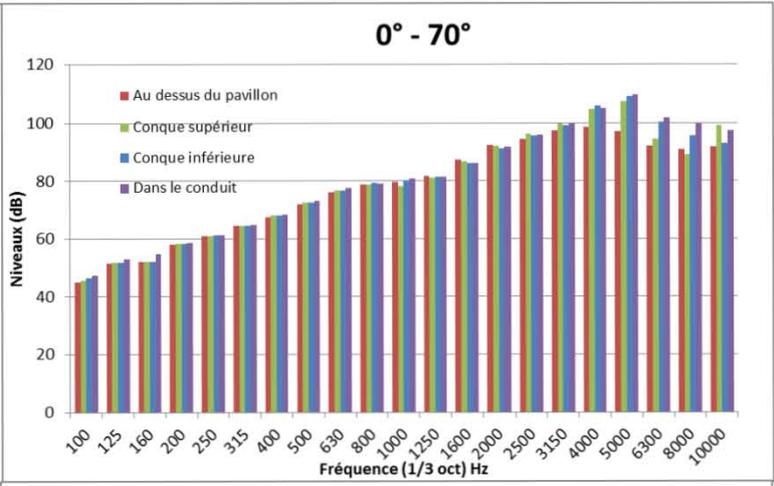
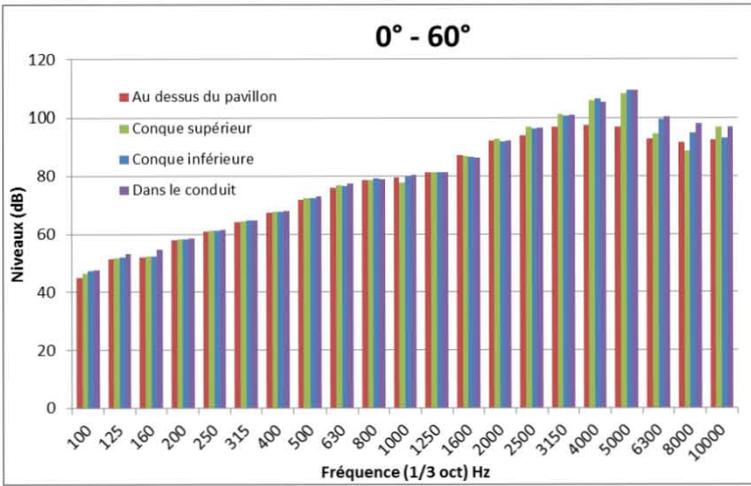
Plan 180°

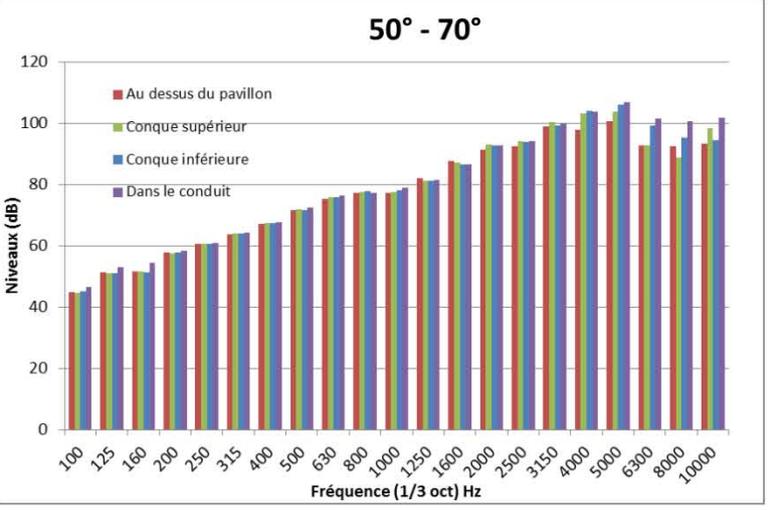
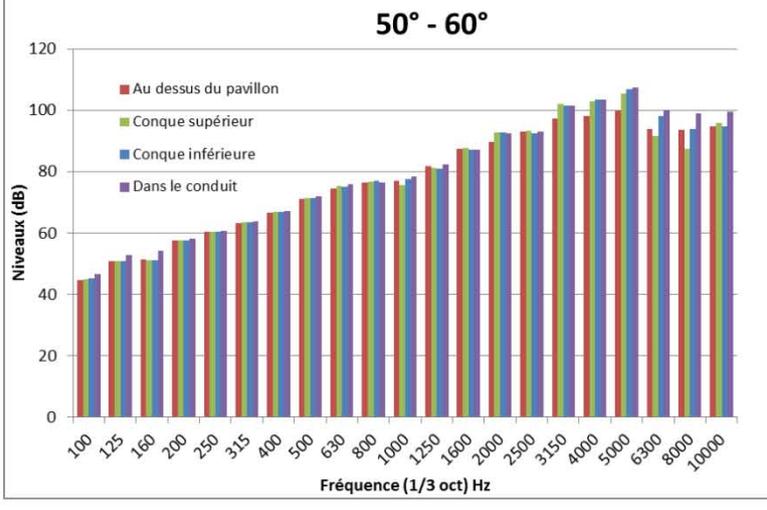
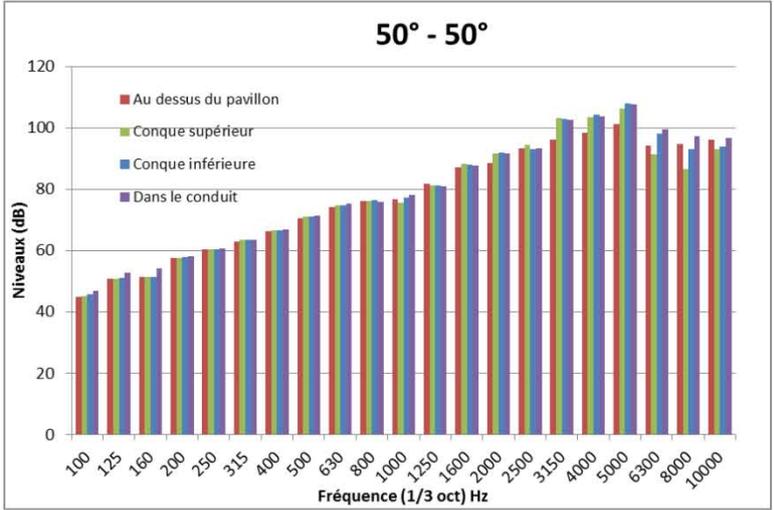
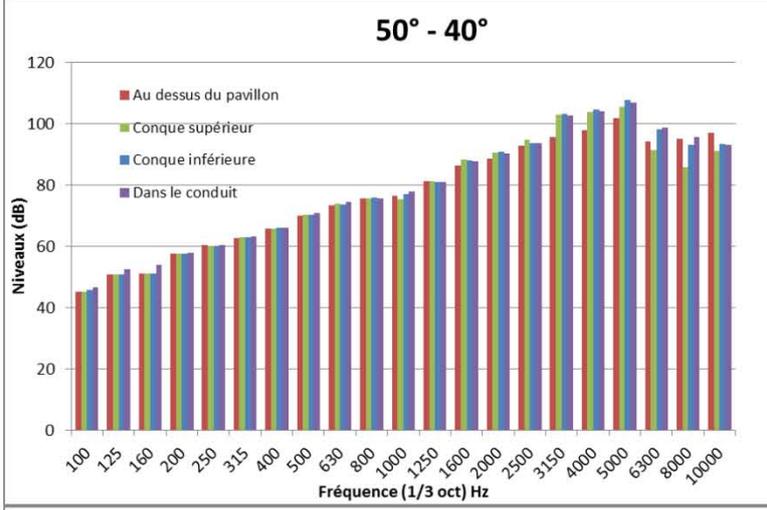
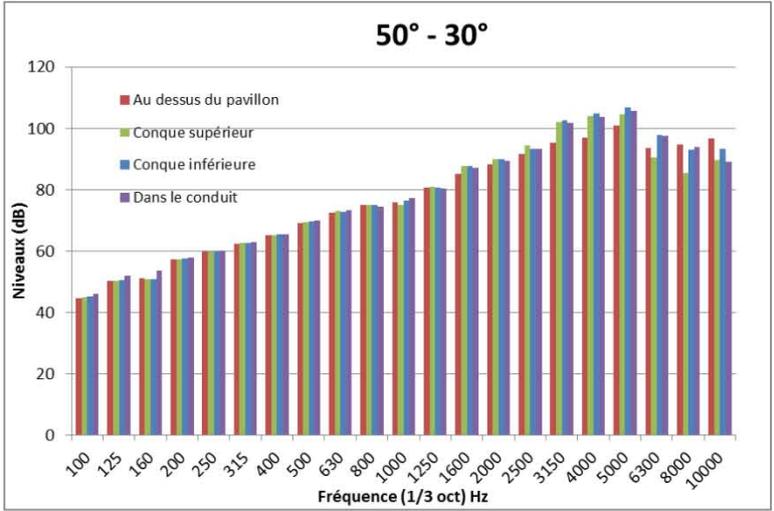
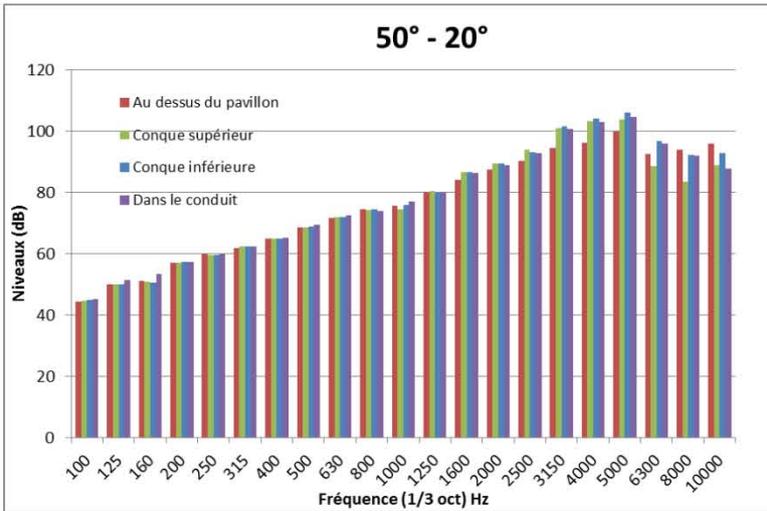
Freq [1/3 oct]	180° - 5°			180° - 10°			180° - 20°			180° - 30°			180° - 40°		
	au dessus	conque sup.	conque inf.	conduit	conque sup.	conque inf.	conduit	au dessus	conque sup.	conque inf.	conduit	au dessus	conque sup.	conque inf.	conduit
100	43.3	42.7	42.7	44.1	42.7	42.9	44.1	43.6	43.1	43	44.2	43.8	43.2	43.2	44.6
125	49.6	48.9	48.9	50.7	49.8	49.2	50.8	50.1	49.4	49.4	51.1	50.2	49.6	49.6	51.5
160	50.1	49.2	49	52.4	50.3	49.4	52.6	50.5	49.7	49.6	52.9	50.6	49.9	49.8	53.2
200	56.2	56	55.9	56.3	56.5	56	56.2	56.6	56.4	56.3	56.5	57	56.7	56.6	56.8
250	58.3	57.7	57.5	57.8	58.5	57.9	58	58.8	58.3	58.1	58.4	59.2	58.7	58.5	58.8
315	62	61.3	61.2	61.3	62.3	61.6	61.5	62.6	62.1	61.9	62	63	62.5	62.3	62.5
400	63.9	63.5	63.2	63.6	63.8	63.6	63.9	64.7	64.4	64.2	64.5	65.2	64.9	64.7	65
500	67.8	67.6	67.8	68.2	68	67.7	68.2	68.9	68.8	69	69	69.5	69.4	69.1	69.7
630	71.7	71.7	71.1	72.1	72.5	72.3	72.7	73.3	73.3	72.8	73.7	74	74.1	73.6	74.5
800	75	75.4	74.5	75	75.5	76	75.2	76.4	76	76.2	76.6	76.8	77.7	77.3	78.1
1000	77.1	76.8	74.9	77.8	77.6	77.3	78.3	78.3	78.1	79.1	79.1	76	78.5	76.9	79.2
1250	76.9	78.3	78.6	77.3	78.5	78.9	78.8	78.8	78.8	79.1	79.1	78.1	79.2	79.5	79.3
1600	80.9	81.1	81.6	80.8	81.7	81.5	81.9	82.8	82.4	82.7	82	83.8	83.2	83.5	82.9
2000	87.5	86.1	85.7	85.9	88.2	86.5	86.2	89.2	86.8	86.4	86.7	90.2	87	86.6	86.8
2500	88.9	90.2	89.8	89.9	89.7	90.7	90.4	91	91.7	91.2	91.5	92.4	92.3	91.8	92.4
3150	94.4	96.2	96.9	96.2	95	96.8	97.7	95.8	97.4	98.3	97.6	96.6	97.4	97.8	97.1
4000	96.7	95.9	97.3	97.4	97.5	95.9	97.4	98.6	95.3	96.9	97	99.6	94	95.8	95.6
5000	99.2	95.9	97.1	98.8	99.7	95.6	96.7	98.7	100.3	94.8	97.7	101	92.8	92.5	96.3
6300	92.5	82.4	85.4	89.4	93.1	81.8	84.6	89.1	93.6	84.2	82.7	94.2	80.6	85.4	92.4
8000	88.1	73.4	76.1	89.9	88.5	73.9	75	90.6	88.8	77.5	82.3	88.6	82.5	84.8	95.1
10000	87.9	84.3	75.9	93.5	88.7	85.8	75	93.5	89.5	90.9	94.9	90	94.5	80.8	99.1
dBlin	103.1	101.5	102.4	103.6	103.7	101.7	102.6	103.8	104.5	101.9	102.4	103.9	105.3	102	104.7

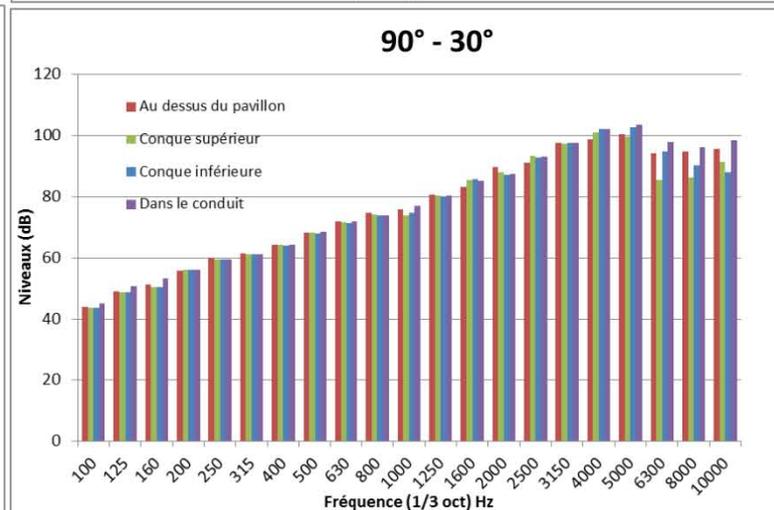
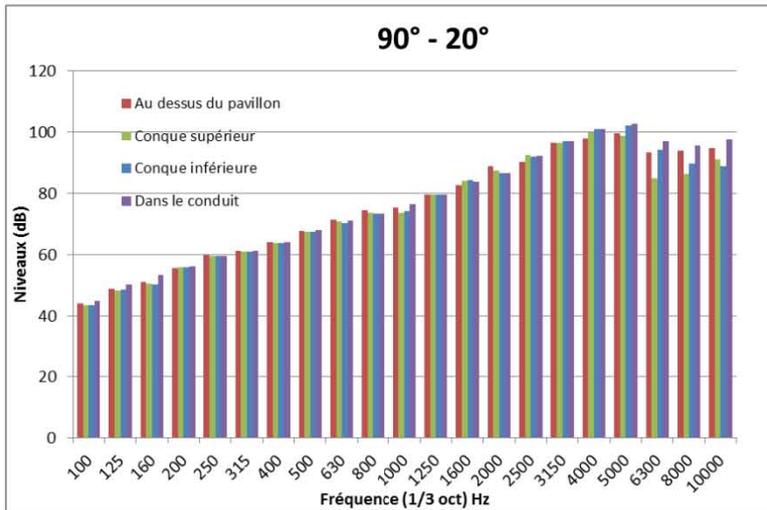
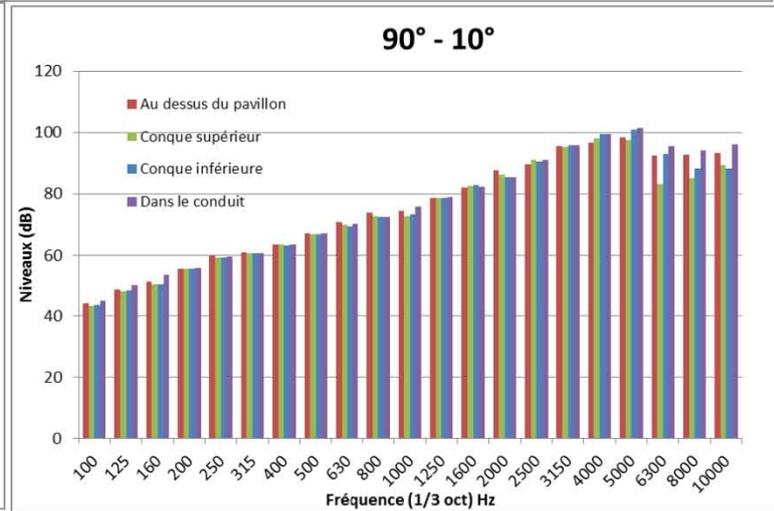
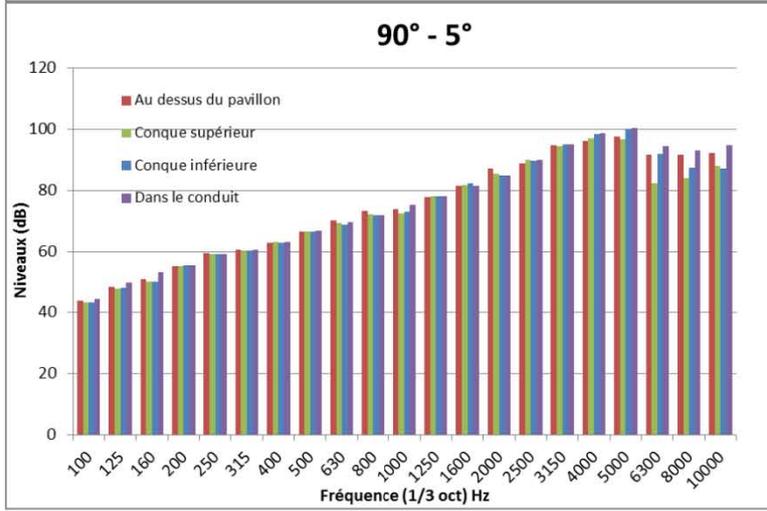
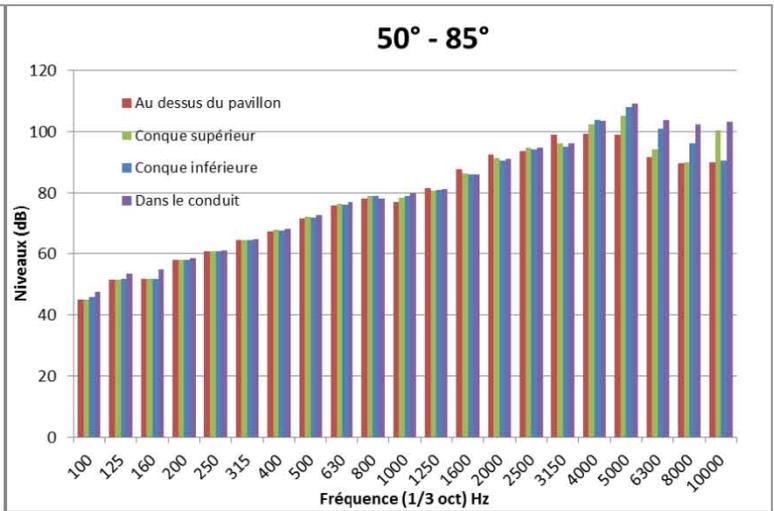
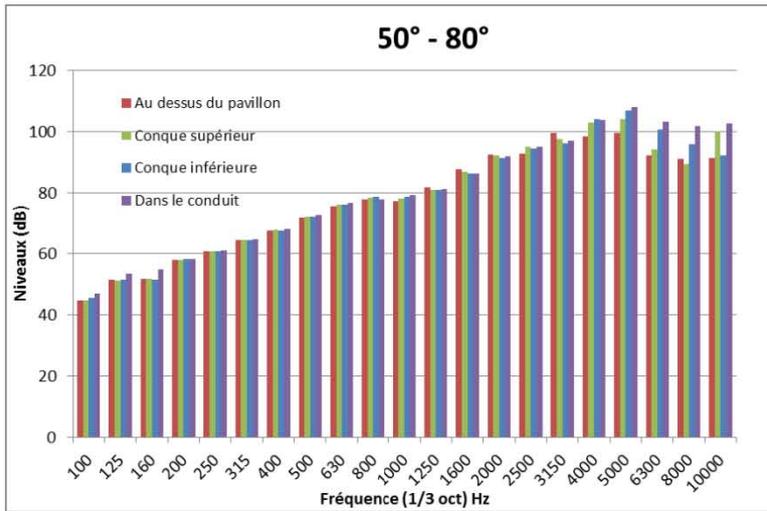
Freq [1/3 oct]	180° - 50°			180° - 60°			180° - 70°			180° - 80°			180° - 85°		
	au dessus	conque sup.	conque inf.	conduit	conque sup.	conque inf.	conduit	au dessus	conque sup.	conque inf.	conduit	au dessus	conque sup.	conque inf.	conduit
100	44.2	43.6	43.8	45.7	44.4	44.1	46	44.6	44.2	44.4	46.5	44.7	44.5	44.9	45.5
125	50.6	50.1	50.1	52.1	50.4	50.3	52.4	51.1	50.7	50.8	52.9	51.2	51.1	51.4	51.9
160	51.2	50.6	50.4	53.9	51.4	50.8	54.3	51.4	51.1	51	54.5	51.5	51.2	51.4	51.3
200	57.4	57.1	57.1	57.5	57.3	57.5	57.7	57.7	57.7	57.6	57.9	57.9	57.9	57.8	58.2
250	59.9	59.5	59.4	59.7	60	59.8	60.2	60.4	60.3	60.2	60.5	60.5	60.5	60.5	60.6
315	63.6	63.1	63.1	63.1	63.5	63.4	63.6	64.1	64	63.9	64	64.3	64.3	64.4	64.6
400	66.2	66	65.9	66.2	66.7	66.6	66.8	67	67.2	67	67.3	67.2	67.5	67.4	67.6
500	70.7	70.7	70.4	71.1	71.2	71.3	71.1	71.5	71.7	71.5	72.1	71.6	71.8	71.7	72.3
630	75.2	75.3	75	75.9	75.6	75.8	76.5	75.9	76.3	75.9	76.8	75.9	76.4	76.1	76.9
800	77.7	78.6	78	78.4	78.4	78.5	78.8	78.7	79.3	78.8	79.2	78.8	79.4	79.1	79.5
1000	76.9	79	77.7	80.6	79.4	78.2	81	79.3	79.6	78.4	81.4	79.4	79.5	78.5	81.5
1250	79.5	79.9	80.3	80.3	80.3	80.7	80.7	80.7	80.6	80.9	81	81	80.8	81.1	81.3
1600	85.3	84.2	84.6	84.2	85.9	84.7	84.5	86.4	84.8	84.9	84.8	86.9	85.2	85.3	85.1
2000	91.3	87.7	87.1	87.5	88.4	87.7	88	91.8	88.9	88.2	88.5	91.9	89.6	88.7	89.1
2500	94	92.2	91.7	92.8	94.4	96	92.6	94.8	92.1	91.2	92.3	94.8	92.4	91.4	92.6
3150	97.5	96.6	97.6	97.7	97.7	96	97.2	97.9	95.8	95.9	96.6	98.2	96.4	96.1	96.9
4000	100.4	90.7	91.8	92.5	100.4	93.3	94.1	100.4	96.5	97.8	98.2	100.1	99	100.6	100
5000	101.5	98.2	100	101.4	101.5	101	103.3	104.7	101.2	105.6	107	100.5	104.6	107.3	108.6
6300	94.1	87.2	95	99.8	93.7	90.7	97.8	102.3	93	99.7	103.8	92.2	94.4	100.9	104.5
8000	87.8	86.1	92	100.4	87.4	87.1	93.8	102	87.1	87.9	95	102.8	87.3	88.5	103
10000	89	97.2	84.4	104.2	88.1	97.7	84.5	104.7	87.3	98.6	85.1	104.5	87.1	100.7	87.8
dBlin	105.9	103.3	104	108.6	106	104.6	110.1	105.9	106.2	107.9	111.3	105.6	107.6	109.5	112.2

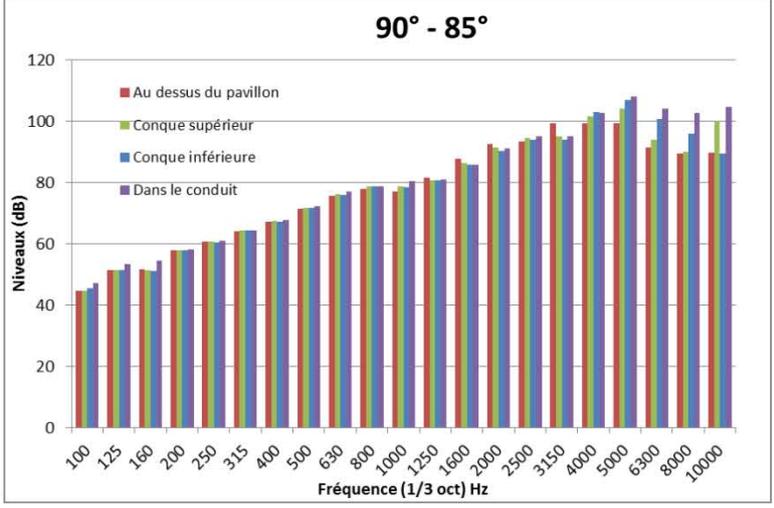
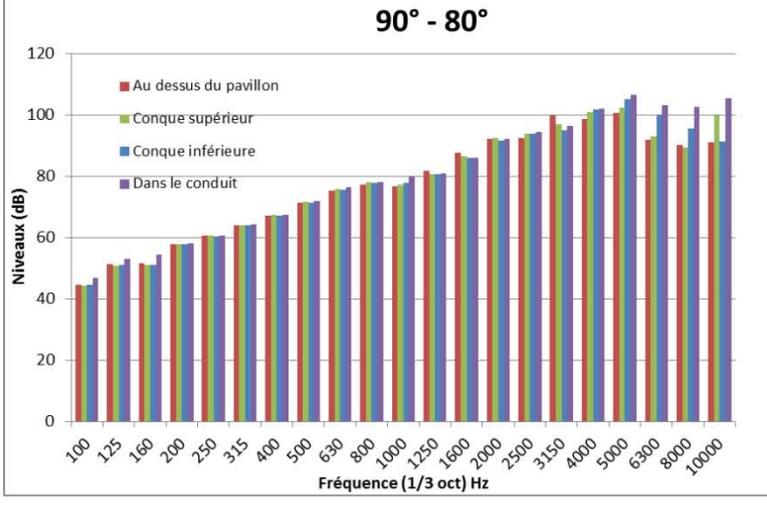
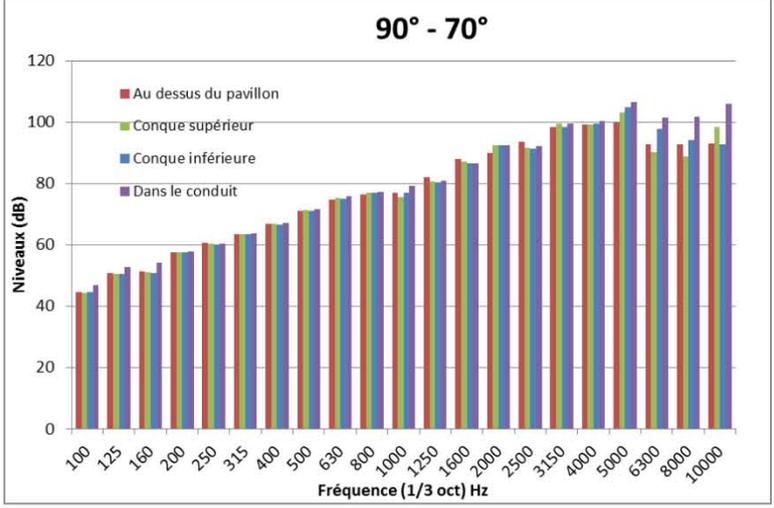
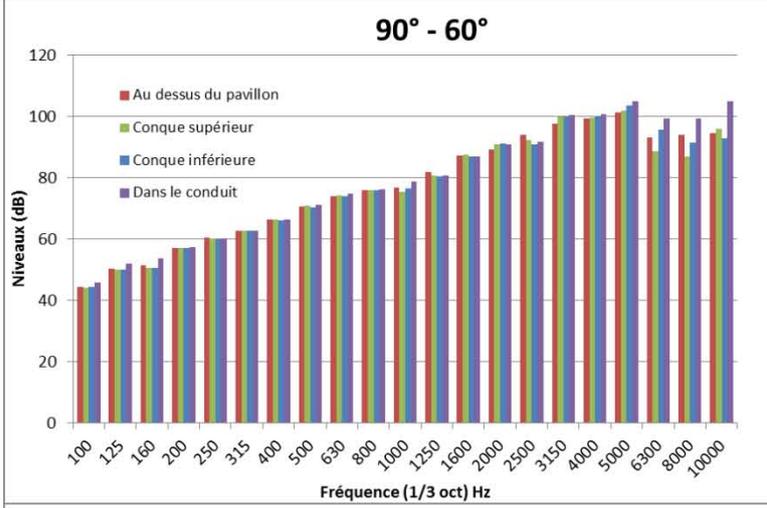
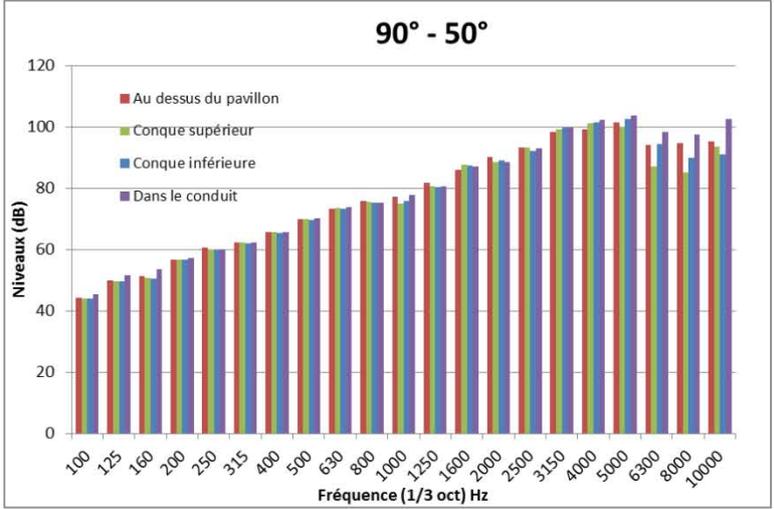
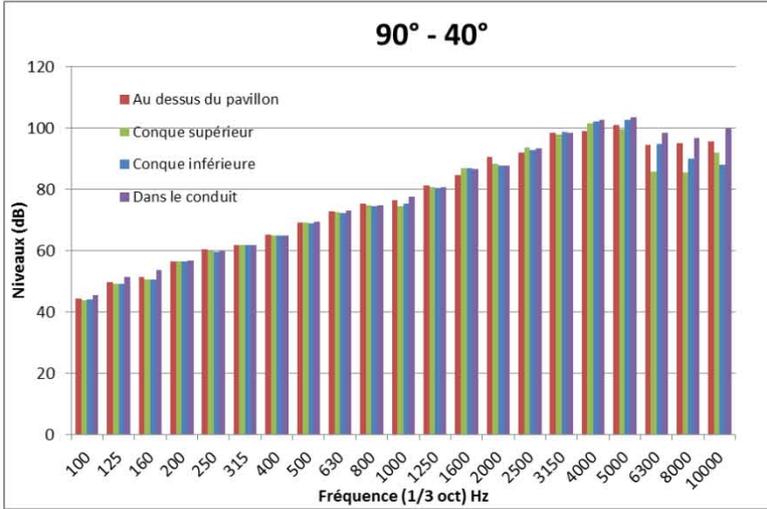
Annexe 8 : Résultats graphiques des mesures effectuées à l'INRS

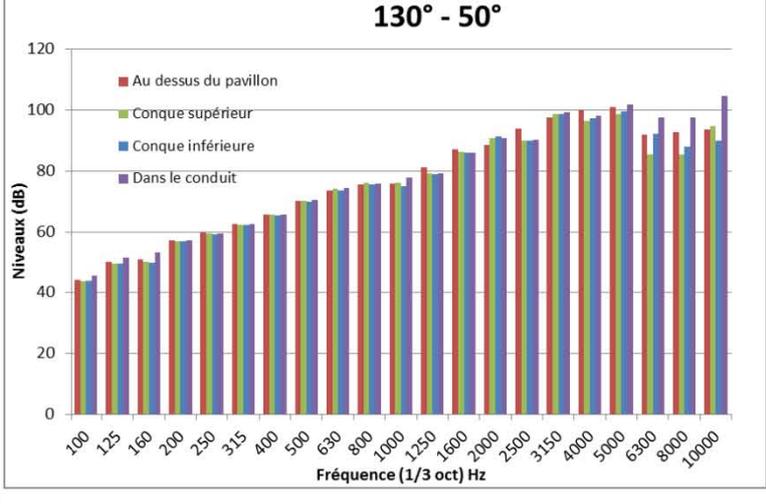
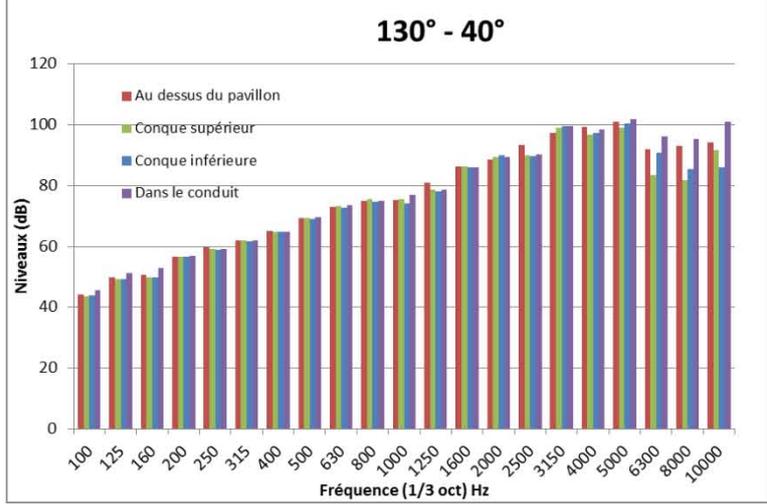
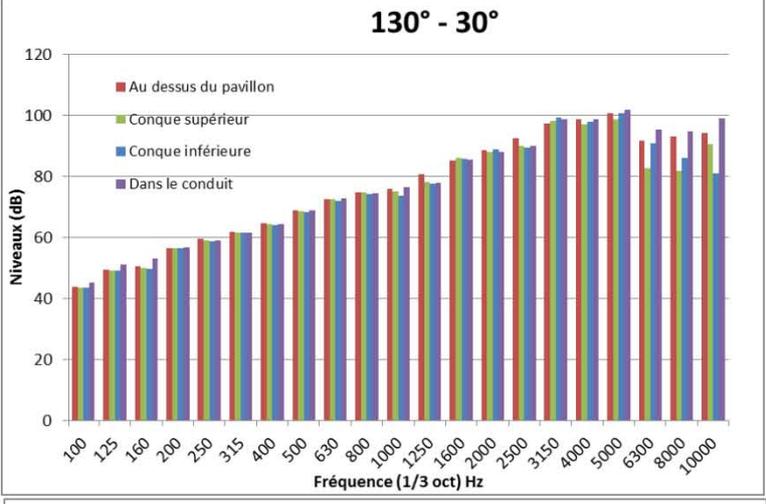
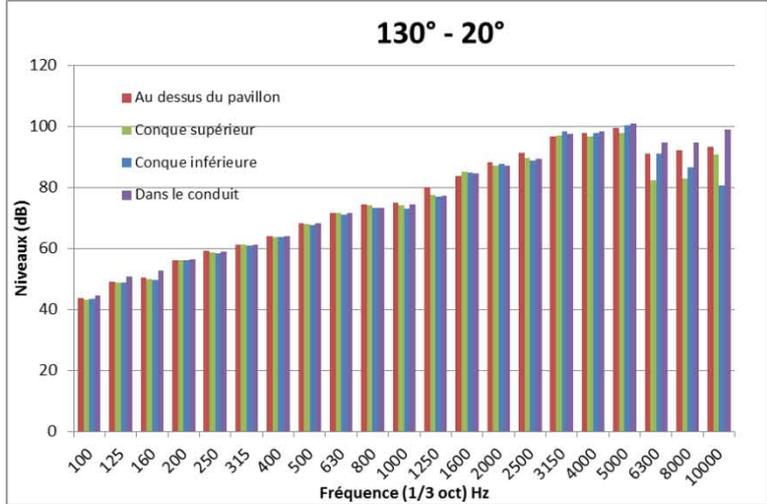
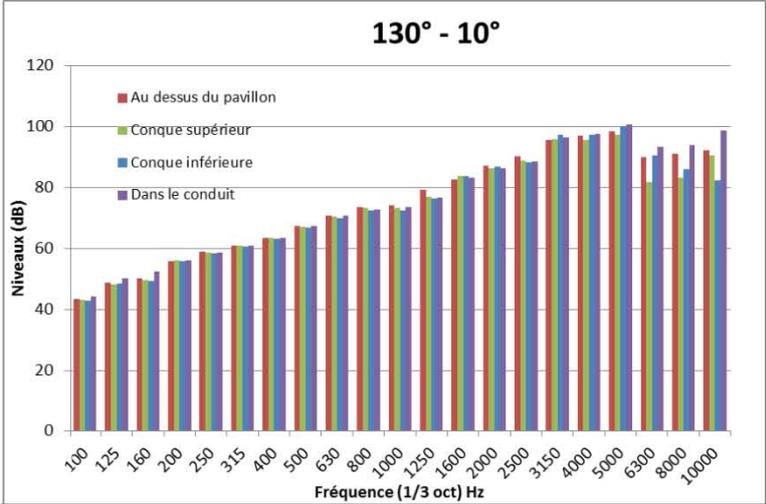
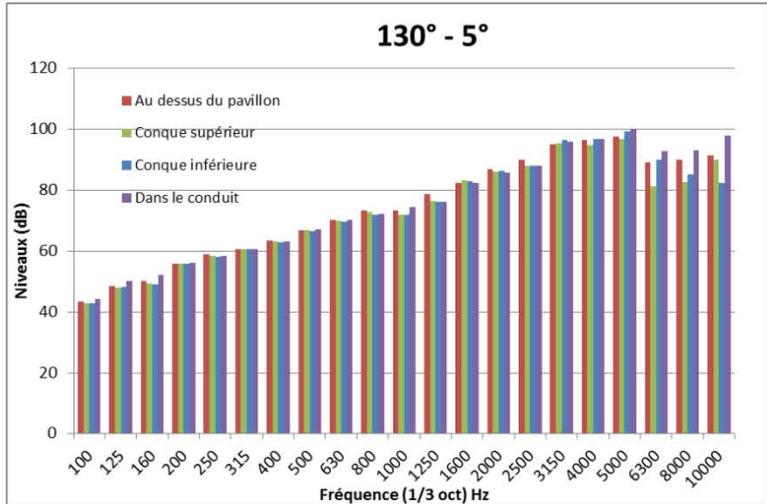


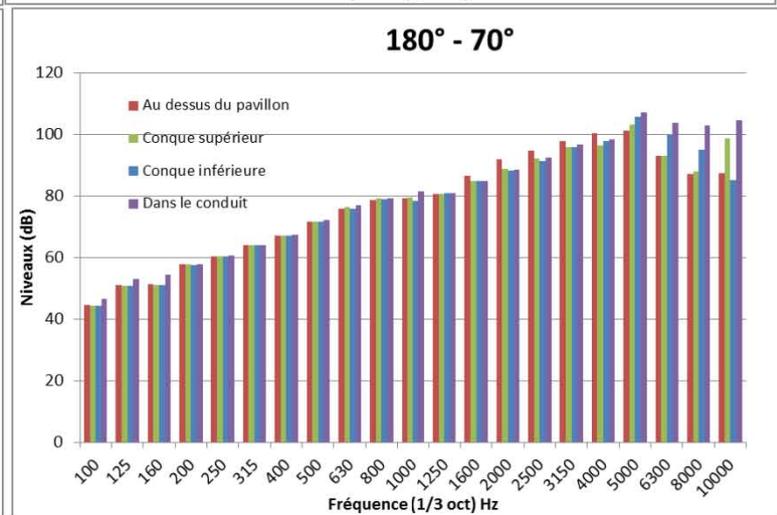
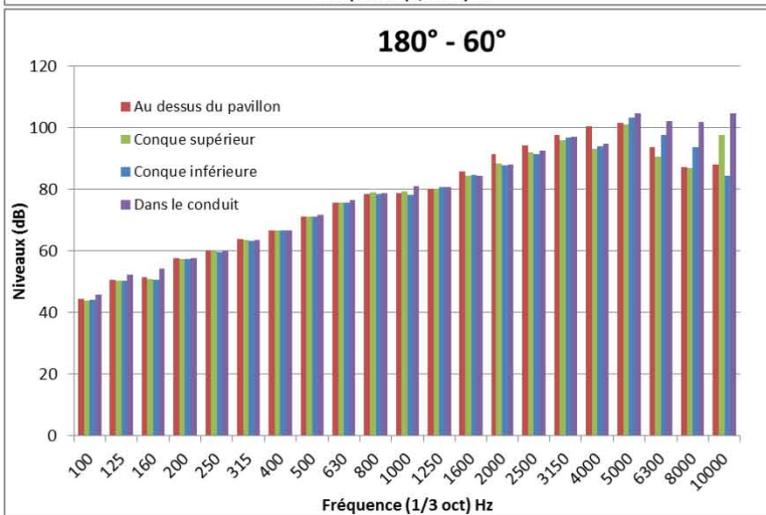
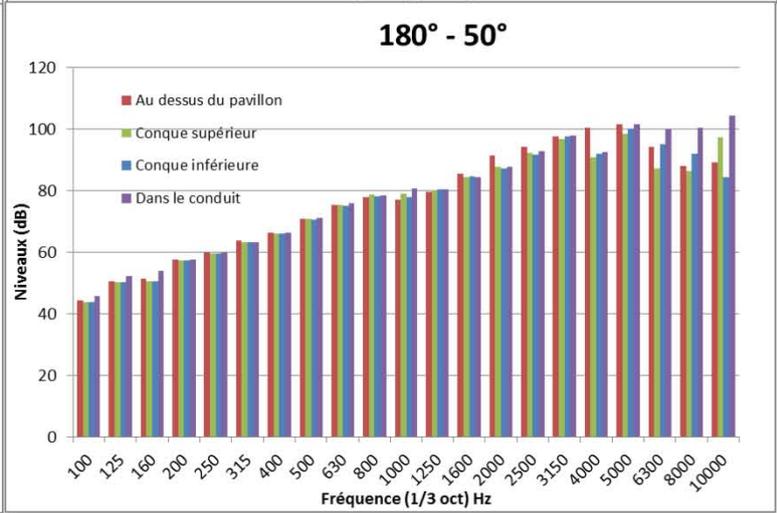
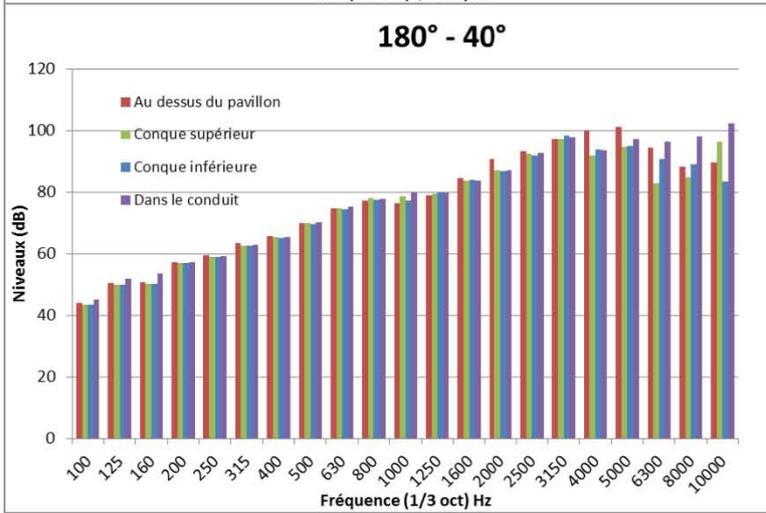
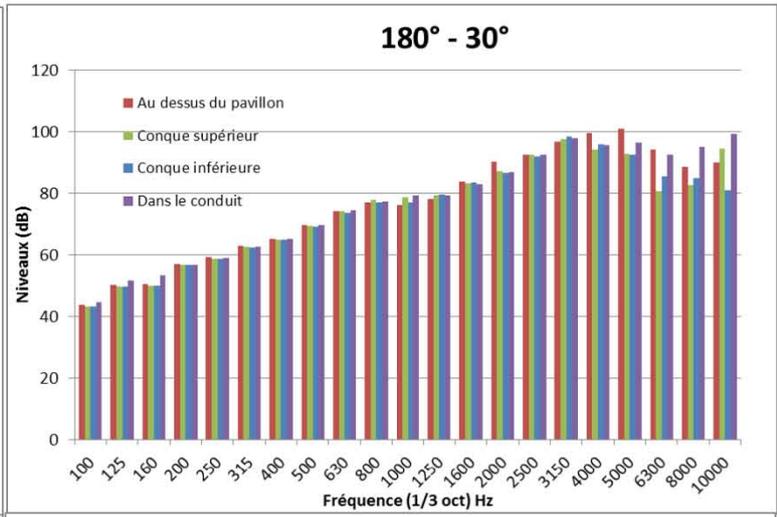
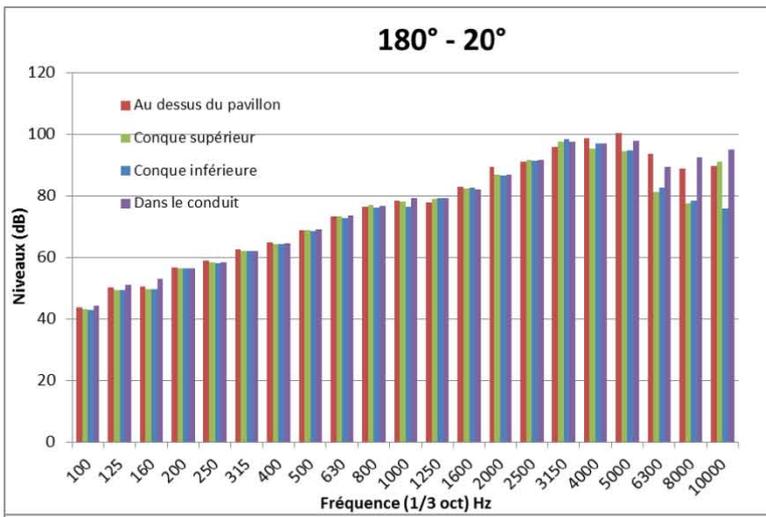


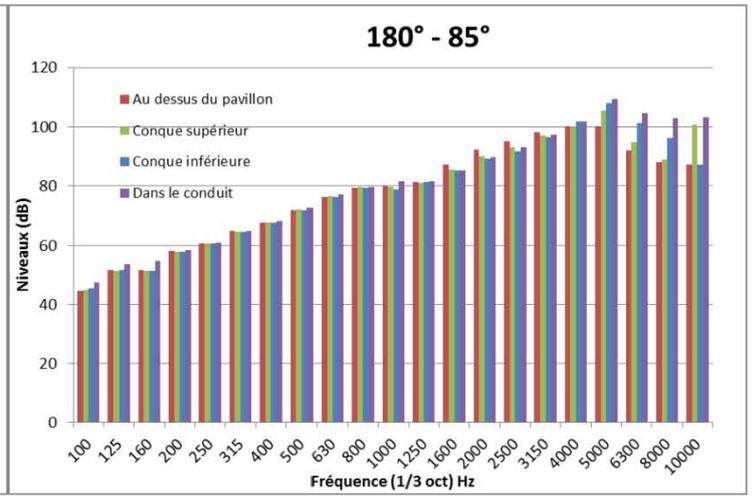
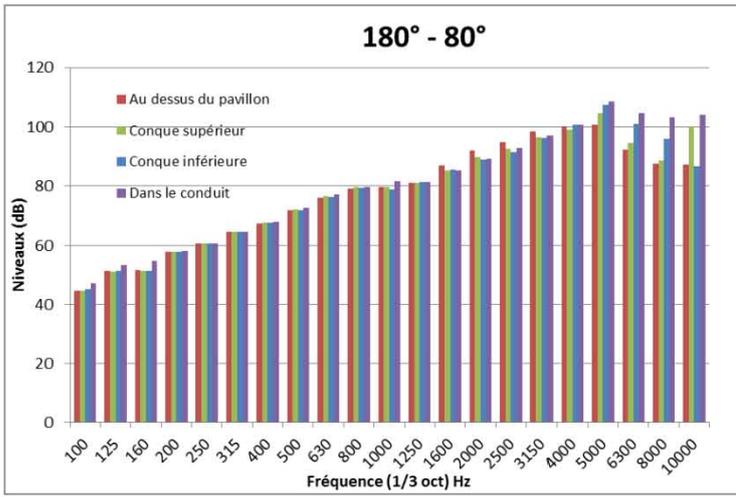












Etude et comparaison du positionnement microphonique d'un appareil de type contour à écouteur déporté et d'un appareil à microphone externe

Mémoire soutenu en vue de l'obtention du diplôme d'Etat d'Audioprothésiste

Lucie Bastian

Année 2014

RESUME :

Au regard des différentes positions microphoniques existantes sur le marché de l'audioprothèse aujourd'hui, mais aussi compte tenu des reliefs du pavillon, deux problématiques se sont soulevées :

L'emplacement d'un microphone joue-t-il un rôle notable dans la captation d'un son ?

Et si oui, un microphone bien positionné peut-il rivaliser avec une directivité microphonique recrée à l'aide d'un réseau double microphonique présent par exemple sur les aides auditives de type contour.

Pour répondre à la première problématique nous avons mené une étude objective sur pavillon artificiel afin de déterminer l'amplification naturelle relevée en quatre points du pavillon. Le résultat est sans appel, et on observe effectivement une amplification des hautes fréquences (2500-5000 Hz) quand le microphone est placé dans la conque ou à l'entrée du conduit auditif par rapport à une position microphonique au-dessus du pavillon. Cette amplification va de 6 à 14 dB.

Pour répondre à la seconde problématique nous avons mené une étude subjective avec des patients malentendants, dans le but de comparer deux positionnements microphoniques : au-dessus du pavillon avec des appareils de type contours à écouteurs déportés et dans la conque supérieure avec des appareils à microphone externe. Nous les avons comparés sur deux examens : un test de localisation sonore et un test de compréhension dans le bruit. En ce qui concerne la localisation sonore les résultats obtenus avec les deux types d'appareils sont équivalents. Pour le test de compréhension dans le bruit, nous avons observé de meilleurs résultats avec les appareils de type contour à écouteurs déportés qu'avec les appareils à microphone externe, même si la différence de performance reste minime.

Etude et comparaison du positionnement microphonique d'un appareil de type contour à écouteur déporté et d'un appareil à microphone externe

Mémoire soutenu en vue de l'obtention du diplôme d'Etat d'Audioprothésiste

Lucie Bastian

Année 2014

MOTS CLES :

Positions microphoniques ; directivité ; Lex, Alera 961 ; microphone externe ; contour à écouteur déporté