



HAL
open science

Comparaison subjective de deux méthodes de pré-sélection dans le cas d'un renouvellement

Raphaël Malca

► **To cite this version:**

Raphaël Malca. Comparaison subjective de deux méthodes de pré-sélection dans le cas d'un renouvellement. Médecine humaine et pathologie. 2014. hal-02109682

HAL Id: hal-02109682

<https://hal.univ-lorraine.fr/hal-02109682>

Submitted on 25 Apr 2019

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

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



AVERTISSEMENT

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

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

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

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

LIENS

Code de la Propriété Intellectuelle. articles L 122. 4

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

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

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



Université Henri Poincaré – Nancy I
Faculté de Pharmacie

Comparaison subjective de deux méthodes de pré-sélection dans le cas d'un renouvellement

Mémoire présenté en vue de l'obtention
du diplôme d'Etat d' Audioprothésiste
Année 2014

Maître de mémoire
Mme D. PIRCHER

Candidat
Raphaël MALCA

Remerciements

L'idée que j'avais en tête lorsque j'envisageais de choisir ce sujet de mémoire " Comparaison subjective de 2 méthodes de pré-sélection dans le cadre d'un renouvellement ", n'aurait pas pu aboutir sans l'aide de toutes les personnes qu'il me tient à coeur de remercier.

Avant tout, les sept patients qui ont pris de leur temps pour me permettre d'élaborer l'étude réalisée dans le cadre de mon mémoire.

Je remercie maintenant Mme Dominique PIRCHER - Responsable du Centre Audika Rue d'Alésia - qui m'a accompagné avec patience et engagement durant toute ma période de stage de 3ème année en vue de l'aboutissement de mon mémoire.

Un grand merci également à M. Romain PIRCHER - Technicien Audika - pour notre collaboration et notre complicité.

Je voudrais également remercier M. Jean-Marc DARVES - Directeur du Comité Scientifique d'Audika - qui a validé mon sujet de mémoire alors même que la recherche et la mise en place de la méthode faite par AUDIKA sont confidentielles. Je le remercie également pour avoir partagé avec moi une multitude de supports confidentiels me permettant de me documenter très largement.

M. Eric BOUGEROLLES - Audioprothésiste chez le fabricant OTICON - qui m'a transmis son savoir avec ferveur, je le remercie pour m'avoir fourni tous les documents et supports se rapportant à mon étude, ce qui m'a permis de la réaliser dans les meilleures conditions possibles.

Enfin, je n'oublierai jamais M. Joël DUCOURNEAU - Directeur de la Formation d'Audioprothèse de Nancy - grâce à qui j'ai pu passer trois merveilleuses années d'études. Son écoute professionnelle et ses qualités humaines m'ont complètement séduits et m'ont fait aimer le métier que je pratiquerai à l'avenir.

J'ai à coeur d'exprimer également mes remerciements à Mme Sylvie GRIFFOND - Assistante de la formation d'Audioprothèse à Nancy - sa gentillesse et son accompagnement de tous les instants m'ont permis d'appréhender ces trois années très sereinement.

Enfin et non des moindres, tous les enseignants et intervenants de la formation qui pendant ces trois ans m'ont communiqué avec beaucoup de pédagogie, leur savoir et leur méthodologie.

Sommaire

| | |
|--|----|
| Introduction | 1 |
| Partie 1: Présentation des deux méthodes de pré-sélection | 3 |
| I. La méthode DVO (Dynamique Vocale Optimisée) | 5 |
| A. Base de la méthode DVO | 5 |
| B. Typologies | 8 |
| 1. Réactif | 10 |
| 2. Précis | 10 |
| 3. Equilibré | 10 |
| 4. Doux | 10 |
| 5. Stable | 10 |
| C. Les différentes actions des différentes typologies | 10 |
| 1. Ratio de compression maximum | 10 |
| 2. Largeur de bande | 10 |
| 3. Distance d'écoute | 10 |
| 4. Constantes temporelles de la compression | 11 |
| 5. Effets sur la Gestion Tri-mode du Bruit | 11 |
| 6. Effets sur la directivité adaptative multibandes | 11 |
| 7. Vitesse des transitions | 12 |
| D. Questionnaire de prescription personnelle | 12 |
| 1. Réduction du bruit | 13 |
| 2. Compression | 14 |
| 3. Directivité | 15 |
| 4. Aide à l'écoute | 16 |
| E. Mise en place de la méthode de pré-sélection DVO | 16 |
| II. La méthode NAV (Nouvelle vision de l'audition) | 17 |
| A. La méthode DSL | 17 |
| 1. Origine | 17 |
| 2. Historique | 17 |
| 3. Intérêt de la compression sur 2 études comparatives | 18 |
| 4. DSL v5: considérations sur la sélection et l'adaptation | 18 |
| B. La méthode NAV | 22 |
| 1. Principes de développement de la méthodologie | 22 |
| 2. Pré-requis de cette méthodologie | 23 |
| 3. Adaptation pré-appareillage | 29 |
| 4. Adaptation avec présence du patient | 33 |

| | |
|--|----|
| Partie 2: Protocole de mise en place pour la comparaison des deux méthodes de pré-sélection..... | 39 |
| I. Sélection de la patientèle | 40 |
| A. Cible | 40 |
| 1. Critères d'inclusion | 40 |
| 2. Critères d'exclusion | 41 |
| B. Présentation de l'échantillon | 42 |
| 1. Présentation générale de l'échantillon | 42 |
| 2. Surdités de l'échantillon | 43 |
| 3. Informations de l'appareillage précédent | 45 |
| II. Matériel utilisé | 46 |
| A. Matériel audiométrique | 46 |
| B. Autres matériels (DL)..... | 46 |
| III. Détail du protocole de comparaison | 47 |
| A. Etape 1: Le premier RDV | 47 |
| B. Etape 2: La livraison | 47 |
| 1. L'adaptation..... | 47 |
| 2. Consignes..... | 48 |
| C. Etape 3 : Modification des réglages des programmes | 49 |
| 1. L'adaptation..... | 49 |
| 2. Consignes..... | 49 |
| 3. Remarque..... | 49 |
| D. Etape 4 : L'inversion des programmes | 49 |
| 1. L'adaptation..... | 50 |
| 2. Consignes..... | 50 |
| 3. Remarque..... | 50 |
| E. Etape 5 : Les tests..... | 50 |
| 1. Audiométrie tonale en champs libre | 50 |
| 2. Audiométrie vocale en champs libre..... | 51 |

| | |
|---|----|
| Partie 3: Résultat de l'étude comparative | 53 |
| I. Pré-requis de l'analyse de l'étude | 54 |
| A. Principe d'analyse | 54 |
| B. Critères pris en compte pour l'analyse | 54 |
| 1. Moyenne | 54 |
| 2. Ecart type | 55 |
| 3. Test de Student | 55 |
| II. Résultats issus des Data Logging | 56 |
| A. Etude de la proportion d'utilisation de chaque programme | 56 |
| B. Etude de la proportion d'utilisation dans chaque environnement | 57 |
| C. Etude de la proportion d'utilisation des modes directionnels | 58 |
| III. Résultats issus des mesures subjectives | 60 |
| A. Résultats de l'analyse de l'audiométrie tonale | 60 |
| 1. Résultat de l'étude | 60 |
| 2. Comparaison des résultats (étude du gain prothétique) | 61 |
| B. Résultat de l'analyse de l'audiométrie vocale | 63 |
| 1. Résultat de l'étude | 63 |
| 2. Comparaison des résultats | 64 |
| Conclusion | 67 |
| Bibliographie | 68 |

Table des figures

| | |
|---|----|
| Figure 1: Comparaison de la sensation sonore chez un normo-entendant et un malentendant | 5 |
| Figure 2: Courbe entrée/sortie de la méthode DVO | 6 |
| Figure 3: Illustration des 5 typologies de la méthode DVO | 9 |
| Figure 4: Tableau des questionnaires de la prescription personnelle | 12 |
| Figure 5: Illustration des typologies avec leurs 3 niveaux | 13 |
| Figure 6: Illustration de la réduction du bruit (gestionnaire Youmatic)..... | 13 |
| Figure 7: Illustration de la compression (gestionnaire Youmatic)..... | 14 |
| Figure 8: Tableau des différentes vitesses de compression | 14 |
| Figure 9: Illustration de la directivité (gestionnaire Youmatic)..... | 15 |
| Figure 10: Illustration des différentes directivités | 15 |
| Figure 11: Illustration de l'aide à l'écoute (gestionnaire Youmatic) | 16 |
| Figure 12: Courbe entrée/sortie en fonction des différents seuils d'enclenchement..... | 19 |
| Figure 13: Courbe d'isotonie chez un normo-entendant..... | 23 |
| Figure 14: Courbe d'isotonie chez un sujet presbyacousique | 24 |
| Figure 15: Modification des courbes isotoniques suite à étude (Norme ISO 2003)..... | 25 |
| Figure 16: Comparaison des champs dynamiques entre un normo-entendant et un malentendant | 25 |
| Figure 17: Tableau des différentes valeurs de dynamiques en fonction des fréquences | 26 |
| Figure 18: Illustration du Tk..... | 26 |
| Figure 19: Illustration du TA (temps d'attaque) et du TR (temps de retour)..... | 27 |
| Figure 20: Représentation des phonèmes sur un audiogramme | 27 |
| Figure 21: Signal de parole illustrant les formants de transitions, des consonnes et des voyelles | 28 |
| Figure 22: Valeurs des facteurs de compression en fonction des seuils auditifs..... | 30 |
| Figure 23: Illustration des facteurs de compression à l'aide du fonctionnement de la membrane basilaire | 30 |
| Figure 24: Illustration des 3 courbes de compression..... | 31 |
| Figure 25: Illustration de la courbe de compression (surdité légère) | 32 |
| Figure 26: Illustration de la courbe de compression (surdité moyenne) | 32 |
| Figure 27: Illustration de la courbe de compression (surdité sévère) | 32 |
| Figure 28: Tableau récapitulatif des facteurs de compression en fonction des degrés de surdité | 33 |
| Figure 29: Illustration de la sous correction selon la méthode NAV | 34 |
| Figure 30: Illustration du logiciel Audirama | 35 |
| Figure 31: actions à réaliser dans le cas du test d'équilibre stéréophonique | 36 |
| Figure 32: actions à réaliser dans le cas du test d'égale sensation | 37 |
| Figure 33: actions à réaliser dans le cas du test de vérification de la tolérance aux sons forts | 38 |
| Figure 34: Tableau de présentation de l'échantillon | 42 |
| Figure 35: Superposition des audiogrammes de l'oreille droite de l'échantillon | 43 |
| Figure 36: Moyenne des audiogrammes de l'oreille droite de l'échantillon | 43 |
| Figure 37: Superposition des audiogrammes de l'oreille gauche de l'échantillon | 44 |
| Figure 38: Moyenne des audiogrammes de l'oreille gauche de l'échantillon | 44 |
| Figure 39: Détails de l'ancien équipement de l'échantillon..... | 45 |
| Figure 40: Typologie et gestionnaire Youmatic de chaque échantillon | 48 |
| Figure 41: Présentation des résultats de l'étude réalisée par Léon Dodele..... | 52 |
| Figure 42: Tableau des résultats des pourcentages d'utilisation de chaque programme représentant tout l'échantillon | 56 |
| Figure 43: Graphique incluant uniquement les moyennes des résultats du pourcentage d'utilisation de chaque programme... 56 | 56 |
| Figure 44: Tableau des proportions d'utilisation de chaque environnement en fonction des programmes | 57 |
| Figure 45: Graphique incluant uniquement les moyennes des proportions d'utilisation de chaque environnement | 57 |
| Figure 46: Tableau des proportions d'utilisation de chaque directivité microphonique en fonction des programmes | 58 |
| Figure 47: Graphique incluant uniquement les moyennes des proportions d'utilisation des directivités microphoniques..... 59 | 59 |
| Figure 48: Tableau de comparaison des seuils auditifs en fonction des méthodes d'adaptation | 60 |
| Figure 49: Illustration de la moyenne des différents seuils auditifs..... | 60 |
| Figure 50: Tableau des résultats des gains prothétiques tonals en fonction de la méthode d'adaptation de tout l'échantillon .. 61 | 61 |
| Figure 51: Illustration des différents gains prothétiques tonals en fonction de la méthode d'adaptation | 62 |
| Figure 52: Tableau des pourcentages de bonnes réponses en audiométrie vocale en fonction de la méthode d'adaptation | 63 |
| Figure 53: Pourcentage moyen de bonnes réponses à l'audiométrie vocale en fonction de la méthode d'adaptation | 63 |
| Figure 54: Tableau des résultats des gains prothétiques vocaux (%) en fonction de la méthode d'adaptation de tout l'échantillon | 64 |
| Figure 55: Pourcentage moyen d'amélioration en vocale en fonction de la méthode d'adaptation | 65 |

Introduction

Ce mémoire représente l'aboutissement de trois années d'études d'audioprothèse.

L'idée du sujet est venue comme une évidence au cours du premier mois de mon stage de troisième année.

Le comité scientifique de Audika propose à leurs audioprothésistes une méthode d'appareillage appelé NAV. Très rapidement, cette méthode m'a été enseignée par Mme D. PIRCHER qui la pratique systématiquement pour l'adaptation des aides auditives. Tout naturellement, je me suis posé la question de savoir si cette méthode nécessitant des années de recherches et sans cesse en évolution, améliorerait l'intelligibilité et le confort du patient en comparaison avec les méthodes classiques (NAL-NL1 / DSL i/o / NAL-NL2...) ou les méthodes fabricants (DVO, miCon-Fit, e-STAT, Phonak Target...).

J'ai décidé pour mon sujet de mémoire de comparer la méthode NAV à la méthode DVO car Mme D. PIRCHER travaille beaucoup avec les appareils de la marque OTICON. De plus, la méthode DVO est relativement récente (début 2013) et elle est présentée par le fabricant comme étant actuellement la méthodologie la plus intéressante car il y a une prise en charge personnalisée des réglages. En effet, les réglages DVO sont basés sur l'audiogramme, mais aussi, le sexe, l'âge, le mode de vie, le ressenti de la personne appareillée.

Cette étude intéresse mon maître de mémoire, c'est donc avec enthousiasme qu'elle a accepté de m'épauler dans cette étude et partager avec moi son savoir dans le domaine de l'audioprothèse.

Je me suis longtemps interrogé sur la mise en place de l'étude (sélection de la population, procédure de l'étude, test à réaliser...) pour au final m'orienter vers une étude subjective des sujets déjà appareillés.

C'est avec le soutien de Mme D. PIRCHER (Maître de mémoire) et l'approbation de M J. DUCOURNEAU (Directeur des études d'audioprothèse de l'école de Nancy) que le sujet a été accepté en vue de l'obtention du diplôme d'état d'audioprothèse.

" Comparaison subjective de deux méthodes de pré-sélection dans le cas d'un renouvellement "

Dans une première partie, nous verrons la présentation des deux méthodes de pré-sélection comparées avec les détails de chaque méthode ainsi que la partie pratique de l'adaptation avec chaque méthode.

La seconde partie portera sur le protocole mis en place pour la comparaison des deux méthodes avec une présentation de l'échantillon du test, du matériel utilisé et du protocole de l'étude mis en place.

Enfin, dans la dernière partie, nous verrons les résultats de l'étude issus du Data Logging et des tests subjectifs. Les résultats seront accompagnés d'une analyse.

Partie 1: Présentation des deux méthodes de pré-sélection

Partie 1: Présentation des deux méthodes de pré-sélection

Toutes les méthodes de pré-sélection proposent une première base de paramètres de réglages calculée en fonction de la perte auditive, et des paramètres acoustiques de l'embout. Un affinement de ces paramètres est ensuite fait, afin d'obtenir de la cohérence et d'intégrer les sensations du patient pour réaliser un compromis entre intelligibilité et confort.

La pré-sélection est l'étape clé de l'appareillage. Une bonne méthodologie de pré-sélection permet d'avoir une bonne base pour les réglages et modifications à suivre.

Le but de toutes les méthodes de pré-sélection est de fournir une estimation des cibles de réglages de l'appareil auditif. Bien que les différentes méthodes puissent sensiblement différer, leurs principes fondamentaux restent les mêmes, elles sont toutes basées sur la psychoacoustique et la physiologie de l'oreille.

Les méthodes de pré-sélection prennent également en compte un certain nombre de principes complémentaires :

- Le niveau de gain nécessaire qui dépend de la perte auditive,
- La courbe de réponse qui dépend :
 - de la configuration audiométrique,
 - du signal émis : le spectre vocal,
- La limitation de l'amplification des fréquences graves qui s'avère nécessaire pour éviter l'effet de masquage des fréquences aiguës par les graves.

Le niveau maximal de sortie doit être suffisamment élevé et au-dessus du seuil d'audition sans dépasser le niveau d'inconfort (UCL : UnConfortable Level). [1]

Chez Audika, un comité scientifique travaille sans cesse pour améliorer la qualité du travail des audioprothésistes. Le comité a pour fonction de :

- étudier les nouvelles technologies d'appareil,
- étudier l'amélioration apportée par les traitements de signaux,
- étudier les logiciels pour donner toutes les clés aux audioprothésistes de chez Audika afin d'améliorer les réglages,
- toujours améliorer leur méthode de pré-sélection appelée méthode NAV (Nouvelle Vision de l'Audition) basée sur la méthodologie DSL V5 adulte.

I. La méthode DVO (Dynamique Vocale Optimisée)

A. Base de la méthode DVO

Pour garantir une bonne amplification sans artefacts (un son ayant subi une transformation), Oticon met en œuvre une méthodologie d'appareillage spécifique nommée Dynamique Vocale Optimisée (DVO). Oticon a tiré parti de son expérience sur les stratégies d'amplification issues de sa recherche (par exemple POGO II & ASA2) pour offrir un nouveau modèle de compression.

Le traitement sonore avancé de DVO est réalisé sur une compression curvilinéaire (la compression curvilinéaire concave donne le gain nécessaire pour une perception naturelle des niveaux sonores conversationnels) comportant jusqu'à sept points d'enclenchement afin d'assurer une réponse en fréquence régulière pour tous les niveaux d'entrée (on parle dans ce cas de seuil d'enclenchement - Tk - flottant).

La Dynamique Vocale Optimisée est articulée autour d'un nouveau modèle de sensation sonore développé par Buus et Florentine (Buus & Florentine, 2001). Ce modèle réfute la vieille idée selon laquelle les personnes malentendantes présentent une augmentation anormale de la sensation sonore au-dessus d'un certain seuil. Le graphique suivant illustre cette idée.

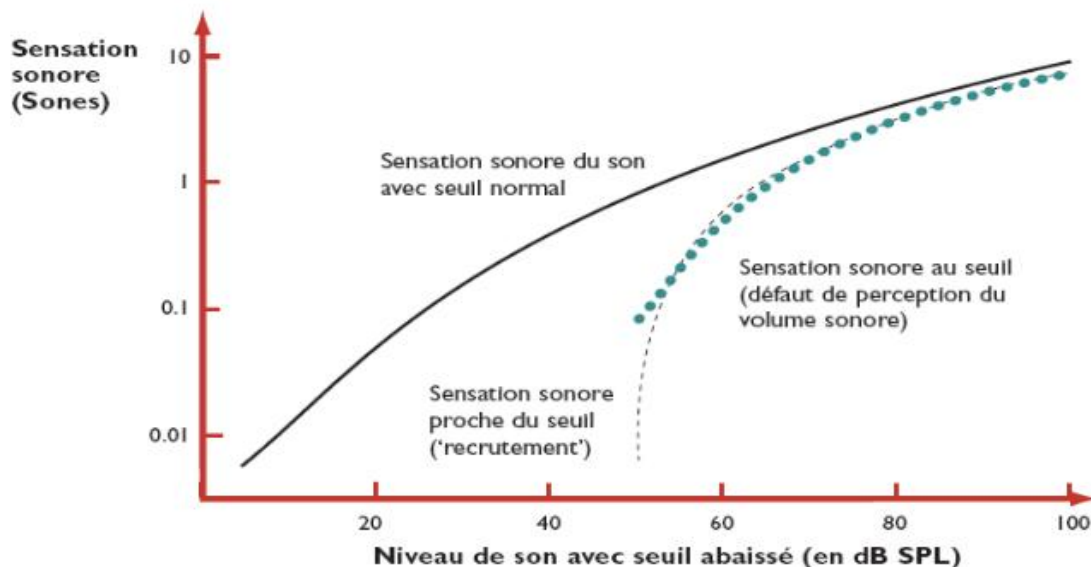


Figure 1: Comparaison de la sensation sonore chez un normo-entendant et un malentendant [2]

En réalité, les personnes malentendantes souffrent d'un défaut de perception des sons faibles car les sons qui sont tout juste audibles ne sont pas faibles. En conséquence, si les sons faibles sont rendus audibles aux malentendants, il est vraisemblable qu'ils les percevront à un niveau sonore plus élevé que leur niveau normal.

Comparée aux stratégies d'amplification conventionnelles, la Dynamique Vocale Optimisée produit moins de compression aux niveaux d'entrée hauts, c'est-à-dire qu'elle amplifie sur toute la dynamique, et moins de compression aux niveaux d'entrée bas grâce à un point d'enclenchement de compression plus bas et à un gain accru. La compensation du niveau sonore en tant que tel n'est pas l'objectif de cette méthodologie ; sa priorité est de fournir une meilleure qualité sonore subjective sans perte d'intelligibilité de la parole. La compression curvilinéaire telle qu'elle résulte des sept points d'enclenchement assure que la réaction à des niveaux sonores divers est régulière et qu'elle n'est pas affectée par des effets secondaires indésirables comme le "pompage".

La courbe i/o peut être décomposée en 5 parties distinctes :

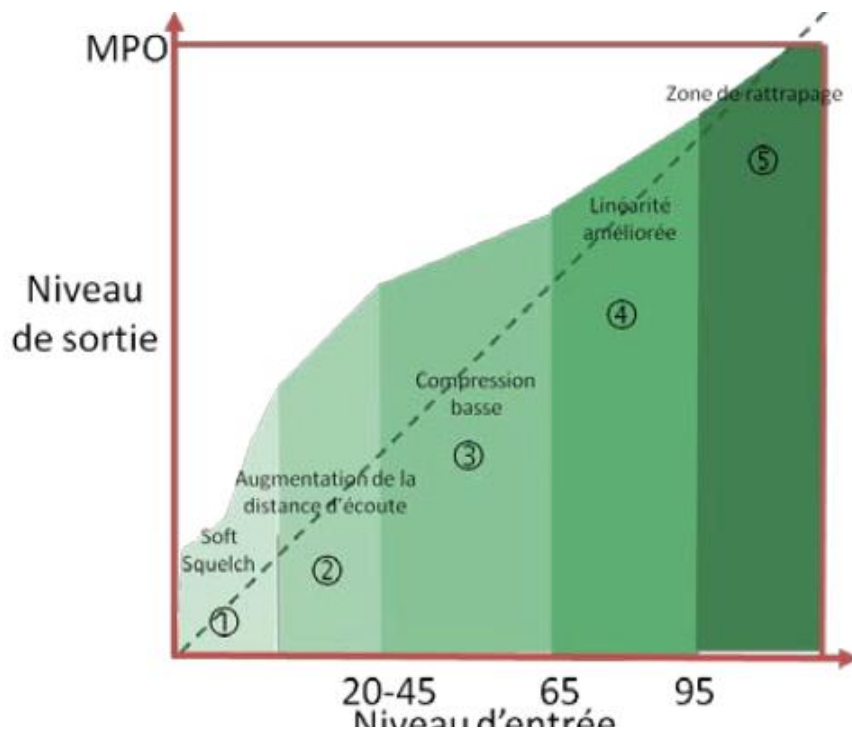


Figure 2: Courbe entrée/sortie de la méthode DVO [2]

1 - Soft Squelch

De 0 à 30 dB: le Soft Squelch. La DVO produit moins de compression aux niveaux d'entrée faibles grâce à un point d'enclenchement de compression plus bas que les stratégies d'amplification conventionnelles. Il en résulte que, pour les niveaux d'entrée inférieurs à 30 dB SPL, la gêne provoquée par les sons de basse intensité va être amoindrie.

2 - Amélioration de la distance d'écoute

Avec un point d'enclenchement variable compris entre 20 et 45 dB, la compression bas niveau rend audible les sons faibles, améliorant ainsi la distance d'écoute. La personne qui porte des aides auditives bénéficie d'une amélioration de sa perception et de sa connectivité avec l'environnement auditif. Nous améliorerons la perception des sons environnementaux de bas niveaux sans affecter le gain appliqué aux entrées plus fortes.

3 - Compression bas niveau

Pour les entrées comprises entre 45 et 65 dB, la compression est augmentée puisque les conditions d'écoute sont excellentes et que l'impact de ratios de compression élevés ne va pas diminuer la compréhension de la parole. L'avantage essentiel de points d'enclenchement plus bas est l'aptitude à fournir un gain linéaire plus important pour les entrées sonores plus hautes, là où les indices temporels de la parole sont plus importants.

4 - Linéarité haut niveau accrue

Un des avantages d'une compression bas niveau accrue est la possibilité d'utiliser une moindre compression pour les niveaux d'entrée plus hauts. Les environnements contenant des niveaux sonores plus hauts sont souvent composés de sources sonores complexes (par exemple, bruit de fond et plusieurs interlocuteurs) avec des ratios Signal/Bruit faibles, qui rendent l'écoute plus difficile.

La production d'une linéarité accrue au moyen d'une moindre compression pour les signaux élevés permet au malentendant appareillé d'avoir accès à des indications importantes de la parole dans les environnements d'écoute difficiles.

Premièrement, une linéarité accrue offre un accès plus important aux indications temporelles de la parole. Cet aspect est particulièrement important pour les malentendants car, contrairement à la résolution en fréquence, la résolution temporelle n'est pas altérée tant que la déficience auditive est inférieure à 70dBHL et tant que l'audibilité du signal fait l'objet d'une compensation (Turner, Souza, & Forget, 1995).

Il faut aussi noter un autre point important - dans les environnements d'écoute difficiles, lorsque le malentendant appareillé dispose d'un accès réduit à l'information spectrale (à cause du masquage par le bruit de fond) - il s'appuie dans une plus large mesure sur les indications temporelles qui résistent mieux au masquage. Par conséquent, il est impératif de réduire la compression pour optimiser l'accès aux informations temporelles.

Deuxièmement, les situations de communication à niveaux d'intensité élevés ont des rapports S/B bas et, en conséquence, la dynamique rapide de l'environnement est réduite et une compression est inutile pour assurer l'audibilité des parties bas niveaux du signal. Dans ces cas, une réduction des effets secondaires néfastes de la compression va dans le sens d'une amélioration de la communication.

5 - Zone de rattrapage

Pour aller encore plus loin dans le confort d'écoute dans des environnements d'écoute difficiles, DVO présente une fonction de rattrapage : en d'autres termes, pour les niveaux d'entrée élevés, le système n'applique aucune amplification (le gain est unitaire, c'est-à-dire 0 dB). Associé à la Gestion du Bruit, ce rattrapage garantit que l'utilisateur ne sera pas inutilement gêné par les entrées sonores de hauts niveaux.

Conclusion

Les avantages clés de la Dynamique Vocale Optimisée sont la possibilité de disposer d'une meilleure compréhension des sons faibles avec une distance d'écoute accrue tout en offrant une compression plus importante aux niveaux de pressions sonores plus bas. Ce qui donne l'opportunité d'appliquer une moindre compression dans les situations d'écoute plus difficiles afin d'accroître plus encore la compréhension de la parole. La Dynamique Vocale Optimisée travaille en coopération avec la gestion du bruit et la directivité pour être sûr que la personne qui porte les aides auditives bénéficie d'un son amplifié sans artefacts, ce qui offre la meilleure compréhension possible de la parole dans tous les environnements d'écoute.

B. Typologies

Pendant très longtemps, l'adaptation des appareils auditifs a été déterminée par des approches basées sur des préconisations (par exemple NAL-NL1, DSLi/o et ASA2). Bien que ces approches donnent d'excellentes indications pour le calcul des caractéristiques de compression et de gain, l'adaptation d'appareils auditifs modernes constitués de systèmes adaptatifs et automatiques de plus en plus complexes s'avère de plus en plus difficile.

S'ajoute à la complexité de l'adaptation le fait qu'aucune combinaison de réglages n'est la même pour tous les clients (Gatehouse, Naylor & Elberling, 2003). Par exemple, certains patients peuvent préférer ressentir les changements dans le signal apportés par les caractéristiques sonores d'un système actif de gestion du bruit. D'autres peuvent préférer que les réactions adaptatives à l'environnement sonore soient moins perceptibles.

Pour les patients ayant des préférences très différentes sur le plan des réglages des appareils auditifs, la fonction intelligente des systèmes automatiques d'une aide auditive leur permet d'obtenir un meilleur résultat. La clé d'un bon réglage est une combinaison de facteurs comme:

- des informations audiométriques,
- réglages du gain et de la compression,
- préférences d'écoute des utilisateurs,
- détermination d'un bon équilibre des caractéristiques automatiques (Lunner, 2003).

Le résultat est que, si nous souhaitons résoudre tous ces problèmes avec notre mode de réflexion actuel, nous développerons un processus d'adaptation qui sera, tout simplement, inutilisable. La possibilité d'accéder à tous les contrôles d'adaptation et à toutes les combinaisons des fonctionnalités qui sont le fondement de l'Intelligence Vocale donnerait naissance à une adaptation extrêmement lourde, à un processus caractérisé par la possibilité d'une mauvaise adaptation faisant suite à une combinaison incorrecte des fonctionnalités.

Nous avons largement dépassé l'époque des simples trimmers.

Oticon offre une solution aux problèmes de la technologie croissante des aides auditives en introduisant un concept nouveau pour l'adaptation des appareils auditifs. Ce concept est celui des Typologies.

Elles vont au-delà de la simple prescription de gain ou de réponse en fréquences en introduisant les réglages des fonctionnalités uniques de l'aide auditive, comme :

- les constantes de temps de la compression,
- les fonctions adaptatives automatiques
 - la directivité
 - l'analyse de l'environnement
 - les systèmes de détection.

"Les typologies sont une série de cinq combinaisons uniques de paramètres d'amplification et de réglages des fonctionnalités avancées. Chaque typologie correspond à une méthode facile et intuitive pour disposer d'un système d'écoute d'une catégorie distincte, reconnaissant que chaque malentendant est différent et a donc des préférences auditives particulières, des écologies auditives et des aptitudes cognitives différentes (Gatehouse, Naylor & Elberling, 2003) et vous permet donc de vous adapter à ces exigences rapidement et aisément." [3]

Oticon a mis en œuvre cinq typologies différentes qui recouvrent cinq zones distinctes de la fonctionnalité d'une aide auditive conçue pour répondre à la complexité du signal comme le demandent les personnes atteintes d'une déficience auditive :

- Réactif
- Précis
- Equilibré
- Doux
- Stable



Figure 3: Illustration des 5 typologies de la méthode DVO

Chaque typologie prend en compte toutes les données disponibles pour offrir les meilleurs réglages de l'aide auditive. Ces données sont :

- la déficience auditive,
- la tranche d'âge du sujet,
- l'expérience de l'amplification.

Les différentes typologies préconisent alors des réglages très différents pour la courbe de réponse, la directivité et la réduction de bruit afin d'offrir la meilleure adaptation à chaque malentendant, à son genre de vie et à ses préférences d'écoute.

Il faut noter qu'Oticon ne communique pas les spécificités réelles de ce système car la façon dont ils ont assuré leur équilibre est un élément propriétaire d'Oticon.

Les typologies proposées sont au nombre de cinq, toutefois seules les trois typologies intermédiaires sont proposées pour le programme principal par Genie. Les deux autres sont destinées à être utilisées dans un programme spécifique complémentaire.

1. Réactif

Cette typologie permet de rendre l'appareil extrêmement réactif à l'environnement sonore. Ce mode de fonctionnement ne doit pas être utilisé sur un programme général car il pourrait entraîner une fatigue auditive. Nous en recommandons l'utilisation sur un 2^{ème} programme destiné par exemple à des réunions professionnelles.

2. Précis

Elle est destinée à des clients jeunes et aux capacités cognitives excellentes. Elle convient tout particulièrement aux adaptations pédiatriques. Une aide auditive utilisant cette typologie sera très réactive aux variations de l'environnement sonore. Cette typologie est axée avant tout sur l'efficacité et l'intelligibilité en milieu bruyant.

3. Equilibré

C'est la typologie par défaut. Elle représente un excellent équilibre entre confort et efficacité.

4. Doux

Cette typologie est destinée aux malentendants dont les capacités cognitives sont inférieures à la moyenne. L'information transmise est volontairement réduite afin de ne pas surcharger le système central. Le confort reste la priorité de cette typologie.

5. Stable

Il s'agit ici de rendre l'appareil le moins réactif possible aux variations modérées de l'environnement sonore. Comme pour la typologie Energique, nous en recommandons l'utilisation sur un 2^{ème} programme.

C. Les différentes actions des différentes typologies

1. Ratio de compression maximum

Plus le taux de compression est important, plus le signal de sortie est comprimé et plus nous pouvons mettre des informations acoustiques dans la dynamique résiduelle du malentendant. Un patient jeune ayant de bonnes capacités cognitives est plus à même de trier un grand nombre d'informations par rapport à une personne ayant des capacités réduites. Par conséquent, une typologie de type " Réactif " autorisera l'utilisation de taux de compression plus faibles qu'une typologie de type " Stable ".

2. Largeur de bande

De la même façon, plus la largeur de la bande fréquentielle est importante et plus la quantité d'informations transmise est importante. Par conséquent, une typologie de type " Réactif " fournira un peu plus d'audibilité (donc plus de gain) sur les fréquences aigües qu'une typologie de type " Stable ".

3. Distance d'écoute

Le gain fourni sur les sons faibles permet d'augmenter la distance d'écoute mais il " enrichit " davantage le signal sonore. De plus, si l'on utilise un peu plus de gain à bas niveau, cela signifie qu'il faudra utiliser un peu plus de compression sur les niveaux supérieurs. Il devient

donc évident que la typologie " Stable " proposera moins de gain à bas niveau et donc une distance d'écoute moins importante que la typologie " Energique ".

4. Constantes temporelles de la compression

Une compression lente (temps de retour long) offre l'avantage de fournir une amplification plus stable qu'une compression rapide et un meilleur confort d'écoute. Toutefois, elle ne permet pas " d'entendre dans les creux " c'est-à-dire de percevoir les indices de faibles intensités entre deux sons forts. Ce type de compression réduit donc la quantité d'informations transmises. Il apparait donc logique que les constantes de temps soient plus courtes avec la typologie " Réactif " qu'avec la typologie " Stable ".

5. Effets sur la Gestion Tri-mode du Bruit

Différenciation des modes :

La gestion Trimode du Bruit, comme l'indique son nom, possède trois modes de réduction de bruit. La différenciation entre ces trois modes est liée au rapport Signal/Bruit. Un rapport S/B très favorable enclenche le mode Parole Seule alors qu'à l'inverse, un rapport S/B très négatif met en œuvre le mode Bruit Seul. Entre les deux, se situe le mode Parole+Bruit.

Un patient dont les capacités cognitives sont limitées, aura beaucoup de mal à extraire la parole du bruit lorsque le rapport S/B est faible. Une personne aux capacités meilleures pourra au contraire être performante avec un tel rapport S/B. Dans ces conditions, il conviendra de favoriser le confort dans le premier cas et de favoriser l'intelligibilité dans le second. En conséquence, dans la typologie " Stable ", le mode Bruit seul est activé pour un rapport S/B supérieur à celui déclenchant ce même mode dans la typologie " Réactif ".

Vitesse des transitions entre modes :

Le temps que met l'aide auditive pour passer d'un mode à l'autre varie en fonction des typologies. L'objectif d'une typologie " Réactif " est d'être extrêmement réactif aux variations de l'environnement au contraire de " Stable " qui se doit d'être la plus neutre possible. Par conséquent, les changements de mode interviendront plus souvent et plus rapidement avec la typologie " Réactif " qu'avec la typologie " Stable ".

Atténuation :

La quantité de réduction de bruit appliquée à un même signal varie en fonction des typologies. " Stable " correspond à une atténuation maximum alors que " Réactif " offrira une réduction moindre. [4]

6. Effets sur la directivité adaptative multibandes

Différenciation des modes :

La directivité adaptative multibandes possède trois modes : Omnidirectionnel, Directivité Partagée et Directivité totale. Les typologies entraînent des réactions différentes de la directivité en fonction du niveau sonore d'entrée. Lorsque le niveau est faible, seule la position omnidirectionnelle est utilisée. Lorsque le signal d'entrée est moyen, l'intelligence

artificielle étudie la possibilité d'utiliser soit le mode omnidirectionnel, soit le mode directivité partagée. Enfin, lorsque le niveau devient fort, les trois possibilités sont analysées (Omni, Partagée, Totale).

C'est la définition de " faible ", " moyen " et " fort " qui change d'une typologie à une autre. " Réactif " étudiera plutôt la possibilité de passer en directivité partagée et plutôt également la possibilité de passer en directivité totale.

7. Vitesse des transitions

Le temps que met l'aide auditive pour passer d'un mode à l'autre varie en fonction des typologies. La typologie " Réactif " déclenche plus souvent le changement de mode que la typologie " Stable " .

Conclusion

En tant que concept général, nous pouvons percevoir les typologies comme modifiant la vitesse et l'importance de la réaction à l'environnement. Il est important de noter que les typologies ne doivent pas être considérées comme étant un trimmer puisque la position finale vers laquelle le système évolue, change d'une typologie à l'autre. Chaque typologie a un objectif spécifique et les systèmes sont configurés de façon à se rapprocher le plus possible de l'état idéal.

D. Questionnaire de prescription personnelle

Hormis la déficience auditive, la tranche d'âge du sujet et l'expérience de l'amplification, un questionnaire est pris en compte pour déterminer la typologie la plus adaptée au sujet. Par l'intermédiaire de quatre questions, le mode de vie du patient ainsi que son ressenti sonore et ses attentes seront pris en compte afin d'orienter l'appareillage vers la typologie correspondant le mieux au profil patient.

Les quatre questions sont :

| Question | Réponse 1 | Réponse 2 | Actions |
|---|------------------|-------------------|---|
| Je suis aisément perturbé par les sons environnants | Oui | Parfois seulement | Oui > Typologie plus Stable Parfois seulement > Typologie plus Réactif |
| Je préfère entendre tous les sons, même s'ils sont gênants | Oui | Non | Oui > Typologie plus Réactif Non > Typologie plus Stable |
| Je préfère que le son soit | Clair et net | Doux et rond | Clair et Net > Typologie plus Réactif Doux et rond > Typologie plus Stable |
| Mes environnements sonores quotidiens sont | Réactif | Moins réactif | Réactif > Typologie plus Réactif Moins réactif > Typologie plus Stable |

Figure 4: Tableau des questionnaires de la prescription personnelle

Le gestionnaire Youmatic

Le traitement de signal des aides auditives est très complexe et inclut de nombreux paramètres visant à la configuration d'une aide auditive. Or, ces paramètres sont très souvent liés à la capacité d'écoute mais aussi et surtout aux préférences sonores.

Le gestionnaire Youmatic est le " tableau de bord " de l'aide auditive, disponible uniquement pour la méthode de pré-sélection. Il permet en un coup d'œil de visualiser de nombreux paramètres de réglages comme le réducteur de bruit, la compression, la directivité et l'aide à l'écoute.

Le gestionnaire Youmatic est juste un visuel : les différentes typologies avec chacune trois niveaux permettent de faire évoluer les traitements du son.



Figure 5: Illustration des typologies avec leurs 3 niveaux

1. Réduction du bruit

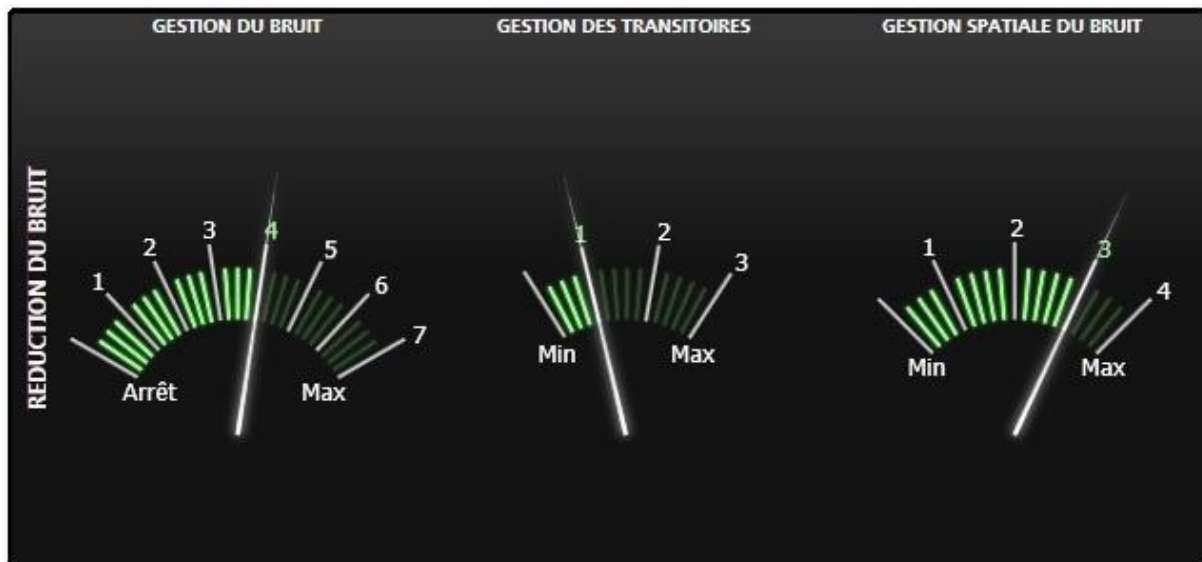


Figure 6: Illustration de la réduction du bruit (gestionnaire Youmatic)

La Gestion du bruit est d'une grande aide dans les situations bruyantes en diminuant les bruits forts et intenses, mais s'arrête automatiquement lorsque l'environnement devient silencieux ou que le porteur ait besoin d'entendre car il y a un signal de conversation.

La gestion des transitoires est efficace lorsque la conversation est mêlée à du bruit. Le signal et le bruit sont superposés, l'appareil analyse entre chaque transition le signal et s'il s'agit de bruit, il va le diminuer.

La gestion spatiale du bruit est couplée à la directivité microphonique, l'appareil peut diminuer le bruit arrière pour faire émerger davantage la parole de l'interlocuteur situé en face.

2. Compression



Figure 7: Illustration de la compression (gestionnaire Youmatic)

La compression a un impact direct sur l'intelligibilité. Lorsque la vitesse de compression est minimum, on parle de compression lente et lorsqu'elle est maximum, on parle de compression rapide.

Il n'existe pas une bonne vitesse de compression, chaque sujet est différent. En revanche, chaque vitesse de compression a ses avantages et ses inconvénients.

| Vitesse de compression | Avantages | Inconvénients |
|------------------------|---|---|
| Compression rapide | *Bonne audibilité des consonnes faibles | *distorsion du signal (temporelle) *réduction des émergences vocales dans le bruit |
| Compression lente | *Bonne intelligibilité dans le bruit | * consonnes faibles moins perçues dans le calme, si fort recrutement |

Figure 8: Tableau des différentes vitesses de compression

3. Directivité

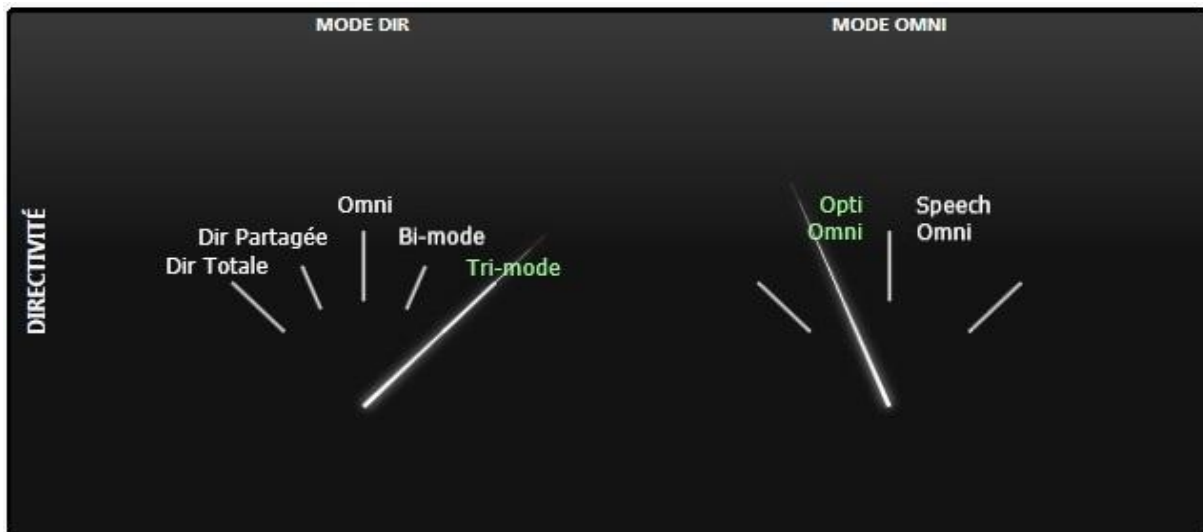


Figure 9: Illustration de la directivité (gestionnaire Youmatic)

Mode directionnel

- La directivité totale fournit une perception beaucoup plus ciblée dans les situations difficiles afin de s'assurer que le signal souhaité reste prioritaire par rapport à tous les autres.
- La directivité partagée associe un mode omni à un mode directionnel pour permettre à l'utilisateur de se concentrer sur le signal qu'il souhaite écouter tout en faisant abstraction des sons provenant de l'arrière.
- L'omnidirectionalité fournit une perception du monde sonore avec un champ de captation de 360°. Ce mode est en fonction lorsque le sujet se trouve dans un milieu calme ou lorsque le signal provient d'une personne avec très peu de bruit autour.
- Le Bi-mode est un mode automatique qui alterne entre le mode directivité partagée et l'omnidirectionalité pour donner le meilleur résultat.
- Le Tri-mode est un mode automatique qui alterne entre la directivité totale, la directivité partagée et l'omnidirectionalité.

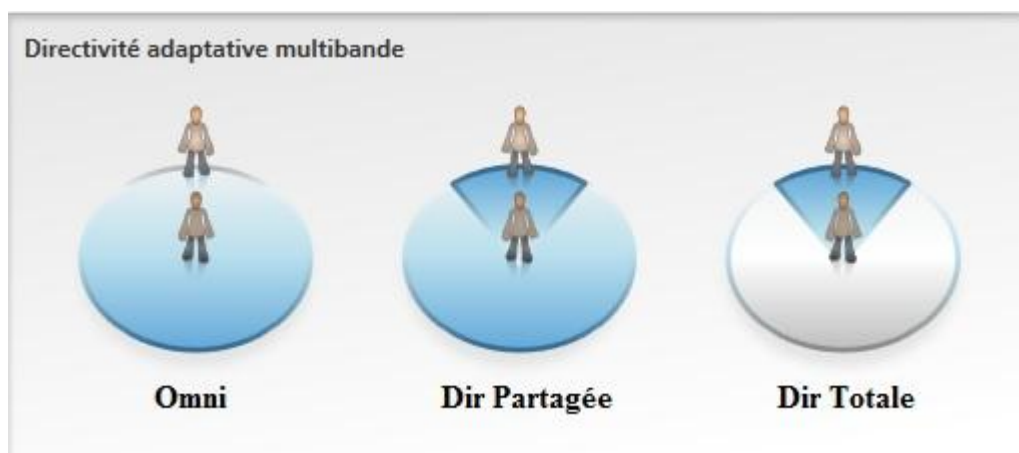


Figure 10: Illustration des différentes directivités

Mode omnidirectionnel

- Le mode Opti omni a pour objectif de reproduire la directivité naturelle du pavillon de l'oreille.
- Le mode Speech omni est un mode donnant la priorité aux fréquences conversationnelles pour améliorer la perception des voix provenant de l'avant par rapport aux sons provenant de l'arrière.[5]

4. Aide à l'écoute

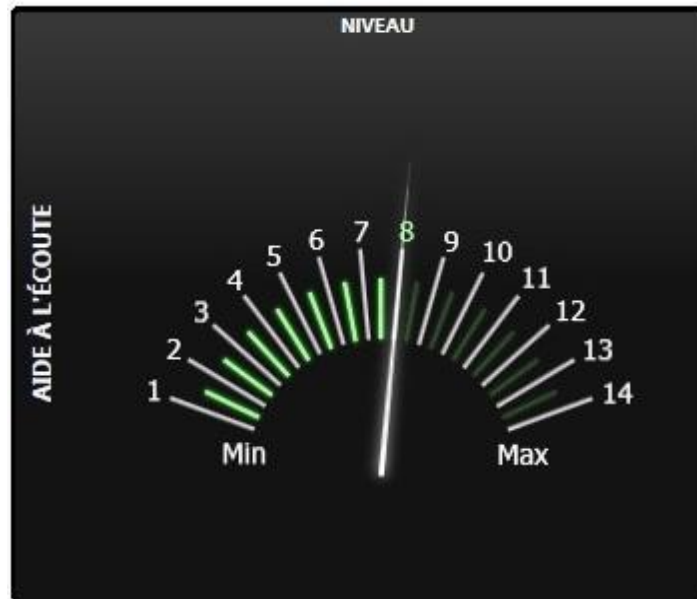


Figure 11: Illustration de l'aide à l'écoute (gestionnaire Youmatic)

Plus la typologie du sujet tend vers le profil réactif, plus le niveau d'aide à l'écoute sera faible. En effet, un sujet présentant un profil réactif aura besoin de moins d'aide à l'écoute car le cerveau possède une meilleure discrimination permettant une bonne intelligibilité. A l'inverse, plus la typologie du sujet tend vers le profil stable, plus le niveau d'aide à l'écoute sera élevé. En effet, un profil stable sera plus dans le confort et donc l'appareil compense au mieux pour restituer le meilleur compromis intelligibilité/confort.

E. Mise en place de la méthode de pré-sélection DVO

A la différence de la méthode de pré-sélection NAV (Nouvelle Vision de l'Audition, Méthodologie d'adaptation Audika), la méthode DVO est plus simple à mettre en place, il suffit de rentrer le profil du patient (âge, sexe, expérience) et de compléter le questionnaire afin de s'orienter vers une typologie adaptée au porteur. La seule modification des réglages à faire est la diminution du gain général.

II. La méthode NAV (Nouvelle vision de l'audition)

La méthodologie NAV est basée sur une méthode de pré-sélection DSL V5 Adulte.

A. La méthode DSL

1. Origine

"Les publications initiales sur le développement de la méthode DSL (Desired Sensation Level) donnent les objectifs d'adaptation électroacoustique permettant de déterminer les courbes de réponses du gain en fonction des différentes fréquences.

Le but est que la parole amplifiée délivrée au malentendant soit audible, confortable et pure dans la plus large bande passante possible.[6]

Les premières versions de la méthode DSL utilisaient des tables de valeurs qui spécifiaient les niveaux cibles de sensations sonores pour la parole amplifiée en fonction de la fréquence et du seuil auditif. Ces niveaux de sensation désirés ou DSL (Desired Sensation Levels), s'appuient sur des données décrivant les niveaux de sensation vocale associés aux niveaux d'écoute confortable en fonction des seuils auditifs.[7] Et, plus important encore, décrivant les performances de reconnaissance vocale maximales chez les malentendants atteints de pertes auditives neurosensorielles [8]. La méthode DSL fournissait aussi des données cibles pour la limitation appropriée des niveaux de sortie des aides auditives (MPO: Max Pression Output), qui dépendaient aussi de la fréquence et du seuil auditif.

2. Historique

Ces tables de références et les feuilles de travail papier qui les accompagnaient rendaient très lourde la mise en œuvre clinique de la méthode DSL.

1991: la méthode DSL (DSL v3.0) a été informatisée, devenant ainsi la première méthode assistée par ordinateur pour l'appareillage des jeunes enfants

1995: Cornelisse, Seewald et Jamieson ont décrit un algorithme d'adaptation électroacoustique sous le nom de formule DSL input/output (DSL [i/o] v4.0) (Cornelisse, Seewald et Jamieson, 1995). Ce perfectionnement de la méthode DSL originale fournissait des prescriptions pour l'adaptation des aides auditives à compression de toute la gamme dynamique (COMPRESSION) très répandues à cette époque. L'algorithme DSL[i/o] appliquait des données de sonie et une adaptation curvilinéaire pour transposer une large gamme de niveaux d'entrée en niveaux de sortie cibles de l'aide auditive, en fonction de la fréquence. Elle a été utilisée dans les logiciels DSL v4.0 et v4.1 et dans la plupart des logiciels des fabricants d'aides auditives et de systèmes de mesures in vivo."

3. Intérêt de la compression sur 2 études comparatives

"A la fin des années 1990, deux études (Jenstad et al., 1999 ; 2000) ont été menées pour comparer des mesures de perception vocale et des mesures de sonie avec des aides auditives à amplification linéaire et à compression de toute la gamme dynamique (COMPRESSION).

Perception vocale avec appareil

Cible :

12 sujets (moyenne d'âge d'environ 16 ans) atteints de pertes auditives neurosensorielles moyennes à sévères, ont été appareillés avec des appareils réglés selon les prescriptions DSL v4, pour l'amplification linéaire et le mode COMPRESSION pour la compression.

Test :

L'intelligibilité vocale a été mesurée oreilles nues, en amplification linéaire, et en mode COMPRESSION, avec deux épreuves vocales dans le calme : mots non significatifs et phrases.

Résultats :

Les résultats ont montré qu'avec les deux tests vocaux, un plus grand nombre de sujets a tiré un bénéfice des conditions COMPRESSION plutôt que des conditions linéaires. Les résultats ont aussi montré que les aides auditives COMPRESSION adaptées selon les cibles DSL[i/o] assuraient le confort et l'intelligibilité vocale pour une large gamme de niveaux vocaux d'entrée.

Mesure de Sonie

Cible :

10 sujets (moyenne d'âge d'environ 16 ans) atteints de pertes auditives neurosensorielles moyennes à sévères, ont été appareillés avec des aides auditives réglées selon les cibles DSL v4.0 pour l'amplification linéaire et le mode de traitement COMPRESSION

Test :

Le seuil, la limite supérieure de confort et la croissance de sonie ont été mesurés oreilles nues en amplification linéaire et en mode COMPRESSION avec des sons wobulés, des sons environnementaux et de la parole.

Résultats :

Les résultats de ces études ont montré que les aides auditives COMPRESSION adaptées à l'aide de l'algorithme DSL[i/o] étaient capables de normaliser la perception de sonie de la parole et des autres sons environnementaux d'entrée.

4. DSL v5: considérations sur la sélection et l'adaptation

L'algorithme DSL input/output multistages :

DSL m[i/o] Scollie et al., 2005 donnent une description détaillée du développement de l'algorithme DSL m[i/o]. Un bref résumé de certaines modifications importantes, mais pas de toutes, est présenté ici. Les révisions de l'algorithme DSL[i/o] ont été jugées nécessaires pour au moins deux raisons :

- Mettre en œuvre des révisions, des compléments ou des corrections, basés sur des faits reconnus de l'approche de l'algorithme DSL[i/o]
- Modifier les limites de l'algorithme et prendre en compte des hypothèses d'examen spécifiques à la recherche audioprothétique pédiatrique.

Les objectifs spécifiques de la version 5 de DSL comprennent :

- Eviter des niveaux de sonie inconfortables pendant l'utilisation de l'aide auditive,
- Prescrire une aide auditive qui assure autant que possible l'audibilité des indices acoustiques importants de la parole conversationnelle,
- Aider à l'adaptation des aides auditives dans les programmes de dépistage et d'intervention auditives précoces,
- Définir la compression de l'aide auditive qui convient à l'importance et à la configuration de la perte auditive, et qui vise à mettre à la disposition de l'auditeur une large gamme de niveaux d'entrée,
- Adapter le système auditif aux différents besoins d'écoute des auditeurs atteints de pertes auditives congénitales versus acquises,
- Prendre en compte les différents besoins auditifs dans les environnements acoustiques calmes et bruyants.

Création de la prescription DSL m[i/o]

Nous utilisons l'algorithme DSL[i/o] (DSL v4.1) comme point de départ de DSL v5, mais nous le modifions pour appliquer la COMPRESSION à une plus petite dynamique d'entrée. Les niveaux d'entrée sélectionnés pour la gamme COMPRESSION doivent couvrir tout ou partie de la dynamique vocale conversationnelle. Les niveaux d'entrée faibles ont d'autant moins de raison d'être inclus dans la plage de compression que la perte auditive augmente. L'algorithme multistages DSL m[i/o] comprend quatre plages de traitement : expansion, gain linéaire, compression et limitation de sortie.

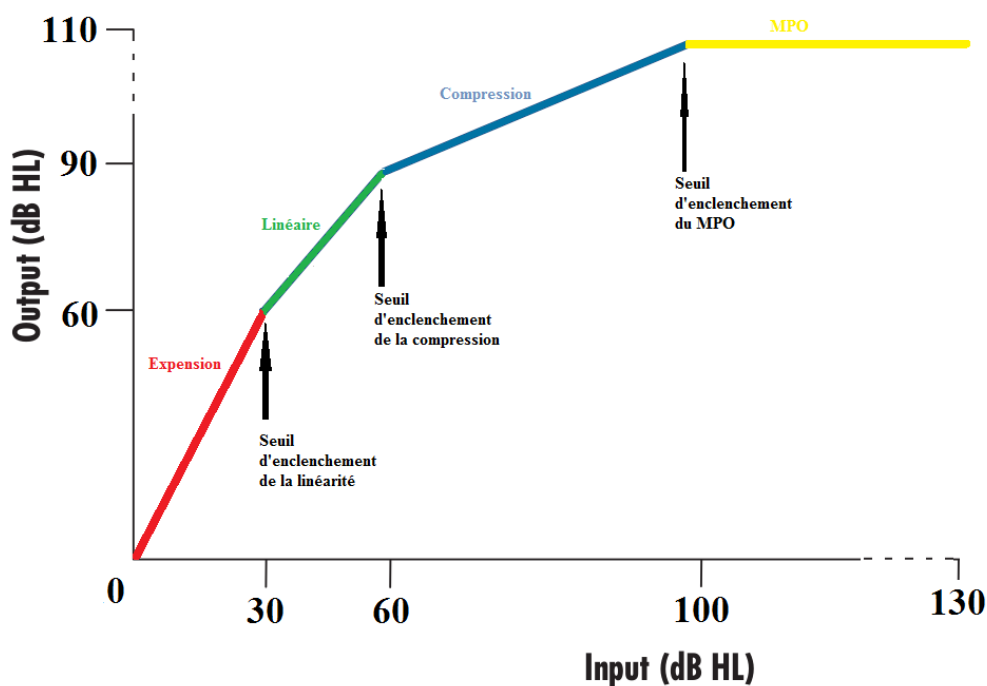


Figure 12: Courbe entrée/sortie en fonction des différents seuils d'enclenchement

Ces plages m[i/o] reflètent les traitements conventionnels du signal pour le contrôle du niveau de sortie des aides auditives numériques courantes. Le résultat final est une série de fonctions entrée/sortie cibles qui décrivent comment un appareil à canaux devrait répondre aux signaux vocaux incidents pour différents efforts vocaux.

Etape de limitation de sortie

La version 5 de DSL fournit trois variables qui facilitent la définition de la limitation de sortie:

- La mesure des limites d'inconfort de l'utilisateur (UCL = Upper Comfort Limits) permet qu'aucun signal amplifié à bande étroite ne dépasse le seuil d'inconfort,
- les cibles pour des niveaux d'entrée à bandes étroites de 90 dB SPL peuvent être légèrement inférieures aux limites supérieures de confort si l'aide auditive n'est pas totalement saturée pour 90 dB d'entrée,
- les seuils de limitation de sortie larges bandes en fonction de la fréquence, qui définissent les niveaux maximum par bandes de tiers d'octave pour un son large bande.

La façon d'utiliser ces cibles peut varier légèrement selon les signaux de test dont on dispose et/ou la connaissance que l'on a des caractéristiques de traitement du signal de l'aide auditive considérée. Chacun de ces types de cibles est discuté plus en détail ci-dessous.

Cibles de limitation de sortie à bandes étroites

DSL v5 fait des calculs de la limite supérieure de confort à bande étroite (UCL) de l'utilisateur, qui peuvent être remplacés par les mesures individuelles d' UCL. Dans l'un ou l'autre cas, l'objectif prothétique est, qu'après amplification, les sons purs ou wobulés intenses ou les crêtes vocales ne dépassent pas les UCL. Les UCL calculées sont limitées à un maximum de 140 dB SPL dans le conduit auditif. Les cibles pour des signaux d'entrée à bandes étroites de 90 dB SPL peuvent être générées par DSL v5. Ces cibles peuvent être légèrement inférieures aux limites supérieures de confort si l'aide auditive n'est pas totalement saturée par un signal d'entrée à bandes étroites de 90 dB. En vérifiant la concordance avec les cibles à l'aide d'un signal à bande étroite, les praticiens peuvent choisir, soit d'être conformes à la cible à 90 dB, soit de s'assurer que le niveau de sortie maximal ne dépasse pas la limite supérieure de confort.

Cibles de limitation de sortie larges bandes

DSL v5 comprend une variable qui détermine une plage de limitation pour les niveaux par bandes de tiers d'octave des signaux vocaux. Cette limitation de sortie larges bandes revient à régler l'aide auditive pour placer les crêtes vocales 13 dB en dessous de la limite supérieure de confort. Une description détaillée de la logique de cette mesure est présentée par Scollie et al., 2005. La vérification clinique de la conformité aux cibles larges bandes peut ne pas être toujours possible, selon les signaux de tests et d'analyses dont on dispose. Ce n'est probablement pas un problème si la limitation à bande étroite a été correctement ajustée (voir ci-dessus). Cependant, les cibles de limitation de sortie larges bandes peuvent s'avérer utiles pour définir les réglages initiaux d'aides auditives programmables qui comprennent des contrôles de limitation pour des stimuli larges bandes. Ces types de réglages peuvent se trouver " dans les coulisses " au sein des logiciels de programmation des aides auditives.

Compression

Dans DSL v5, nous prescrivons le traitement par compression qui doit assurer l'audibilité et le confort des indices vocaux importants, en prenant en compte les limites de gain des aides auditives et du champ dynamique limité de l'utilisateur d'aides auditives. Ceci diffère de l'approche de normalisation de sonie appliquée dans les versions précédentes de l'algorithme DSL.

Prescription du seuil de compression COMPRESSION (CT = Compression Threshold)

L'algorithme DSL m[i/o] prescrit un CT variable basé sur les seuils auditifs, qui vise à maintenir la plage de compression dans une dynamique d'entrée vocale aussi large que possible. Le but est de permettre la reconnaissance des niveaux vocaux faibles (Jenstad et al., 1999 ; 2000). Cet objectif prothétique est modifié dans les cas de pertes auditives plus sévères à profondes, afin d'utiliser la COMPRESSION comme un moyen de contrôle de la sonie de la parole forte. Il est nécessaire de valider expérimentalement cet aspect théorique de DSL v5. Cependant, dans l'intégration informatisée de DSL v5 par les fabricants, des objectifs plus ambitieux pour la COMPRESSION peuvent être incorporés en utilisant des CT individuels, plutôt que recommandés, si des gains plus élevés peuvent être obtenus sans larsen.

Prescription des aides auditives avec compressions à canaux multiples

Les calculs des cibles de DSL m[i/o] peuvent être adaptés à la structure des canaux des aides auditives à canaux multiples (Scollie et al., 2005). Les bandes de fréquence de tiers d'octave sont regroupées dans des familles de canaux définies en utilisant les fréquences de recouvrement de l'aide auditive. L'algorithme entrée/sortie multistages est alors recalculé par canal, pour donner un taux de compression cible unique dans chaque canal. Les gains de la plage de compression des cibles entrée/sortie révisées, sont également ajustés afin de préserver la courbe de réponse pour des signaux d'entrée moyens. Une légère correction des courbes de réponse peut se produire pour éviter que des aides auditives avec différentes structures de canaux ne délivrent des courbes de réponse différentes pour les signaux vocaux moyens. Les cibles pour des niveaux d'entrée modérés montrent un effet très limité de la structure des canaux alors que les cibles pour des niveaux d'entrée très intenses et très faibles révèlent un effet sensiblement plus important.

Prescription du gain dans la plage COMPRESSION

Pour prescrire le gain dans la plage COMPRESSION, il faut tenir compte de la gamme des niveaux d'entrée considérés comme appropriés pour l'amplification des champs auditifs résiduels individuels, et de la technologie à adapter. Contrairement à l'algorithme DSL[i/o], l'algorithme DSL m[i/o] limite la gamme de niveaux d'entrée à laquelle l'algorithme de compression est appliqué d'environ 30 dB SPL à 70 dB SPL (en fonction de la perte auditive). Une cible pour 60 dB SPL d'entrée vocale est calculée dans toutes les bandes de tiers d'octave. La plage COMPRESSION est alors définie comme étant la ligne droite dont la pente est égale au taux de compression cible et qui passe par cette cible DSL m[i/o] calculée. Pour les pertes auditives supérieures à environ 70 dB HL, un CT plus élevé est utilisé par l'algorithme DSL m[i/o], pour déterminer la cible à 60 dB SPL d'entrée vocale. Certains fabricants d'aides auditives ou certains praticiens peuvent décider d'utiliser un CT plus faible (c'est-à-dire plus de gain pour les niveaux d'entrée faibles) que recommandé, si ces gains plus élevés peuvent être obtenus sans larsen. La plage COMPRESSION commence au seuil COMPRESSION calculé et s'achève là où elle rencontre la plage de limitation de sortie larges bandes.

Prescription du gain dans les plages d'expansion et linéaire

L'algorithme DSL m[i/o] calcule un seuil d'expansion par défaut, approximativement 10 dB inférieur au niveau de la parole faible. On suppose que les signaux d'entrée inférieurs à cette valeur sont probablement du bruit ambiant et qu'il est donc souhaitable d'avoir un gain négatif ou pas de gain du tout. La plage linéaire de l'algorithme DSL m[i/o] s'applique à la gamme d'entrée comprise entre le seuil d'expansion et le seuil de compression.

Taux de compression effectif de l'algorithme DSL m[i/o]

On attend du taux de compression effectif calculé par l'algorithme DSL m[i/o] qu'il décrive fonctionnellement l'importance de la compression à long terme des entrées vocales légères à fortes que rencontrera l'auditeur. Il n'a pas pour objet de donner une description électroacoustique pour la vérification, ni d'être interprété comme le sont les taux de compression traditionnels. "[9]

B. La méthode NAV

Cette méthode développée par Audika et pour Audika est basée uniquement sur le fonctionnement de l'organe de Corti et sur la phonétique de la langue française.

1. Principes de développement de la méthodologie

Adaptation de la méthode NAV de façon objective

La méthodologie NAV est basée sur un pré-sélection DSLv5 Adulte. Les courbes de réponse seront modifiées en fonction du seuil d'audition et en fonction du seuil d'inconfort en théorie. Nous verrons pourquoi le seuil d'inconfort n'est pas pris en compte.

En prenant en compte le fonctionnement de l'organe de Corti, la compression permet de restituer toute la dynamique du bon entendant dans la dynamique du malentendant.

La phonétique de la langue française permet de déterminer les seuils d'enclenchement de la compression appelé Tk. La compression permet d'avoir un gain différent en fonction du niveau d'entrée, le Tk est un seuil d'enclenchement basé uniquement sur le niveau d'entrée.

Pour un niveau d'entrée inférieur au Tk, l'appareil est linéaire ou en expansion ; après le Tk, l'appareil est en compression. La compression réduit la dynamique de sortie.

Adaptation de la méthode NAV de façon Subjective

La première partie des réglages ne nécessite en aucun cas la présence du porteur. Néanmoins, le réglage ne peut pas être basé uniquement sur un audiogramme : il doit également prendre en compte le ressenti de la personne ; c'est pour cette raison que l'audioprothésiste réalisera un ajustage des réglages à l'aide du programme Audirama développé par Audika. Ce programme sera détaillé dans un prochain paragraphe.

2. Pré-requis de cette méthodologie

La réponse de l'oreille n'est pas linéaire : courbe isotonique

Chez un sujet normo-entendant

Des sons de même intensité mais de fréquences différentes ne sont pas ressentis au même niveau par l'oreille humaine.

La courbe d'égale sensation s'appelle courbe isotonique.

L'unité d'isotonie est le phone : il correspond à l'intensité du son de fréquence 1kHz.

Le système auditif humain est sensible à des fréquences allant de 20 Hz à un maximum d'environ 20 000 Hz. Dans cette gamme de fréquences, l'oreille humaine est la plus sensible entre 1 et 5 kHz. Cela est dû principalement à la résonance du conduit auditif et à la fonction de transfert de la chaîne ossiculaire dans l'oreille moyenne.

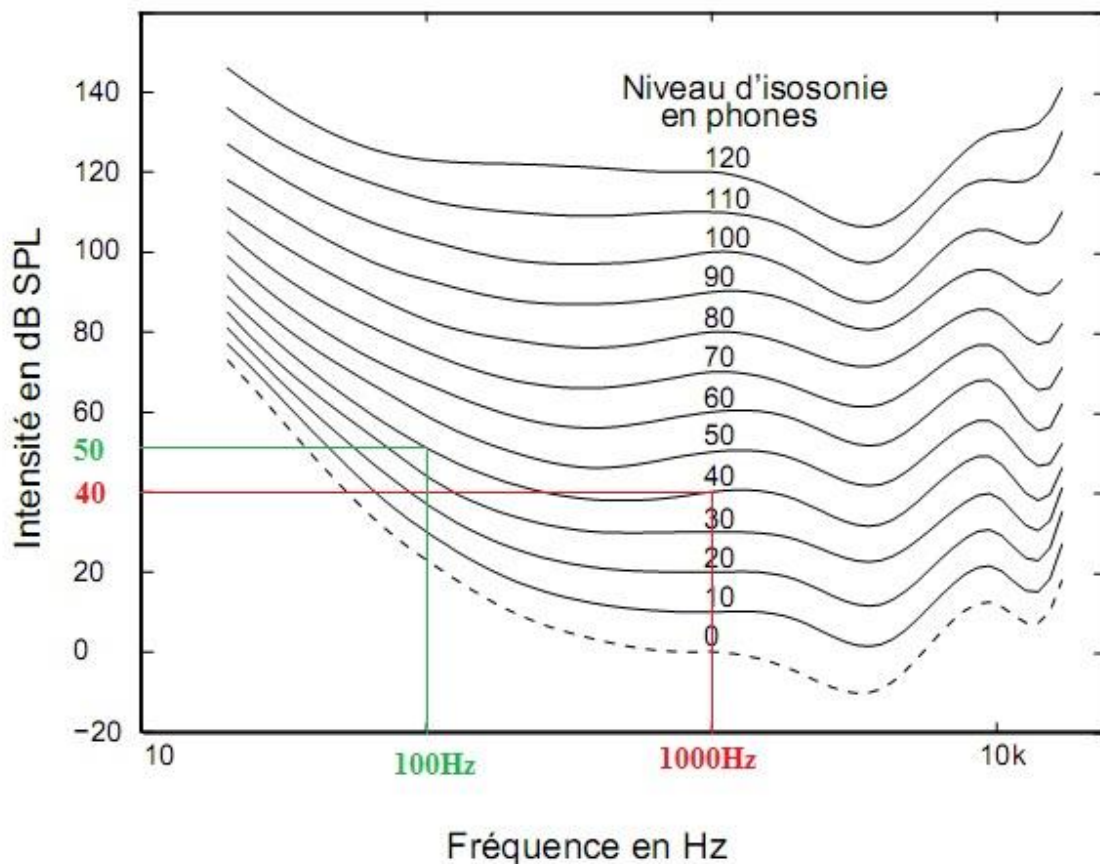


Figure 13: Courbe d'isotonie chez un normo-entendant [10]

Par exemple :

Pour qu'un sujet normo-entendant ait une sensation sonore de 40 Phones, il faut une source sonore de 50 dB SPL pour un son de fréquence 100 Hz et une source sonore de 40 dB SPL pour un son de fréquence 1000 Hz.

Chez un sujet présentant une surdité de type presbyacousie

Dans le cas d'une surdité de type presbyacousie, les courbes de sonie normalisées selon la norme ISO sont modifiées. En effet, en fonction du seuil d'audition et en fonction des fréquences, les courbes de sonie varient.

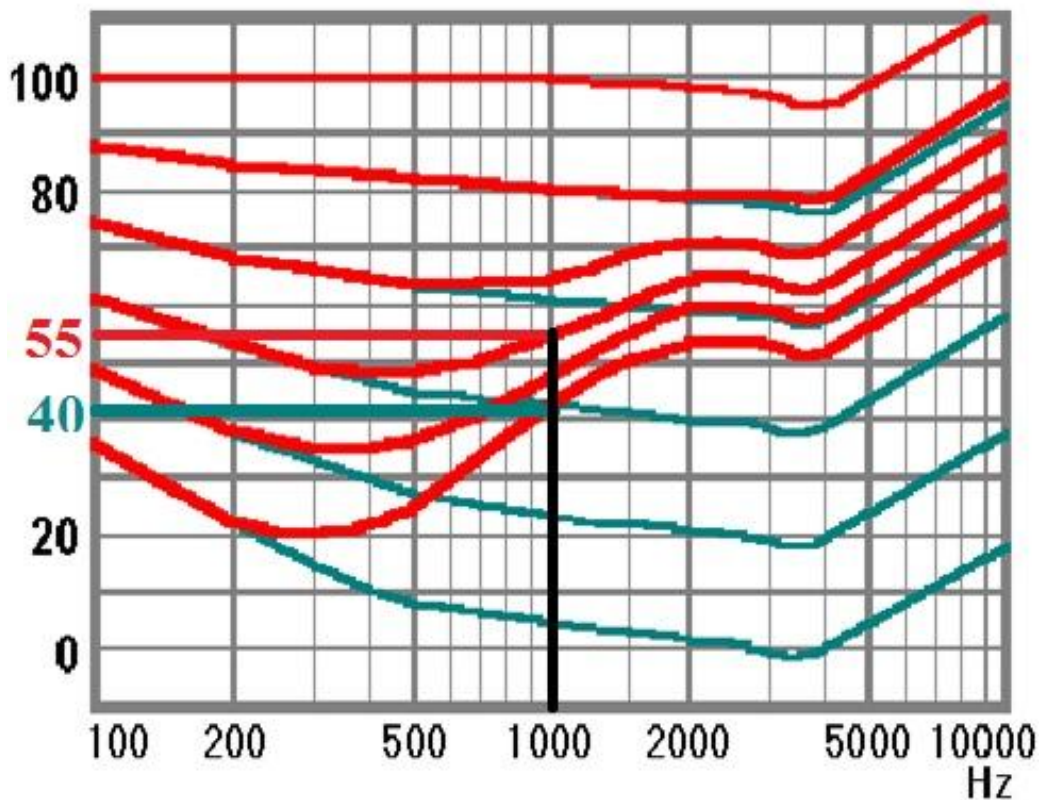


Figure 14: Courbe d'isophonie chez un sujet presbyacousique [10]

Par exemple:

Pour un sujet normo-entendant, une sensation de 40 Phons est obtenue pour un niveau sonore de 40dB SPL et dans le cas de cette perte d'audition, la sensation de 40 Phons est obtenue à un niveau sonore de 55dB SPL.

Rq: La différence de 15dB SPL est proportionnelle à la baisse d'audition mais n'est pas égale à celle-ci. Le recrutement explique en partie cette différence.

Les courbes sont prises en compte afin de déterminer les facteurs de compression dans la méthode NAV en fonction du seuil auditif du bon entendant et du seuil auditif du malentendant. Pour information, les recherches de Fletcher et Munson publiées en 1933, ont été poursuivies avec un protocole différent par Robinson et Dadson (1956) puis l'institut international de standardisation (ISO) a compilé les résultats d'études plus récentes menées dans un grand nombre de pays en respectant un protocole homogène et amélioré. Il a ainsi pu donner une actualisation des courbes d'égale sensibilité en 2003 (ISO 226-2003).

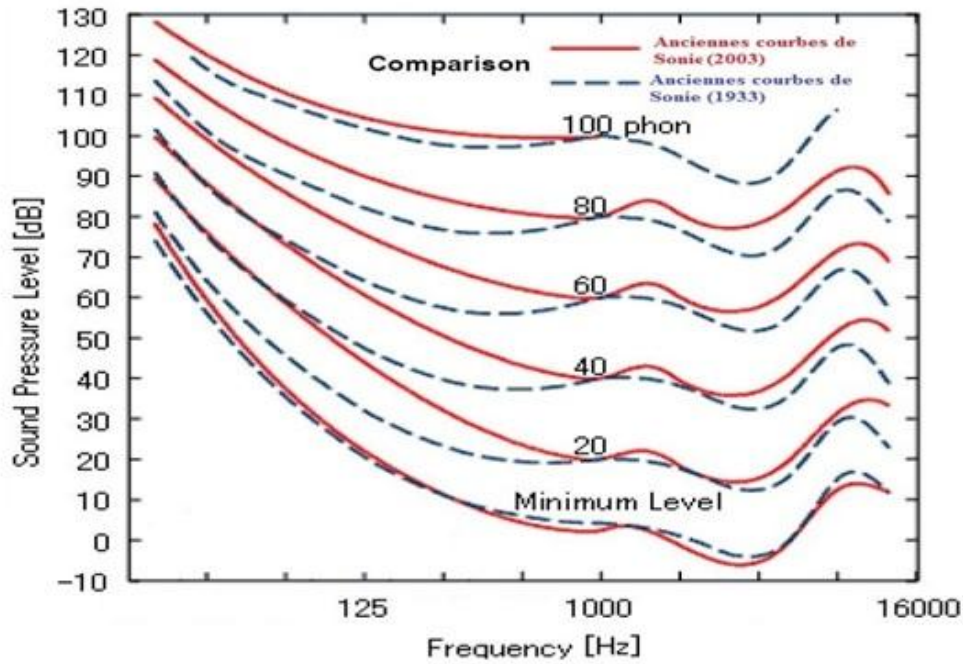


Figure 15: Modification des courbes isophoniques suite à étude (Norme ISO 2003) [11]

Dynamique résiduelle

La dynamique est le champ compris entre le seuil d'audition et le seuil d'inconfort.

Dynamique résiduelle = Seuil d'inconfort - Seuil d'audition

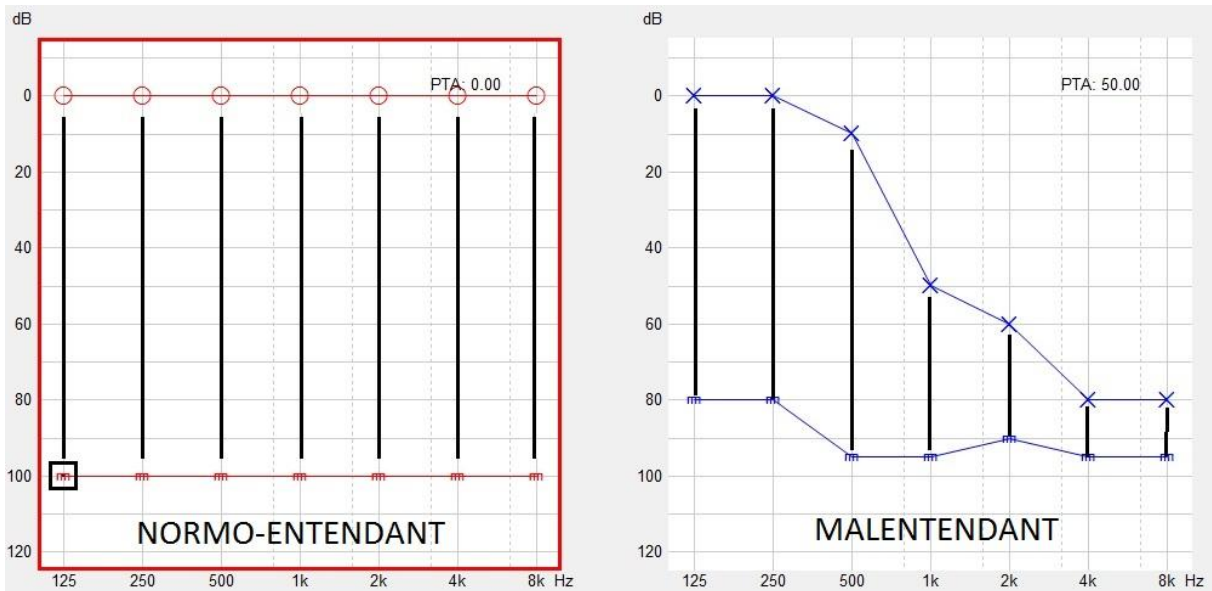


Figure 16: Comparaison des champs dynamiques entre un normo-entendant et un malentendant

Chez le normo-entendant, la dynamique est considérée comme étant comprise entre 0 dB et 100 dB. Ce seuil dépend uniquement du sujet. Dans le cas de recrutement ou d'hyperacousie, la dynamique est plus faible.

Sur l'exemple précédent, il y a une diminution de la dynamique comme tout sujet malentendant :

| Fréquences | 125 Hz | 250 Hz | 500 Hz | 1000 Hz | 2000 Hz | 4000 Hz | 8000 Hz |
|------------------------------|--------|--------|--------|---------|---------|---------|---------|
| Dynamique du normo-entendant | 100 dB | 100 dB | 100 dB | 100 dB | 100 dB | 100 dB | 100 dB |
| Dynamique du malentendant | 80 dB | 80 dB | 85 dB | 45 dB | 30 dB | 15 dB | 15 dB |

Figure 17: Tableau des différentes valeurs de dynamiques en fonction des fréquences

Le défaut de gestion dynamique est proportionnel au nombre de cellules ciliées externes (CCE) lésées donc, à la perte auditive.

La réhabilitation du champ auditif complet reste possible à condition que les bas niveaux d'intensité restent récupérables. On considère que c'est le cas pour une perte auditive de 75 dB HL maximum.

La compression: une notion importante pour l'appareillage selon la méthode NAV

La compression est une réduction de gain limitée dans le temps.

Elle est mise en œuvre par un événement sonore dont l'intensité est supérieure au Tk (Threshold Kneepoint) : intensité à partir de laquelle se déclenche la compression. L'importance de la réduction du gain est déterminée par le FC (Facteur de compression).

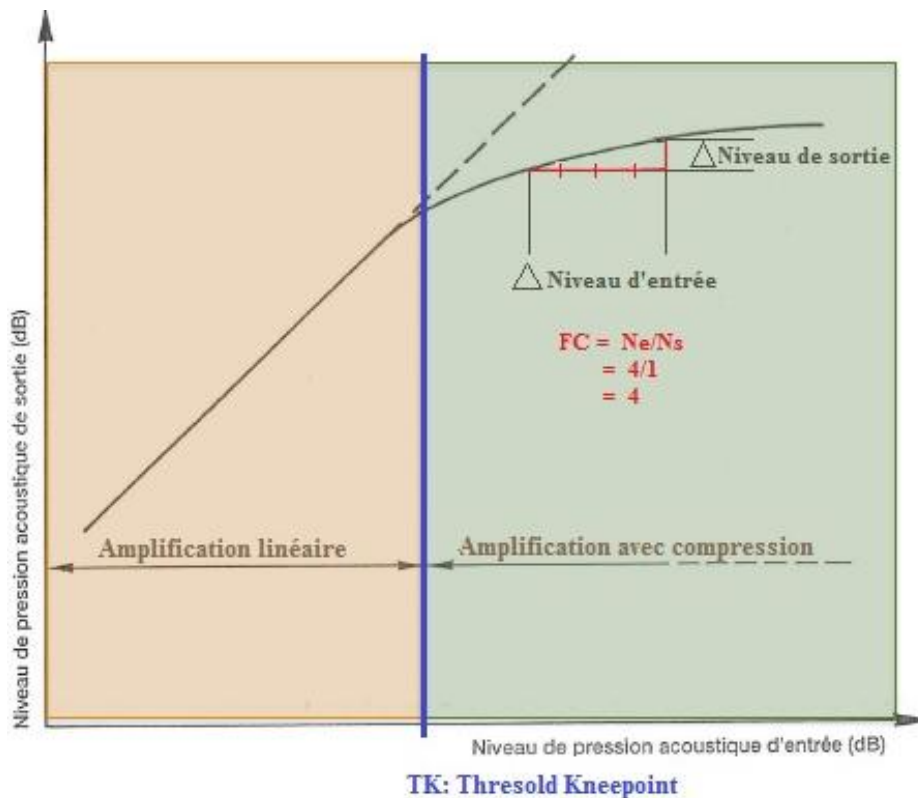


Figure 18: Illustration du Tk [12]

Elle débute après un certain temps : TA (Temps d'Attaque) temps séparant le déclenchement de la réduction effective. Elle disparaît après un certain temps : TR (Temps de Retour) temps que met l'appareil pour arrêter la réduction de gain.

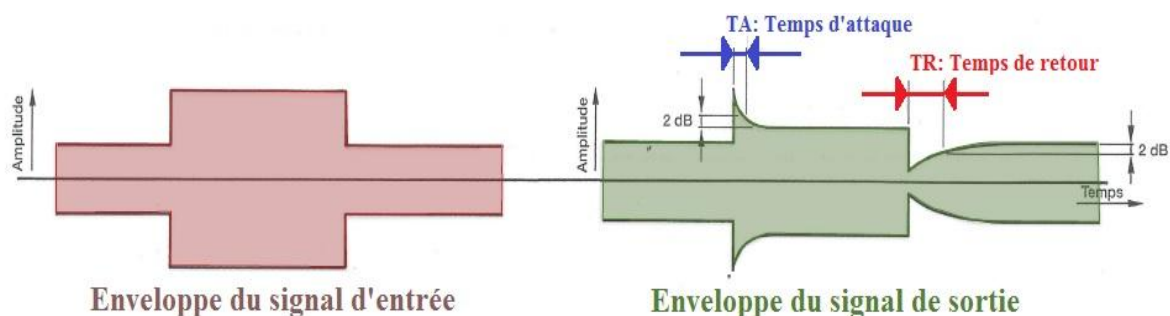


Figure 19: Illustration du TA (temps d'attaque) et du TR (temps de retour) [12]

TK: Lien entre la valeur du TK et de la phonétique française

Le seuil d'enclenchement de la compression (Tk) est le niveau d'entrée pour lequel il y a le plus de gain. Pour restituer au malentendant la meilleure intelligibilité, la valeur du Tk doit être réglée de manière précise en fonction de la bande fréquentielle.

Le Tk permet donc d'avoir une action directe sur le gain des sons faibles, alors que le FC permet d'avoir une action sur les sons forts.

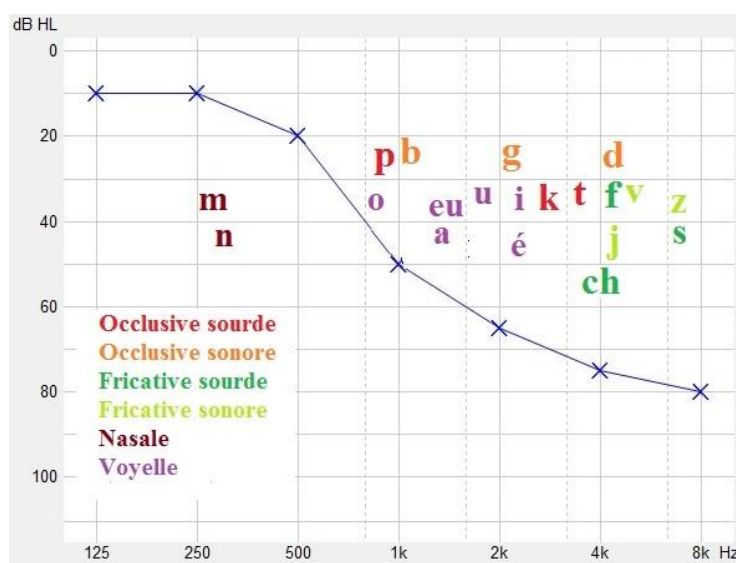


Figure 20: Représentation des phonèmes sur un audiogramme

Le schéma ci-dessus est le détail de l'intensité et des fréquences des phonèmes principaux présents dans la langue française.

Dans le cas d'une presbyacousie avec une PTM > 40dB, seuls les phonèmes " m " et " n " sont perçus correctement. Ceci met en avant la nécessité d'amplifier les sons faibles à partir de la fréquence 1000Hz.

La parole a une structure typique :

- Signal discontinu variant toutes les 0.4 s,
- Trois niveaux d'intensité
 - Les formants de transitions ~ 35 dB
 - Les consonnes ~ 45 dB
 - Les voyelles ~ 55 dB
- Enveloppes énergétiques caractérisées entre autres par :
 - Variabilité en fréquence (spectre)
 - Variabilité en amplitude (oscillation d'intensité)
 - Attaque et Descente +/- rapide des transitoires

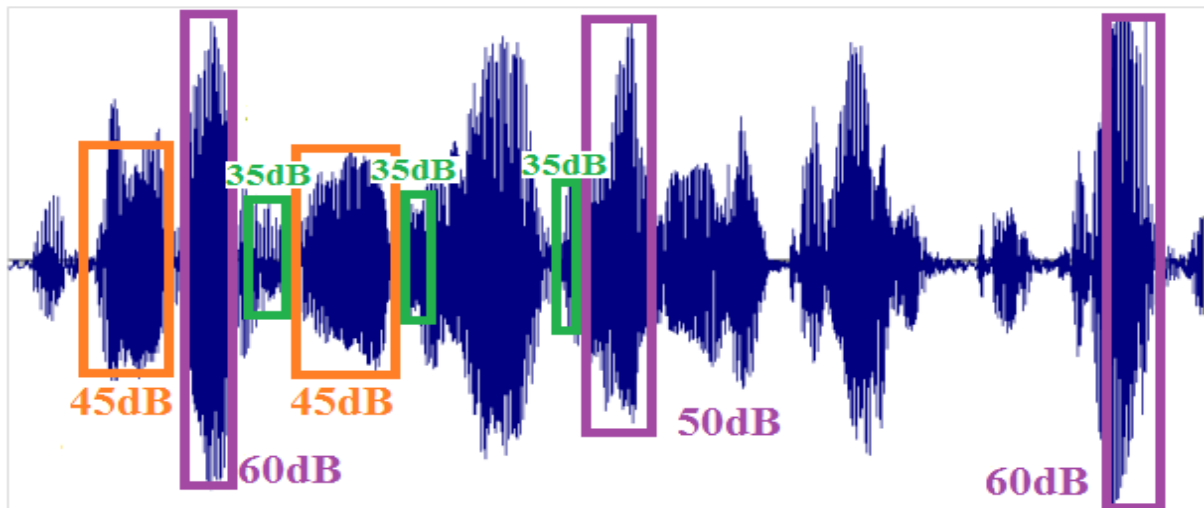


Figure 21: Signal de parole illustrant les formants de transitions, des consonnes et des voyelles [10]

Les trois niveaux d'intensité sont étalés de la façon suivante sur le spectre fréquentiel :

- Formant de transition (35 dB) 1500 Hz – 6000 Hz
- Consonnes (45 dB) 750 Hz – 6000 Hz
- Voyelles (55 dB) 125 Hz – 2000 Hz

sachant que le seuil d'enclenchement (T_k) est le niveau d'entrée pour lequel le gain est le plus important et que les trois niveaux d'intensité de la parole sont répartis comme détaillés précédemment, la méthode NAV définit des T_k théoriques comme suit :

Surditée légère à moyenne :

- sons graves $T_k=55$ dB
- sons médium $T_k=45$ dB
- sons aigus $T_k=35$ dB

Surditée sévère à profonde :

- sons graves $T_k=65$ dB
- sons médium $T_k=55$ dB
- sons aigus $T_k=45$ dB

Les Tk diffèrent en fonction de la surdité car un sujet présentant une surdité sévère à profonde pourra difficilement percevoir des sons faibles. Donner un gain maximum à 35dB n'est donc pas judicieux. C'est pour cette raison que les Tk sont décalés d'un delta de 10dB.

3. Adaptation pré-appareillage

Cette étape est la plus importante : elle donne la base des réglages. Cette adaptation est généralement faite sans la présence du patient car elle est longue ; elle nécessite des calculs et elle a comme support pour l'audioprothésiste, uniquement l'audiogramme du patient.

Les études et la recherche réalisées par le comité scientifique de Audika a permis de développer la méthode comme suit:

- connexion de l'aide auditive,
- réaliser une méthode de pré-sélection DSL V5 Adulte quelque soit le sujet,
- entrer le profil personnel (âge et sexe),
- sélectionner une expérience longue pour tous les sujets (la sous-correction sera réalisée en présence du sujet),
- sélectionner les paramètres acoustiques en fonction de l'appareillage,
- modification de tous les facteurs de compression (CR1 : entre faible et modéré et CR2: entre modéré et fort) en fonction de la méthode NAV,
- désactivation de tous les traitements de signaux (directivité et réducteur de bruit).

Détail de la méthode NAV pour le calcul du facteur de compression

La méthode de détermination des facteurs de compression est basée uniquement sur de calcul.

$$CR = \frac{\text{Dynamique du normo-entendant}}{\text{Dynamique résiduel du malentendant}} = \frac{120}{120 - \text{Seuil d audition}}$$

Théoriquement, pour le calcul de la dynamique résiduelle du malentendant, il est nécessaire de mesurer le seuil d'audition et le seuil d'inconfort sur toutes les fréquences. Sachant que cette mesure est désagréable pour le sujet et qu'elle dépend de la méthode utilisée et du testeur, nous prenons un seuil d'inconfort de 120 dB pour le malentendant qui est donc le même que celui du normo-entendant. Autrement dit, nous considérons que le sujet malentendant ne présente pas de recrutement.

Dans le cas d'une hyperacousie importante, la mesure de l'UCL pourra être faite.

Les valeurs prises sont approximatives, mais elle seront ajustées par la suite au moment de l'adaptation avec la présence du sujet.

Les valeurs des facteurs de compression en fonction du seuil auditif sont les suivantes :

| Seuil d'audition (dB HL) | 0-30 | 35 | 40 | 45 | 50 | 55 | 60 | 65 | 70 | 75 | 80 | 85 | 90 | 95 | 100 |
|--------------------------|------|-----|-----|-----|-----|-----|----|-----|-----|-----|----|----|-----|----|-----|
| Facteur de compression | 1 | 1.4 | 1.5 | 1.6 | 1.7 | 1.8 | 2 | 2.2 | 2.4 | 2.7 | 3 | 1 | 1.5 | 2 | 2.5 |

Figure 22: Valeurs des facteurs de compression en fonction des seuils auditifs

Exemple pour 60 dB : $CR = \frac{120}{120 - 60} = 2$

Les travaux de Moore et Pujol ont montré que la perte auditive mesurée au seuil donnait une indication sur l'état fonctionnel de la cochlée.

- En dessous de 30 dB, la sensibilité de la cochlée est très fine, il n'est donc pas nécessaire de comprimer le signal pour restituer une bonne dynamique.
- Entre 30 dB et 80 dB, plus le seuil est élevé, plus la dynamique de la membrane basilaire se dégrade. C'est pour cette raison que la compression est importante dans cette zone.
- Au dessus de 80dB, la dynamique de la membrane basilaire ne permet pas de restituer des sons de faible intensité, c'est pour cela que le facteur de compression est bien inférieur à celui qui pourrait être calculé dans le but d'améliorer la dynamique et n'applique donc pas la méthode de calcul selon la méthode NAV.

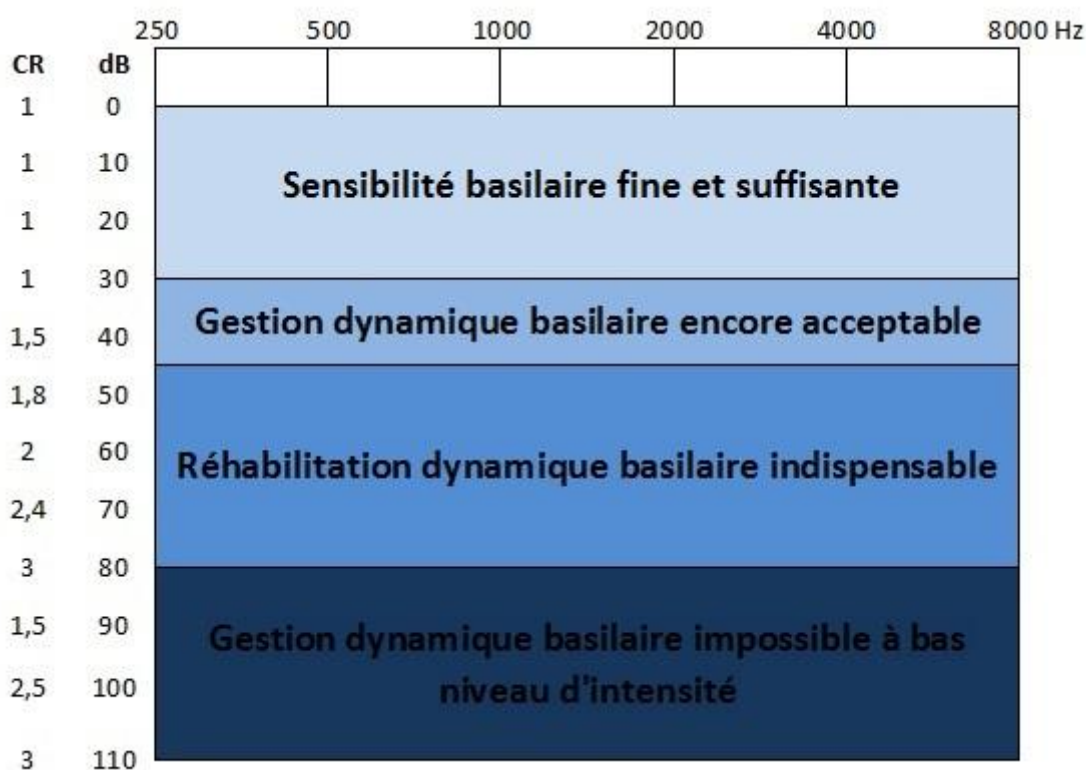


Figure 23: Illustration des facteurs de compression à l'aide du fonctionnement de la membrane basilaire [10]

Détermination des facteurs de compression en fonction du degré de surdité

Le fonctionnement de la cochlée est un mécanisme maintenant connu depuis plus de dix ans. Nous savons que la réponse de la cochlée normale n'est pas linéaire : la réponse en intensité est plus forte pour les sons faibles que pour les sons moyens et les sons forts.

Cette fonction est le fait des contractions rapides des cellules ciliées externes (CCE), celles-ci se contractant plus pour les sons d'intensité faible que pour les sons d'intensité forte. Cette fonction de la cochlée est appelée par analogie avec le fonctionnement des appareils, "fonction de compresseur cochléaire".

Le gain apporté par la contraction de CCE dans les fréquences graves est donc plus important que celui apporté dans les fréquences médium, et médium plus important que aigües.

On en déduit que la diminution de la contraction des CCE en fonction de l'intensité des sons les stimulant est une fonction non linéaire (croissance de la sonie). Or, dans les années 2000, les fabricants proposaient des compressions avec une évolution linéaire de la réduction de gain. Ceci n'est pas en accord avec le fonctionnement de la cochlée, c'est pourquoi Philips dans les années 2000, a proposé un compresseur dit "curvi-inverse". Ce compresseur s'est montré efficace dans les pertes légères, améliorant l'intelligibilité des malentendants ; cependant dans les pertes moyennes à sévères, il était inefficace voire nuisible à l'intelligibilité car la réduction de gain était trop importante pour les niveaux moyens. Cela a amené les fabricants à proposer une compression dont la courbe de transfert évolue en fonction de la perte.

Les fabricants proposent ainsi de nouvelles stratégies pour le réglage de leur compression. La raison est bien évidemment de donner du gain aux niveaux moyens. Cette compression est composée de 2 compresseurs, un pour les bas niveaux et un pour les hauts niveaux ; cela permet de modeler la courbe de transfert, de curvi-inverse à curvilinéaire.

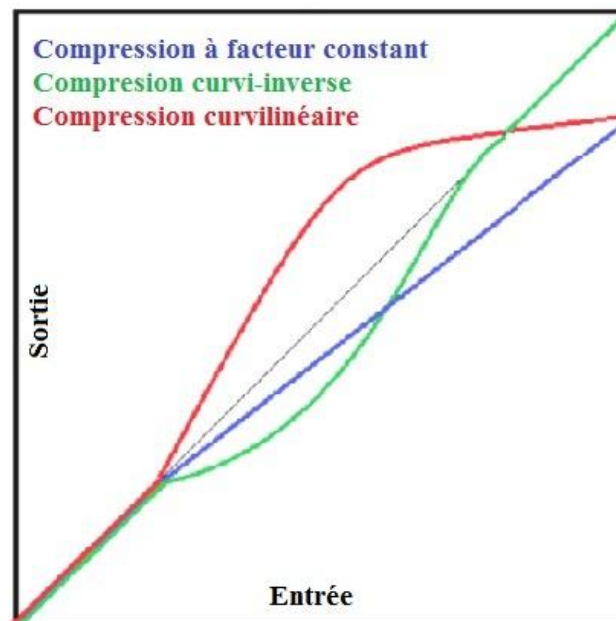
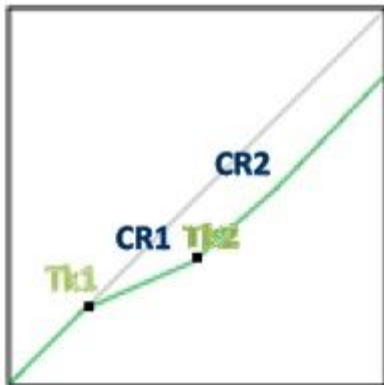


Figure 24: Illustration des 3 courbes de compression [13]

De là, nous pouvons tirer une règle cohérente pour le réglage de ces compresseurs :

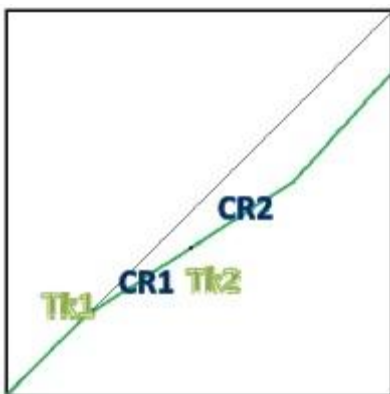
Surdités légères :



Tk1 = pré-sélection NAV
Tk2 = 60 dB
CR1 > CR2 (CR1 > pré-sélection NAV et CR2 < pré-sélection NAV)

Figure 25: Illustration de la courbe de compression (surdité légère) [13]

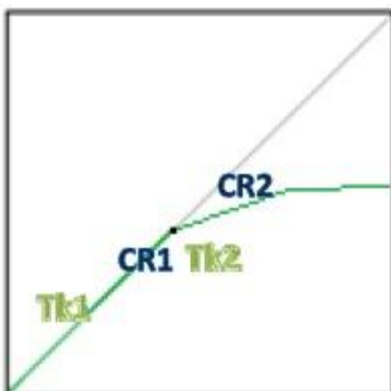
Surdités moyennes :



Tk1 = pré-sélection NAV
Tk2 = 60 dB
CR1 = CR2 = pré-sélection NAV

Figure 26: Illustration de la courbe de compression (surdité moyenne) [13]

Surdités sévères :



Tk1 = pré-sélection NAV
Tk2 = 60 dB
CR1 < CR2 CR1 = 1, CR2 = pré-sélection NAV

Figure 27: Illustration de la courbe de compression (surdité sévère) [13]

Tableau récapitulatif des facteurs de compression

| | Tk1 | CR1 | Tk2 | CR2 |
|--------------------------|-------------------------------------|--------------------------------------|------------|--------------------------------------|
| Surdités légères | Pré-sélection NAV 55dB 45dB 35dB | CR1 > CR NAV CR1>CR NAV>CR2 | 60dB | CR2 < CR NAV CR1>CR NAV>CR2 |
| Surdités moyennes | Pré-sélection NAV 55dB 45dB 35dB | CR1 = CR Pré-sélection NAV | 60dB | CR2 = CR Pré-sélection NAV |
| Surdités sévères | Pré-sélection NAV 65dB 55dB 45dB | CR1 = 1 | 60dB | CR2 = CR Pré-sélection NAV |

Figure 28: Tableau récapitulatif des facteurs de compression en fonction des degrés de surdité

Explication des Tk et CR en fonction des degrés de perte auditive

Surdités légères

En cas de perte légère (curvi-inverse), il importe que le CR1 soit plus fort que le CR2 pour que les sons faibles soient amplifiés mais que les sons moyens ne soient pas trop atténués. En revanche, le fait que les Tk soient bas est moins préjudiciable ; en effet, dans les pertes légères, la fonction cochléaire est conservée pour les graves et les médiums, et sur ces fréquences, le compresseur n'est pas actif (CR=1), donc peu de risque que les bruits faibles viennent masquer la parole.

Surdités moyennes

En cas de perte moyenne (facteur constant), CR1=CR2=CR NAV, tout en sachant que le 1er TK sera bas et risque sur les graves et les médiums, de remonter des bruits nuisibles à la compréhension dans le bruit. Dans ce cas, il conviendra de passer à CR2 = CR NAV et CR1=1.

4. Adaptation avec présence du patient

Une fois les pré-sélections précédentes réalisées, la livraison des appareils peut avoir lieu. Une sous-correction est généralement effectuée, mais à la différence des pratiques habituelles des audioprothésistes, ce n'est pas le gain général qui est réduit mais uniquement le gain dans les fréquences graves et celui dans les fréquences aigües.

La diminution du gain dans les fréquences graves permet d'éviter les phénomènes d'autophonation.

La diminution du gain dans les fréquences aigües permet d'éviter la sensation de sons trop métalliques.

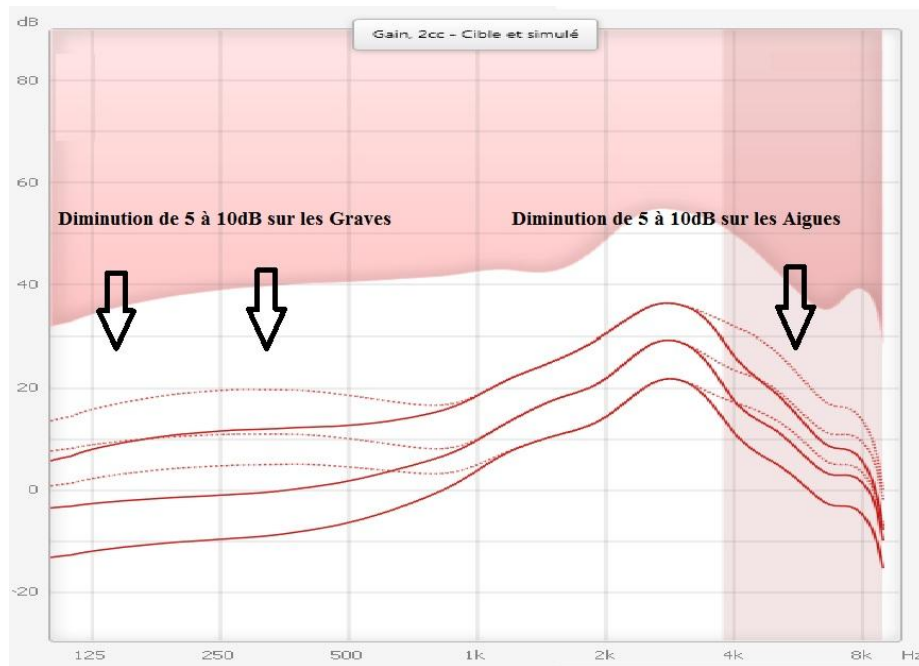


Figure 29: Illustration de la sous correction selon la méthode NAV

Présentation du logiciel Audirama

Le logiciel Audirama correspond au logiciel Sphère créé par Xavier Carriou. Certaines modifications ont été apportées par le comité scientifique de Audika et Xavier Carriou. Ces modifications ont été faites dans le but de donner une image " Audika " au logiciel et de l'harmoniser en fonction de l'utilisation des audioprothésistes pour l'application de la méthode NAV. [14]

Le logiciel Audirama permet :

- d'avoir en champ libre la courbe d'égalisation,
 - au seuil
 - au confort
 - à l'inconfort
- de faire une localisation dans les 3 axes de l'espace,
- de faire une vocale numérisée dans le calme ou dans le bruit avec un rapport signal/bruit variable.

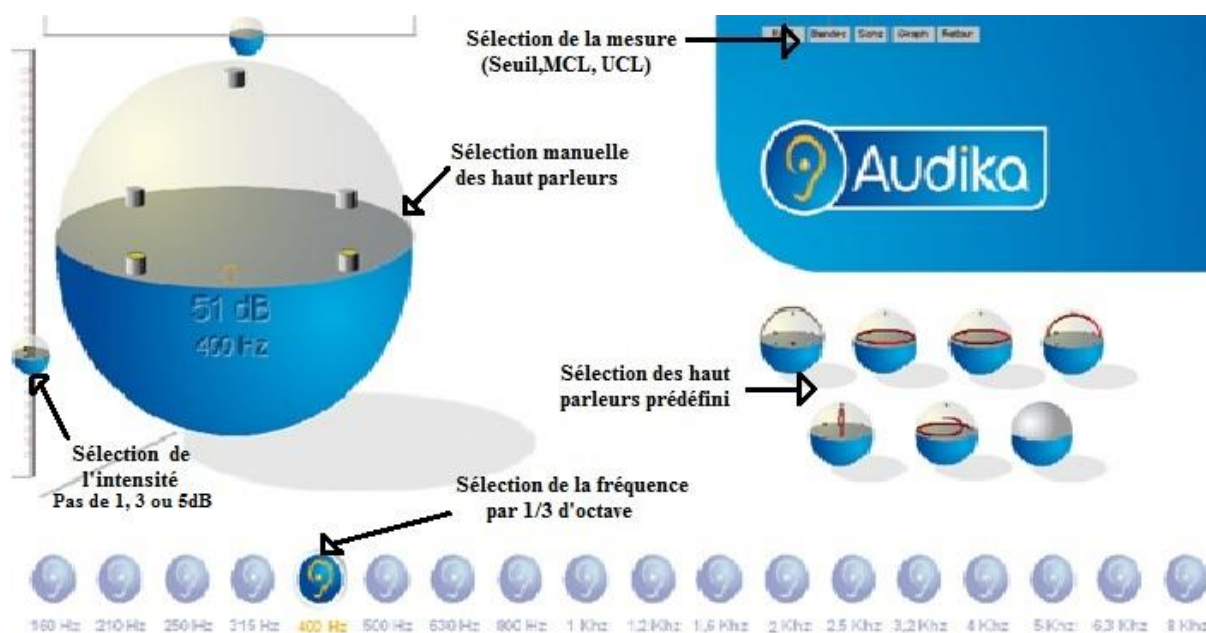


Figure 30: Illustration du logiciel Audirama [14]

L'adaptation en présence du patient se déroule selon la méthode NAV en 3 étapes :

Equilibre stéréophonique

But :

Ce test consiste à faire un équilibre entre les deux oreilles. Il est réalisé avec les deux appareils en fonctionnement sur les oreilles du patient et les appareils doivent être connectés à l'ordinateur pour ajuster les réglages au fur et à mesure. Pour réaliser l'équilibre, l'audioprothésiste émet un signal (sons wobulés) à un niveau sonore confortable et demande au patient de localiser le son.

Consigne au patient :

" Je vais émettre un son dans la pièce, ce son va sortir des haut-parleurs et il faut me dire si vous percevez le son plutôt à droite, à gauche, au milieu, devant ou derrière ".

Déroulement du test :

Le son émis par l'audioprothésiste est situé au niveau du haut-parleur central (en face du patient).

Ce test est réalisé sur 10 bandes disponibles dans les réglages de l'aide auditive (10 bandes pour les appareils Oticon Alta pro: 250, 500, 750, 1000, 1500, 2000, 3000, 4000, 6000, 8000).

En règle générale, on fait le test sur les fréquences correspondant aux nombres de canaux de chaque aide auditive.

Résultats et actions :

Voici les réponses possibles à la question " de quel côté percevez-vous le son ? " ainsi que les actions à faire :

| Réponses | Actions | Choix |
|-----------------------------------|---|--|
| Je perçois le son du côté droit | Augmenter le gain à gauche ou Diminuer le gain à droite | Si le signal perçu du côté droit est trop fort, diminuer le gain du côté droit, sinon augmenter le gain du côté gauche |
| Je perçois le son du côté gauche | Augmenter le gain à droite ou Diminuer le gain à gauche | Si le signal perçu du côté gauche est trop fort, diminuer le gain côté gauche, sinon augmenter le gain du côté droit |
| Je perçois le son au milieu | Ne rien faire et passer à la fréquence suivante | |
| Je perçois le son devant/derrière | Ne rien faire et passer à la fréquence suivante | |

Figure 31: actions à réaliser dans le cas du test d'équilibre stéréophonique

La modification des réglages sur toutes les bandes est à faire jusqu'à ce que le sujet perçoive pour toutes les fréquences, le son au milieu, devant ou derrière.

Une fois l'équilibre réalisé, l'audioprothésiste peut balayer rapidement les bandes pour confirmer que l'équilibre est bon.

Remarques :

- Le gain est modifié de 3 dB en 3 dB permettant ainsi de sentir une différence de sonie,
- Ce test n'est pas à réaliser dans le cas de zone inerte cochléaire ou dans le cas d'asymétrie dans les seuils,
- Pendant le test, il arrive que le patient localise toujours le son d'un côté ; dans ce cas-là, revenir aux réglages avant les modifications de gain pour cette fréquence ou demander à quel moment le patient a l'impression que la source est la plus centrale.

Test d'égale sensation

But :

Ce test consiste à faire un équilibre en sonie des différentes fréquences. Il est réalisé avec les deux appareils en fonctionnement sur les oreilles du patient et les appareils doivent être connectés à l'ordinateur pour ajuster les réglages au fur et à mesure.

Pour réaliser l'équilibre, l'audioprothésiste émet un premier signal référence (sons wobulés) à un niveau sonore confortable et demande de comparer la sensation avec un second signal.

Consignes au patient :

" Je vais émettre un son dans la pièce à un certain volume, tout de suite après je vais mettre un deuxième son et ma question est de savoir si le deuxième son vous semble plus fort, moins fort ou pareil en volume que le premier ".

Déroulement du test :

Le son référence émis par l'audioprothésiste est un signal wobulé à 1500 Hz (Fréquence centrale du spectre de la parole) ; il est réglé en intensité de telle sorte qu'il soit à un niveau confortable pour le patient. Une fois le signal à 1500 Hz (son référence) perçu à un niveau confortable, l'audioprothésiste fait entendre pendant 2 secondes le signal à 1500Hz et émet un deuxième signal à 2000, 3000, 4000, 6000, 8000 puis 1000, 750, 500 et 250 Hz.

Résultats et actions :

Voici les réponses possibles à la question " est-ce que le deuxième son vous semble moins fort, plus fort ou pareil que le premier (référence) " ainsi que les actions à faire :

| Réponses | Actions | Commentaires |
|---|---|---|
| Le deuxième son est plus fort que le premier $I_{2^{ème}} > I_{ref}$ | Diminuer le gain sur la deuxième fréquence jusqu'à obtenir un équilibre en intensité | Une fois l'équilibre obtenu, passer à la comparaison suivante |
| Le deuxième son est moins fort que le premier $I_{2^{ème}} < I_{ref}$ | Augmenter le gain sur la deuxième fréquence jusqu'à obtenir un équilibre en intensité | Une fois l'équilibre obtenu, passer à la comparaison suivante |
| Le deuxième son est pareil que le premier $I_{2^{ème}} = I_{ref}$ | Ne rien faire et passer à la comparaison suivante | |

Figure 32: actions à réaliser dans le cas du test d'égale sensation

Remarques :

- Ce test n'est pas toujours évident à réaliser correctement car les patients ont souvent du mal à comparer l'intensité de deux sons de fréquence différente. Il arrive souvent que les patients me répondent : " le deuxième me semble plus aigu que le premier " ou " le deuxième me semble plus haut que le premier " (la notion de hauteur fait plus appel à la fréquence qui diffère plutôt que l'intensité),
- Dans le cas de problèmes "centraux", ce test est impossible à réaliser.

Vérification de la tolérance aux sons forts

But :

Ce test consiste à vérifier qu'un son à 100 dB soit acceptable avec les appareils auditifs.

Consigne au patient :

" Je vais émettre un son relativement fort dans la pièce ; ce son va sortir des haut-parleurs et il faut me dire si vous percevez le son fort et désagréable, fort mais acceptable ou tout juste fort".

Déroulement du test :

Le son est diffusé dans la pièce par les haut-parleurs, il s'agit d'un son wobulé à 100 dB. En théorie, ce test doit être réalisé sur toute la fréquence mais comme ce n'est pas un test agréable pour le patient, on pourra se limiter à la fréquence 500, 1000, 2000 et 4000 Hz.

Résultats et actions :

Voici les réponses possibles à la question " est-ce que le son vous semble fort et désagréable, fort mais acceptable ou tout juste fort " ainsi que les actions à faire:

| Réponses | Actions | Commentaires |
|---|---|---|
| Le son est fort et désagréable | Diminuer le MPO (Max pression Output) | Diminuer le MPO jusqu'à ce que le son soit fort mais acceptable |
| Le son est fort mais acceptable | Ne rien faire et passer à la fréquence suivante | |
| Le son est tout juste fort ou Le son est étouffé | Augmenter le MPO (Max Pression Output) | Augmente le MPO jusqu'à ce que le son soit fort mais acceptable |

Figure 33: actions à réaliser dans le cas du test de vérification de la tolérance aux sons forts

Remarques :

L'audioprothésiste doit se fier à la réponse du patient mais également vérifier son comportement. Un sujet peut dire que le son est fort et désagréable mais s'il n'y a aucune réaction de sa part, ne pas trop modifier les MPO. En effet, un patient peut répondre positivement de façon anticipée par crainte du son à venir d'intensité supérieure.

Ce test peut être fait sur des sujets hyperacousiques, mais il faut prendre des précautions et bien juger le degré de l'hyperacousie.

**Partie 2 : Protocole de mise en place
pour la comparaison des deux
méthodes de pré-sélection**

Partie 2 : Protocole de mise en place pour la comparaison des deux méthodes de pré-sélection

I. Sélection de la patientèle

A. Cible

L'étude comparative a été réalisée sur des patients du centre de Audika Rue d'Alésia à Paris. La sélection de la population s'est faite à l'aide du logiciel AudikaNet.

1. Critères d'inclusion

Les sujets devaient être âgés de 55 à 75 ans de sexe masculin ou féminin, être francophone, fonction cognitive relativement maintenue. Ils devaient être déjà appareillés avec un équipement haut de gamme. Le patient doit présenter une surdité quasi-symétrique. Les sujets devaient présenter au minimum une surdité moyenne.

Age

La tranche d'âge a été fixée de 55 à 75ans.

L'âge minimum a été fixé à 55 ans car pour les tests, les patients étaient amenés à se déplacer plusieurs fois au centre ; il était donc nécessaire qu'ils aient du temps à s'accorder. Certains patients bien qu'ils ne soient pas à l'âge de la retraite, pouvaient se rendre disponibles facilement car ils travaillaient à proximité et ne voyaient pas d'inconvénients à se déplacer.

L'âge maximum a été fixé à 75 ans car une participation active leur était demandée pour le changement de programmes entre autres. Sans faire de généralités au-delà d'un certain âge, les fonctions cognitives des patients se dégradent et les résultats risquent d'être faussés par un problème de manipulation.

Sexe

Pour cette étude, le sexe du patient n'avait aucune importance.

Francophonie

La maîtrise de la langue française était importante car les tests vocaux étaient réalisés sur les listes cochléaires de Lafon (mot avec signification). Il était également important de maîtriser correctement la langue car pour l'étude en fonction des étapes, plusieurs consignes différentes plus ou moins complexes étaient données.

Fonctions cognitives

Pour les tests, une participation importante est demandée au sujet ; c'est pourquoi le patient doit avoir de bonnes fonctions cognitives pour participer correctement au test et me permettre d'avoir des résultats exploitables.

Premier appareillage ou renouvellement ?

L'étape d'adaptation est une étape longue dans l'appareillage (2 mois à 1 an). L'étude porte sur une comparaison de méthode. Cette comparaison doit avoir lieu avec les réglages quasi définitifs donnant ainsi les meilleurs résultats possibles.

Haut de gamme

La méthode DVO est disponible uniquement sur les appareils hauts de gamme Oticon (Alta Pro). Pour éviter de faire une grande différence dans les traitements de signaux, dans la directivité et les algorithmes, la sélection des patients s'est faite chez les sujets appareillés en haut de gamme.

Audition symétrique ou quasi

Pour éviter des problèmes de localisation et des problèmes pour la mise en place de la méthode NAV (Test d'égale sensation), un audiogramme symétrique ou quasi-symétrique était nécessaire.

Surdité moyenne au minimum

Pour éviter de réaliser un protocole sur des sujets qui portent peu leurs appareils, nous avons exclu les surdités légères. Dans le but d'avoir des résultats exploitables, nous avons sélectionné des patients qui portent au minimum leurs appareils 8h/j.

2. Critères d'exclusion

Appareillage monaural

Pour démontrer l'efficacité maximale d'une aide auditive, il est nécessaire de porter deux appareils auditifs quand l'audition le permet. Les sujets ont été sélectionnés avec une audition quasi-symétrique donc appareillable des deux côtés car aucune contre-indication.

Pathologie

L'étude réalisée a pour but de comparer des méthodes de pré-sélection. Pour éviter des divergences dans les résultats, les patients ne devaient présenter aucune pathologie qu'elle soit de nature cérébrale ou de nature motrice.

Surdité profonde

L'exigence d'un porteur d'appareil dépend du degré de surdité en écartant les surdités profondes ; nous écartons des sujets ne pouvant ressentir aucune différence entre les programmes.

B. Présentation de l'échantillon

Grâce au logiciel AudikaNet, une cinquantaine de patients est ressortie de la base de données comme correspondant à un certain nombre de critères d'inclusion (tranche d'âge, appareillage binaural avec audition quasi-symétrique, appareillé précédemment en haut de gamme, surdité moyenne au minimum). Grâce à la connaissance de sa patientèle, Mme D. PIRCHER a pu me dire quelles étaient sur les cinquante personnes, les personnes capables physiquement et mentalement de participer activement au protocole. C'est ainsi que nous avons réduit l'échantillon possible de 50 personnes à 23 personnes.

Après avoir contacté les 23 personnes pour leur proposer de m'aider dans l'élaboration de mon mémoire, 7 personnes m'ont répondu positivement. Les 16 autres personnes ont refusé soit pour un problème de temps, soit pour un problème de déplacement.

C'est ainsi que s'est composé l'échantillon de 3 hommes et 4 femmes.

1. Présentation générale de l'échantillon

| | Age | Sexe | Style de vie et activité | Tonale | | Vocale | | | | | |
|------------|------|------|--|----------|------|----------|------|---------|------|------------------------|-----|
| | | | | PTM (dB) | | SRT (dB) | | Max (%) | | Max Discrimination (%) | |
| 1 | 67 | H | Casanier, Discussion en milieu calme, Télévision | 47,5 | 51,3 | 48 | 54 | 100 | 100 | 100 | 100 |
| 2 | 72 | F | Assiste régulièrement à des conférences, Théâtre | 66,3 | 72,5 | 65 | 68 | 100 | 100 | 100 | 100 |
| 3 | 69 | F | Réunion de famille, Cinéma, Théâtre | 53,8 | 55 | 52 | 53 | 90 | 100 | 80 | 100 |
| 4 | 74 | H | Participe à beaucoup de réunions de syndic, Télévision, Restaurant | 57,5 | 52,5 | 53 | 65 | 90 | 90 | 75 | 40 |
| 5 | 71 | F | Environnement calme, Concert de Jazz | 53,8 | 61,3 | 52 | 57 | 100 | 100 | 100 | 100 |
| 6 | 45 | F | Encore en activité (Travail dans des bureaux), Restaurant, Télévision, Téléphone | 67,5 | 72,5 | 67 | 72 | 100 | 100 | 100 | 100 |
| 7 | 62 | H | Encore en activité (Ingénieur) | 77,5 | 75 | 78 | 78 | 80 | 90 | 80 | 90 |
| Moy | 65,7 | 0 | 0 | 60,6 | 62,9 | 59,3 | 63,9 | 94,3 | 97,1 | 90,7 | 90 |

Figure 34: Tableau de présentation de l'échantillon

2. Audiogrammes de l'échantillon

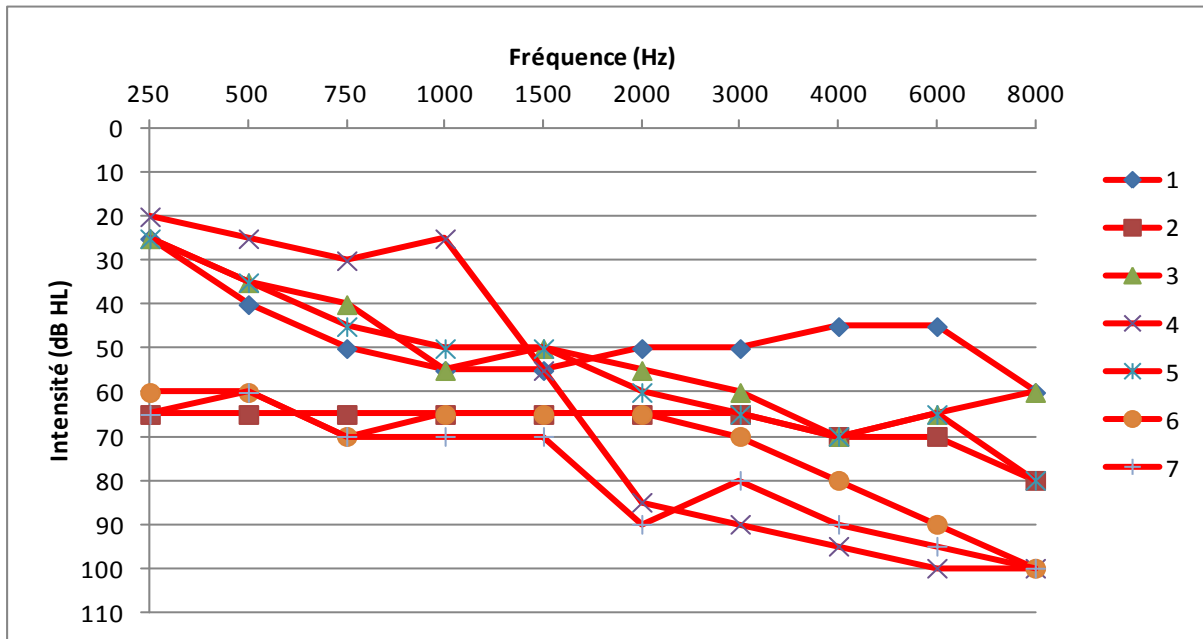


Figure 35: Superposition des audiogrammes de l'oreille droite de l'échantillon

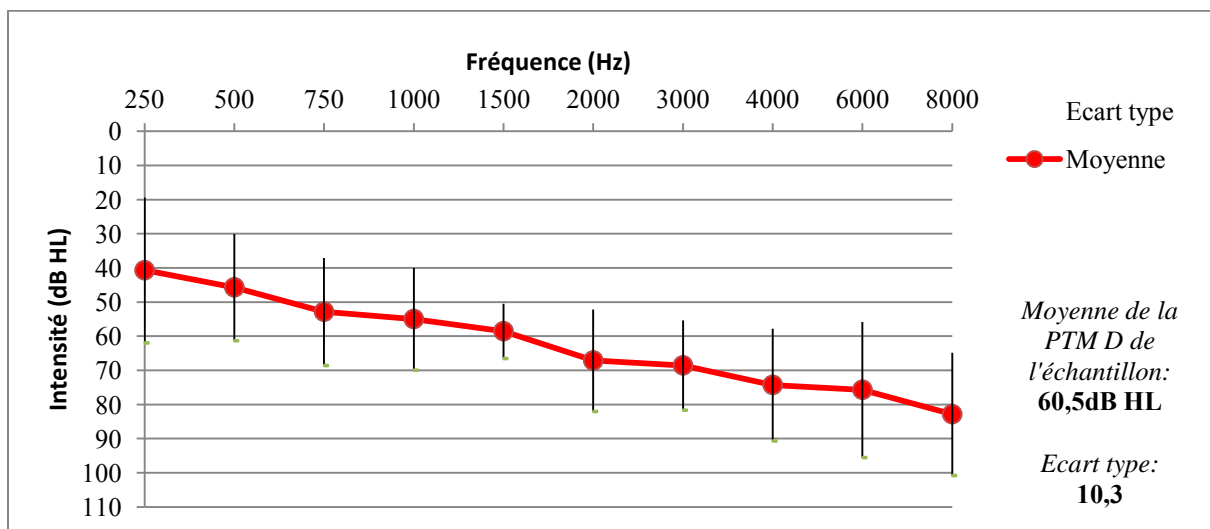


Figure 36: Moyenne des audiogrammes de l'oreille droite de l'échantillon

Ci-dessus, la figure 36 représente la moyenne et l'écart type des audiogrammes de l'oreille droite des 7 sujets ; on observe une courbe descendante (variation entre le minimum et le maximum = 42 dB) avec une perte tonale moyenne de 60,5 dB.

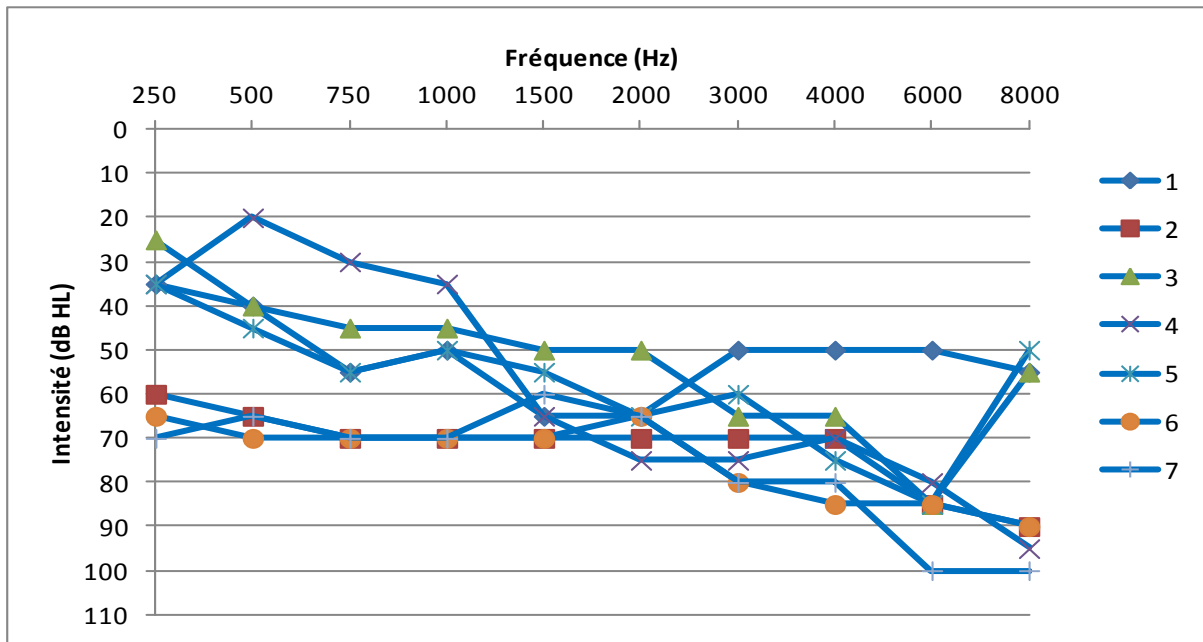


Figure 37: Superposition des audiogrammes de l'oreille gauche de l'échantillon

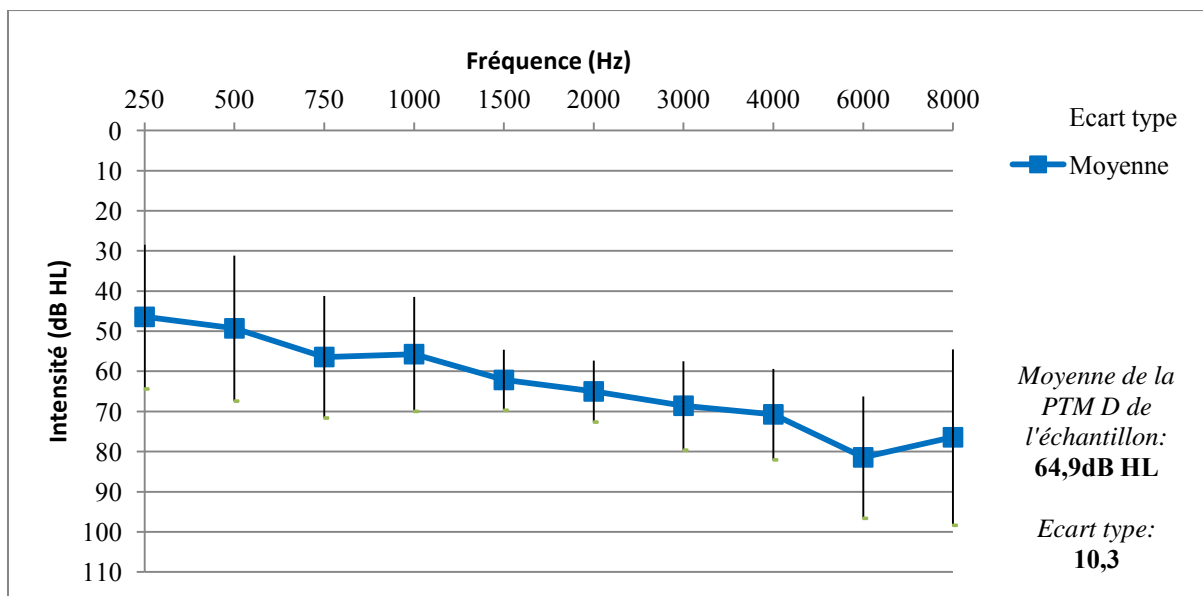


Figure 38: Moyenne des audiogrammes de l'oreille gauche de l'échantillon

Ci-dessus, la figure 38 représente la moyenne et l'écart type des audiogrammes de l'oreille gauche des 7 sujets, on observe une courbe descendante (variation entre le minimum et le maximum = 34 dB) avec une perte tonale moyenne de 64,9 dB.

Les courbes moyennes des audiogrammes sont quasiment identiques à droite et à gauche, ceci s'explique par les critères d'inclusions (audition symétrique ou quasi).

3. Informations de l'appareillage précédent

| | Date de l'équipement précédent | Marque de l'ancien équipement | Modèle | Type d'appareil | Méthodologie de pré-sélection |
|---|--------------------------------|-------------------------------|--------------|-----------------|---------------------------------|
| 1 | 03/2011 | Belton | Reach | RIC | DSL i/o |
| 2 | 06/2009 | Oticon | Tego Pro | BTE | NAL NL1 |
| 3 | 04/2012 | Oticon | Agil Pro | RIC | Typologie VAC méthode fabricant |
| 4 | 02/2011 | Unitron | Yuu Moxi | RIC | Nal NL1 |
| 5 | 09/2008 | Oticon | Synchro BTE | BTE | DSL i/o |
| 6 | 02/2010 | Oticon | EPOQ XW | RIC | DSL i/o |
| 7 | 07/2010 | Unitron | Indigo Power | BTE | Nal NL1 |

Figure 39: Détails de l'ancien équipement de l'échantillon

Le tableau figure 39 est le récapitulatif des anciens équipements des sujets :

Les marques des appareils

- 58% Oticon
- 28% Unitron
- 14% Belton

Le type d'appareil

- 58% de type RIC
- 42% de type BTE

Méthodologie de pré-sélection

- 42% de pré-sélection DSL i/o
- 42% de pré-sélection NAL NL1
- 16% de pré-sélection fabricant (Oticon)

II. Matériel utilisé

A. Matériel audiométrique

Aucun matériel particulier n'était nécessaire pour la réalisation de mon étude. Tout était à disposition dans le centre.

- Un ordinateur avec logiciels
 - Noah 3 (Regroupement des sessions patients)
 - Génie 2013.2 (Logiciel de programmation Oticon)
 - Otosuite (Logiciel de l'audiomètre)
- Un boîtier Hi-Pro (Interface de connexion des appareils auditifs)
- Un audiomètre otometrics Itera II (Audiomètre hybride : autonome et PC)
- Un casque audiométrique
- Un système de haut-parleur 5.1 (2 HP latéraux arrière, 2HP latéraux avant, 1HP au-dessus du patient)
- Logiciel Audirama (Audiométries tonale et vocale en champs libre)
- Les appareils auditifs du patient (Alta Pro)

B. Autres matériels (DL)

Le Data Logging est une mémoire intégrée, elle permet d'analyser une multitude d'éléments dans lequel évolue le porteur :

- Le temps de port des aides auditives
- Les environnements dans lequel le porteur se situe
 - Calme
 - Parole seule
 - Parole et bruit
 - Bruit seul
- La directivité microphonique enclenchée par le mode de gestion automatique
 - Omni (Captation à 360°)
 - Directivité partagée
 - Directivité totale

III. Détail du protocole de comparaison

Au début de l'étude, le protocole a été déterminé avec précision dans le but d'avoir les résultats les plus reproductibles d'un patient à l'autre. Le protocole de l'étude a été élaboré en 5 étapes sur une durée moyenne de 5 semaines.

La comparaison des deux méthodes de pré-sélection s'est faite par l'utilisation de deux programmes différents :

A. Etape 1: Le premier RDV

Le premier rendez-vous a pour but de refaire un nouvel audiogramme tonal et vocal ainsi qu'une prise d'empreinte. Quelque soit l'appareillage (RIC ou BTE), un embout sur mesure était réalisé.

Dans le cas où les tests étaient réalisés avec un appareillage de type RIC, l'embout sur mesure avait pour but :

- d'assurer un bon maintien dans l'oreille,
- d'avoir une action facile sur les paramètres acoustiques (forme de l'embout, diamètre de l'évent, longueur de l'embout, étanchéité...),
- d'assurer toujours la même place de l'écouteur dans le conduit auditif externe,
- de donner les meilleures performances possibles. En effet, l'embout sur mesure et quasi (sauf contre-indication anatomique) indispensable dès qu'il est nécessaire d'amplifier des fréquences graves.

Au vu des audiogrammes des sujets composant l'échantillon, il était nécessaire de faire un embout sur mesure pour 7 patients. Dans le cas d'un appareillage de type BTE, l'embout sur mesure permet de faire le couplage entre l'appareil et le conduit auditif externe.

Pour éviter de fausser les résultats par souci de manipulation (incapacité à changer les programmes), le type d'appareil (RIC ou BTE) n'était pas modifié par rapport à l'ancien équipement.

Une fois le rendez-vous terminé, j'ai commandé l'embout sur mesure chez le fabricant et la paire d'appareils auditifs ALTA Pro chez Oticon avec la matrice et le type d'appareil correspondant.

B. Etape 2: La livraison

Une fois les appareils et les embouts reçus, nous pouvions réaliser la livraison.

Le réglage de l'appareil était le suivant :

1. L'adaptation

Programme 1 (P1) : Méthode de pré-sélection NAV. Comme expliqué précédemment, cette méthode correspond à une adaptation selon la méthode DSL v5 Adulte (prise en compte de l'âge, du sexe et de l'expérience) avec une modification :

- Des facteurs de compression en fonction de la dynamique résiduelle du porteur,
- Des seuils d'enclenchement de la compression (Tk) en fonction de la phonétique de la langue française et en fonction du degré de surdité.

Une fois la base des réglages réalisée, nous vérifions avec le patient :

- L'équilibre stéréophonique,
- Le test d'égale sensation,
- Vérification de la tolérance aux sons forts.

S'il est nécessaire, une sous-correction est appliquée selon la méthode NAV : une diminution du gain de 5 à 10dB uniquement sur les fréquences graves et aigües. Aucune modification du gain dans les fréquences médium et du MPO.

Programme 2 (P2) : Adaptation selon la méthode DVO de Oticon. Après avoir renseigné l'âge, le sexe et l'expérience, le questionnaire de prescription personnelle est rempli avec le patient dans le but de déterminer la typologie la plus adaptée avec les traitements de signaux correspondants.

| | Typologie | Réduction du bruit | | | Compression | Directivité | | Aide à l'écoute |
|---|-------------|--------------------------|----------------------------------|----------------------------------|-------------|-------------|-------------|-----------------|
| | | Gestion du bruit (0 à 7) | Gestion des transitoires (0 à 3) | Gestion spatial du bruit (0 à 4) | Vitesse | Mod Dir | Mod Omni | Niveau (1 à 11) |
| 1 | Doux 2 | 5 | 2 | 4 | Modéré | Omni | Speech Omni | 11 |
| 2 | Equilibré 3 | 3 | 0 | 2 | Modéré | Tri-mod | Opti omni | 7 |
| 3 | Equilibré 1 | 5 | 2 | 4 | Modéré | Tri-mod | Opti omni | 9 |
| 4 | Equilibré2 | 4 | 1 | 3 | Modéré | Tri-mod | Opti omni | 8 |
| 5 | Doux 3 | 4 | 1 | 3 | Modéré | Tri-mod | Speech Omni | 10 |
| 6 | Précis 3 | 2 | 0 | 1 | Modéré | Tri-mod | Opti omni | 4 |
| 7 | Précis 1 | 4 | 1 | 3 | Modéré | Tri-mod | Opti omni | 6 |

Figure 40: Typologie et gestionnaire Youmatic de chaque échantillon

Si il est nécessaire, une diminution du gain général est faite pour assurer un confort de volume au porteur.

2. Consignes

" Vous avez 2 programmes sur vos appareils : pour passer d'un programme à l'autre, il suffit d'appuyer soit sur le bouton de l'appareil droit, soit sur le bouton de l'appareil gauche. Les deux appareils communiquent entre eux, donc il suffit d'appuyer sur un seul coté et le changement de programme se fait des 2 cotés. "

Ce que je vous demande pour cette semaine c'est de noter ce qui va et ce qui ne va pas dans chaque programme. La semaine prochaine, je modifierai ainsi les réglages pour améliorer votre appareillage ".

C. Etape 3 : Modification des réglages des programmes

Cette étape a pour but de modifier les réglages avant de prendre en compte le Data Logging. En effet, un programme n'a pu être utilisé car le volume général était trop fort, ce qui aurait faussé les résultats de Data Logging. Il était également intéressant de vérifier la présence d'une donnée incohérente dans le Data Logging.

Ex : Pour un sujet, le Data Logging affichait un temps de port moyen de 22,50h. Après avoir discuté avec cette personne, j'ai compris qu'elle éteignait mal ses appareils le soir.

1. L'adaptation

Durant cette étape, je réalisais les modifications de réglages sur chaque programme.

Si les remarques du porteur concernaient une sonorité mal acceptée (trop grave, trop aigüe), je modifiais les courbes de réponses ; si les remarques du porteur concernaient un problème dans une situation particulière, je modifiais les traitements de signaux.

Dans le cas où les problèmes concernaient le P1 (NAV), je modifiais les traitements de signaux dans les fonctions automatiques ; dans le cas où c'était pour le P2 (DVO), je modifiais soit le niveau (1, 2 , 3) de la typologie, soit la typologie complète.

2. Consignes

Une fois l'adaptation faite, nous expliquons au porteur :

" Vous avez 2 programmes différents sur vos appareils, j'ai pris en compte vos remarques pour améliorer l'efficacité de chaque programme.

Ce que je vous demande pour cette semaine c'est de mettre le programme qui vous semble le plus adapté à la situation dans laquelle vous êtes. Ne cherchez pas à savoir si vous êtes sur le programme 1 ou 2, informatiquement je relèverais l'information la semaine prochaine ".

3. Remarque

Il était important de préciser que : " le deuxième programme ne correspond pas forcément à un programme moins fort ou plus fort, c'est une autre méthodologie de réglages, une autre sonorité ".

Avant de laisser partir le sujet, il fallait absolument remettre à "0" le Data Logging afin de ne pas prendre en compte les événements passés durant la première semaine d'adaptation.

D. Etape 4 : L'inversion des programmes

Avant de débiter cette étape, il était impératif de connecter les appareils à l'ordinateur afin de lire le Data Logging correspondant à la deuxième semaine de port et de sauvegarder sous Noah 3 cette session.

1. L'adaptation

Cette étape a pour but de lire le Data Logging des appareils et switcher entre le P1(NAV) et le P2 (DVO). Ainsi une fois l'inversion faite, le P1 devient le programme DVO et le P2 devient le programme NAV.

2. Consignes

" Je vous ai inversé les 2 programmes informatiquement, les consignes que vous avez respecté cette semaine, sont toujours valables. Mettez-vous sur le programme qui vous satisfait le plus en fonction de l'environnement dans lequel vous êtes ".

3. Remarque

Nous nous sommes interrogés avec Mme D. PIRCHER sur le fait de savoir s'il fallait leur dire ou pas que nous avons inversé les programmes. Après réflexion, nous avons décidé de les informer du changement. Un sujet pouvait avoir le réflexe de changer de programme dès qu'il mettrait l'appareil car il préférerait le P2 (anciennement DVO). S'il n'était pas au courant de l'inversion que nous avons réalisée, il aurait continué à changer de programme par réflexe sans faire attention à la différence de réglages.

E. Etape 5 : Les tests

Avant de réaliser les tests, je sauvegardais le Data Logging dans une nouvelle session.

1. Audiométrie tonale en champs libre

But :

Le but de ce test est de réaliser un gain prothétique (GP). Le gain prothétique permet de quantifier l'amélioration apportée par l'appareil fréquence par fréquence. Le gain prothétique est le champ situé entre le seuil auditif du sujet sans appareil et avec appareil.

| |
|--|
| GP_{1000Hz}=Seuil auditif sans appareils - Seuil auditif avec appareils |
|--|

Consigne au patient :

" Le son va sortir des haut-parleurs, merci de me faire un petit signe de la main dès que vous percevrez le son MEME s'il est très faible ".

Déroulement du test :

Le test est réalisé grâce au logiciel Audirama. Nous pouvons avec ce logiciel choisir que la mesure soit réalisée avec ou sans appareil traçant ainsi 2 courbes différentes créant une aire correspondant au gain prothétique. Un pas de 3dB était choisi pour la mesure car en règle générale, cela correspond à la plus petite variation d'intensité percevable.

Le test est réalisé dans un premier temps sans appareil sur toutes les fréquences (1000, 1500, 2000, 3000, 4000, 6000, 8000 puis 750, 500 et 250Hz).

Le test est ensuite fait avec les appareils en position P1 correspondant à l'adaptation DVO puis avec le P2 (NAV). Les résultats sont comparés pour déterminer le réglage apportant le plus de gain prothétique (cf. III. Résultats du protocole).

Remarques

Pour réaliser le gain prothétique en champ libre avec du son wobulé, il faut désactiver les systèmes de réduction de bruits pour obtenir un résultat pertinent. En effet, le son Wobulé est facilement identifié par l'aide auditive comme étant un bruit et du coup l'intensité du signal est diminuée par l'aide auditive.

L'utilisation du son " pseudo-vocalique " permet de tester les malentendants appareillés dans les conditions réelles d'utilisation des aides auditives, sans désactiver les réducteurs de bruits. Par souci d'absence de signaux pseudo-vocaliques dans le logiciel Audirama, j'ai réalisé les tests en désactivant les réducteurs de bruits.

2. Audiométrie vocale en champs libre

But :

Le but de ce test est de quantifier l'amélioration apportée par les aides auditives non plus sur des signaux wobulés mais sur des listes de mots. L'amélioration se quantifie en pourcentage.

| |
|--|
| $\text{Amélioration (\%)} = \text{Bonnes réponses avec Appareils (\%)} - \text{Bonnes réponses sans Appareils (\%)}$ |
|--|

Consigne au patient :

" Vous allez entendre une liste de 17 mots, vous devez répéter les mots comme vous les comprenez, si vous n'êtes pas sûr du mot, vous répétez ce qui vous semble juste et si vous n'entendez qu'une partie du mot, vous répétez la partie quand même ".

Déroulement du test :

Le test est réalisé grâce au logiciel Audirama. Nous avons pour ce test, utilisé les listes cochléaires de Lafon.

Le test est réalisé dans un premier temps sans appareil, ensuite avec les appareils en position P1 correspondant à l'adaptation DVO puis avec le P2 (NAV).

Le test a été fait dans le calme puis dans le bruit.

Dans le calme, nous avons fait entre 2 et 3 listes à différentes intensités en fonction du sujet.

Les intensités sont variables d'un individu à l'autre car en fonction des seuils auditifs, nous avons des réponses différentes à même intensité. Les trois intensités varient de 45dB à 85dB avec un delta de 10dB. Les 3 intensités testées sont successives (ex: 45;55;65 dB ou 65;75;85 dB).

Dans le bruit, nous avons réalisé pour chacun, 3 listes avec un rapport signal sur bruit (RSB) de +5 dB, 0 dB puis -5 dB. Les intensités étaient dans ce cas, aussi variables d'un individu à l'autre, seul le RSB ne changeait pas.

Les résultats sont ensuite comparés pour déterminer le réglage apportant l'amélioration vocale (cf. III. Résultats du protocole).

Les intensités testées que se soit dans le calme ou dans le bruit, ont été choisies afin d'avoir des résultats comparables d'un sujet à l'autre.

Justification du choix des listes cochléaires de Lafon :

Pour réaliser l'audiométrie vocale en champs libre, il était nécessaire de choisir des listes de mots avec signification. En effet, ce que l'on mesure là est non seulement l'audition mais aussi et surtout la compréhension.

Pour réaliser un test comme celui-là, il est important de prendre des listes avec beaucoup de mots pour avoir une bonne cohérence dans les résultats. En effet, en prenant l'exemple des listes de mots dissyllabiques de Fournier, une erreur entraîne 10 % de diminution du résultat alors que les listes cochléaires de Lafon comptent 17 mots et que 3 points sont attribués à chaque mot, une erreur entraîne seulement 2 % de diminution du résultat. De plus, les listes ne sont pas équilibrées. Une étude réalisée par Léon Dodele a été faite sur 11 sujets : il a fait répéter 10 listes de mots dissyllabiques de Fourier à même intensité. On constate une disparité chez un même sujet de 40 % en moyenne en fonction de la liste utilisée. [15]

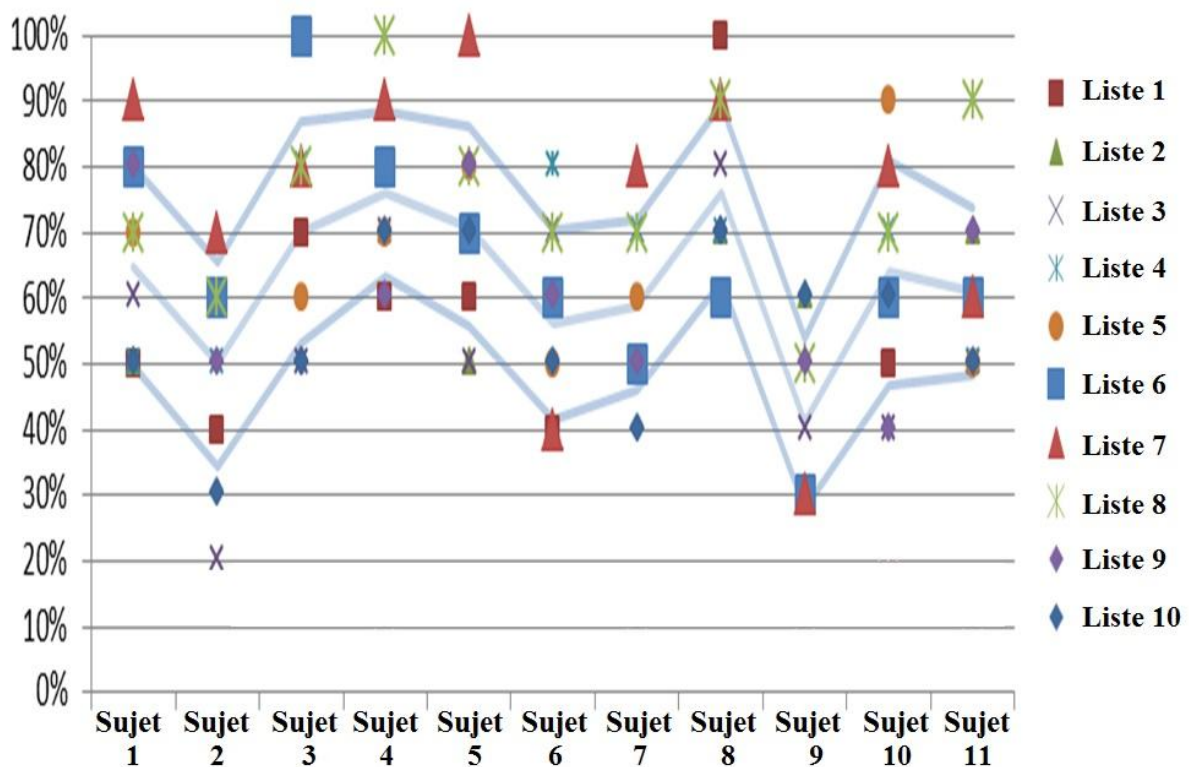


Figure 41: Présentation des résultats de l'étude réalisée par Léon Dodele

Partie 3 : Résultat de l'étude comparative

Partie 3: Résultat de l'étude comparative

I. Pré-requis de l'analyse de l'étude

A. Principe d'analyse

Plus l'échantillon est important, plus l'analyse et les résultats sont significatifs. Cette étude compte 7 individus constituant l'échantillon. L'échantillon reste faible au vu du nombre de personnes appareillées dans le centre.

Ma volonté première était d'avoir un échantillon plus significatif dans le but d'avoir des résultats plus pertinents. Les raisons qui ont réduit considérablement l'échantillon sont :

- La disponibilité des personnes entrant dans les critères d'inclusion,
- Le risque d'engager des frais dans le cas d'une perte des appareils pendant la durée de l'étude (5 semaines),
- Les personnes imaginant une démarche commerciale pour leur faire changer d'appareils.

B. Critères pris en compte pour l'analyse

L'analyse de l'étude sera faite en prenant en compte la moyenne des 7 individus ; dans certains cas, il sera nécessaire d'intégrer l'écart type dans l'analyse.

Dans le cas d'une comparaison entre 2 méthodes, la loi de Student peut être utilisée.

Enoncé pour les exemples suivants :

| | | | | | | |
|-------------|---|----|----|----|---|----|
| Echantillon | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 |
| Note | 8 | 13 | 10 | 15 | 7 | 14 |

1. Moyenne

"La moyenne est une mesure statistique caractérisant les éléments d'un ensemble de quantités : elle exprime la grandeur qu'aurait chacun des membres de l'ensemble s'ils étaient tous identiques sans changer la dimension globale de l'ensemble. Il y a plusieurs façons de calculer la moyenne d'un ensemble de valeurs choisies en fonction de la grandeur physique que représentent ces nombres. Dans le langage courant, le terme « moyenne » réfère généralement à la moyenne arithmétique." [16]

Formule:

$$\bar{x} = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n x_i$$

Avec: n: nombre d'échantillons (pour nous:7)
x_i: Valeurs finies prises par la variable X

Exemple: Moyenne = $x = \frac{8 + 13 + 10 + 15 + 7 + 14}{6} = 11.2$

2. Ecart type

"L'écart type est une notion mathématique définie en probabilité et appliquée à la statistique. En probabilité, l'écart type est une mesure de la dispersion d'une variable aléatoire réelle (dans notre cas, la moyenne) ; en statistique, il est une mesure de dispersion de données. Il est défini comme la racine carrée de la variance, ou de manière équivalente comme la moyenne quadratique des écarts par rapport à la moyenne. Il a la même dimension que la variable aléatoire ou la variable statistique en question." [wikipedia]

Formule:
$$\sqrt{\frac{1}{n} \sum_{i=1}^n (x_i - \bar{x})^2}$$

Avec: \bar{x} : Moyenne de la variable X

Exemple:
$$s = \frac{1}{7} * (8 - 11,2)^2 + (13 - 11,2)^2 + (10 - 11,2)^2 + (15 - 11,2)^2 + (7 - 11,2)^2 + (14 - 11,2)^2$$

s=3,3

3. Test de Student

"Le test de Student, ou test t , est un ensemble de tests d'hypothèses paramétriques où la statistique calculée suit une loi de Student lorsque l'hypothèse nulle est vraie. Un test de Student peut être utilisé notamment pour tester statistiquement l'hypothèse d'égalité de l'espérance de deux variables aléatoires suivant une loi normale et de variance inconnue. Le test de Student dans notre cas, permet de déterminer le pourcentage d'erreur possible lorsque l'on affirme une analyse." [18]

Par norme on considère acceptable un pourcentage d'erreur allant jusqu'à 5% ($t=0.05$).

Formule:
$$t = \frac{\bar{x} - \mu_0}{s/\sqrt{n}}$$

Avec : μ_0 : valeur donnée qui est comparée à μ , valeur d'espérance

II. Résultats issus des Data Logging

A. Etude de la proportion d'utilisation de chaque programme

| | Utilisation du P NAV | | Utilisation du P DVO | | Tps de port/j (h) |
|-------------------|----------------------|-------------------|----------------------|-------------------|-------------------|
| | Utilisation (%) | Utilisation/j (h) | Utilisation (%) | Utilisation/j (h) | |
| Sujet 1 | 32,5 | 4,6 | 67,5 | 9,6 | 14,2 |
| Sujet 2 | 49 | 8,4 | 51 | 8,7 | 17,1 |
| Sujet 3 | 47,5 | 6,3 | 52,5 | 6,9 | 13,2 |
| Sujet 4 | 45 | 6,6 | 55 | 8,1 | 14,7 |
| Sujet 5 | 45,5 | 7,1 | 54,5 | 8,5 | 15,6 |
| Sujet 6 | 41,5 | 3,7 | 58,5 | 5,1 | 8,8 |
| Sujet 7 | 30 | 4,7 | 70 | 10,9 | 15,5 |
| Moyenne | 41,6 | 5,9 | 58,4 | 8,3 | 14,2 |
| Ecart type | 7,5 | 1,7 | 7,5 | 1,8 | 2,7 |

Figure 42: Tableau des résultats des pourcentages d'utilisation de chaque programme représentant tout l'échantillon

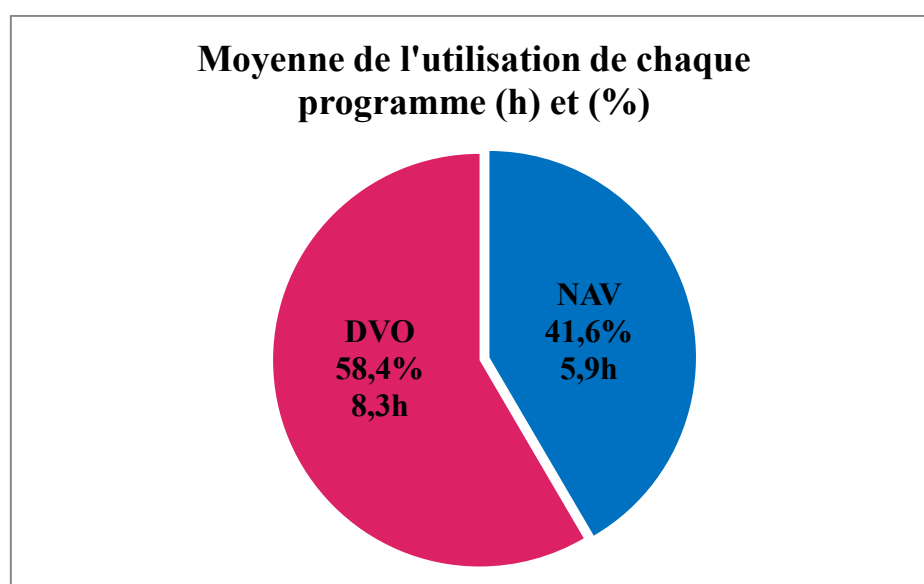


Figure 43: Graphique incluant uniquement les moyennes des résultats du pourcentage d'utilisation de chaque programme

Analyse

Pour déduire du Data Logging ces résultats, il a été nécessaire de confondre les résultats issus de l'étape 4 (P1: NAV et P2: DVO) et de l'étape 5 (P1:DVO et P3:NAV). En effet, dès que l'appareil est mis en route, le P1 démarre automatiquement. L'étape 4 pour tout l'échantillon révèle une utilisation du programme NAV (P1) plus importante (62%) que le programme DVO (P2) (38%). L'étape 5 pour tout l'échantillon montre une utilisation du programme NAV (P2) de seulement 26 %.

L'association de ces 2 étapes (moyennes) met en avant une utilisation sur l'ensemble de l'étude du programme DVO à hauteur de 58.4 %.

La moyenne est un bon élément d'analyse mais, il est important de regarder l'échantillon en entier pour cette étude car les résultats restent proches du 50/50. Le détail de l'échantillon met en avant le fait qu'aucun des sujets n'a préféré utiliser le programme NAV. Le sujet ayant utilisé le plus ce programme est le sujet 2 avec une utilisation à 49 % (<50%) ; au contraire, le sujet ayant le moins utilisé le programme NAV est le sujet 7 avec 30 % d'utilisation. L'écart type étant de 7.5, la proportion de chaque programme reste toujours à l'avantage du programme DVO.

La question à se poser maintenant est :

Est-ce que le temps de port des aides auditives avec la méthode DVO (8,3h) prime sur le temps de port avec la méthode NAV (5,9h) car elle permet au porteur une meilleure intelligibilité ou un meilleur confort?

B. Etude de la proportion d'utilisation dans chaque environnement

Un des éléments de l'analyse permettant de répondre à la question précédente est l'environnement d'utilisation des appareils en fonction des programmes.

| | Utilisation du P NAV (%) | | | | | Utilisation du P DVO (%) | | | | |
|-------------------|--------------------------|-------------|-------------|------------|-------------|--------------------------|-------------|-------------|------------|-------------|
| | Calme | Parole | P et B | Bruit | Somme | Calme | Parole | P et B | Bruit | Somme |
| Sujet 1 | 10,8 | 12,3 | 22,8 | 4,3 | 50,0 | 10,0 | 14,0 | 22,0 | 4,0 | 50,0 |
| Sujet 2 | 9,8 | 18,5 | 18,3 | 3,5 | 50,0 | 9,8 | 20,5 | 16,5 | 3,3 | 50,0 |
| Sujet 3 | 4,0 | 21,0 | 20,5 | 4,5 | 50,0 | 3,3 | 26,0 | 17,3 | 3,5 | 50,0 |
| Sujet 4 | 13,8 | 7,8 | 23,8 | 4,8 | 50,0 | 6,8 | 20,5 | 17,8 | 5,0 | 50,0 |
| Sujet 5 | 6,5 | 20,8 | 20,8 | 2,0 | 50,0 | 7,8 | 18,5 | 21,5 | 2,3 | 50,0 |
| Sujet 6 | 10,8 | 15,3 | 19,0 | 5,0 | 50,0 | 11,0 | 12,3 | 20,3 | 6,5 | 50,0 |
| Sujet 7 | 12,0 | 17,0 | 17,3 | 3,8 | 50,0 | 10,0 | 16,0 | 20,3 | 3,8 | 50,0 |
| Moyenne | 9,6 | 16,1 | 20,3 | 4,0 | 50,0 | 8,4 | 18,3 | 19,4 | 4,0 | 50,0 |
| Ecart type | 3,3 | 4,8 | 2,4 | 1,0 | 0,0 | 2,7 | 4,6 | 2,2 | 1,4 | 0,0 |

Figure 44: Tableau des proportions d'utilisation de chaque environnement en fonction des programmes

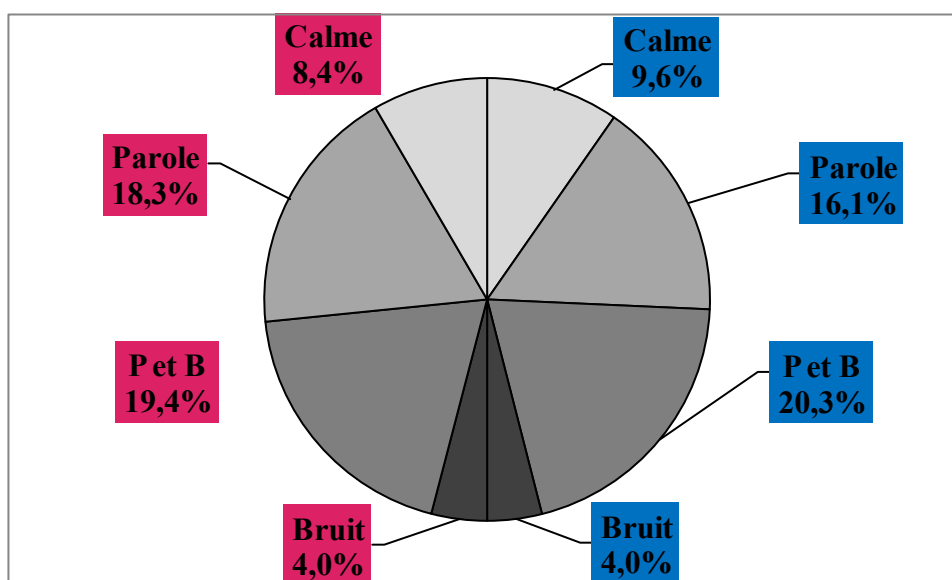


Figure 45: Graphique incluant uniquement les moyennes des proportions d'utilisation de chaque environnement

Analyse

Pour réaliser la comparaison des environnements sonores, les proportions d'utilisation de chaque programme ont été rapportées à 50 % (contre 58 et 42 normalement) pour chaque méthode de pré-sélection. Ainsi, il est facile de comparer l'utilisation des appareils dans le calme, avec de la parole, de la parole et du bruit et que du bruit. Si les proportions d'utilisation de chaque programme étaient restées à 58 et 42, on aurait constaté quelque soit l'environnement, une dominance des environnements dans le programme DVO.

Concernant l'utilisation des appareils dans le calme, il y a 1,2 % de plus pour la méthode NAV (9,6 vs 8,4). A l'inverse, l'utilisation dans une situation de parole est favorable à la méthode DVO avec 2,2 % de différence.

A propos de l'environnement parole + bruit, la différence est quasi nulle, et pour l'environnement bruit, la différence est nulle.

En analysant l'étude sujet par sujet, aucun des résultats ne présente une différence significative. Seul le sujet 4 a utilisé les 2 programmes dans ces situations différentes :

- le programme NAV a été utilisé plus dans le calme (6,8 % vs 13,8 %),
- le programme DVO a été utilisé plus dans une situation de parole (7,8 % vs 20,5 %).

L'analyse de ces résultats pourrait permettre d'affirmer que la méthode NAV privilégie le confort (plus utilisée dans le calme) et la méthode DVO privilégie l'intelligibilité (plus utilisée dans un environnement de parole).

Ces résultats sont observés uniquement chez le sujet 4, donc non interprétables. De plus, le test de Student montre un pourcentage d'incertitude important ($t \sim 0.42 \gg 0.05$).

C. Etude de la proportion d'utilisation des modes directionnels

| | Utilisation du P NAV (%) | | | | Utilisation du P DVO (%) | | | |
|-------------------|--------------------------|-------------|------------|-------------|--------------------------|-------------|------------|-------------|
| | Omni | Dir partagé | Dir total | Somme | Omni | Dir partagé | Dir total | Somme |
| Sujet 1 | 44,0 | 6,0 | 0,0 | 50,0 | 44,8 | 4,5 | 0,8 | 50,0 |
| Sujet 2 | 37,8 | 12,3 | 0,0 | 50,0 | 40,0 | 8,0 | 2,0 | 50,0 |
| Sujet 3 | 42,3 | 7,8 | 0,0 | 50,0 | 42,8 | 5,0 | 2,3 | 50,0 |
| Sujet 4 | 42,8 | 7,3 | 0,0 | 50,0 | 42,3 | 6,0 | 1,8 | 50,0 |
| Sujet 5 | 48,5 | 1,5 | 0,0 | 50,0 | 48,3 | 1,8 | 0,0 | 50,0 |
| Sujet 6 | 37,3 | 12,8 | 0,0 | 50,0 | 36,3 | 9,0 | 4,8 | 50,0 |
| Sujet 7 | 42,3 | 7,8 | 0,0 | 50,0 | 39,8 | 7,3 | 3,0 | 50,0 |
| Moyenne | 42,1 | 7,9 | 0,0 | 50,0 | 42,0 | 5,9 | 2,1 | 50,0 |
| Ecart type | 3,8 | 3,8 | 0,0 | 0,0 | 3,9 | 2,4 | 1,5 | 0,0 |

Figure 46: Tableau des proportions d'utilisation de chaque directivité microphonique en fonction des programmes

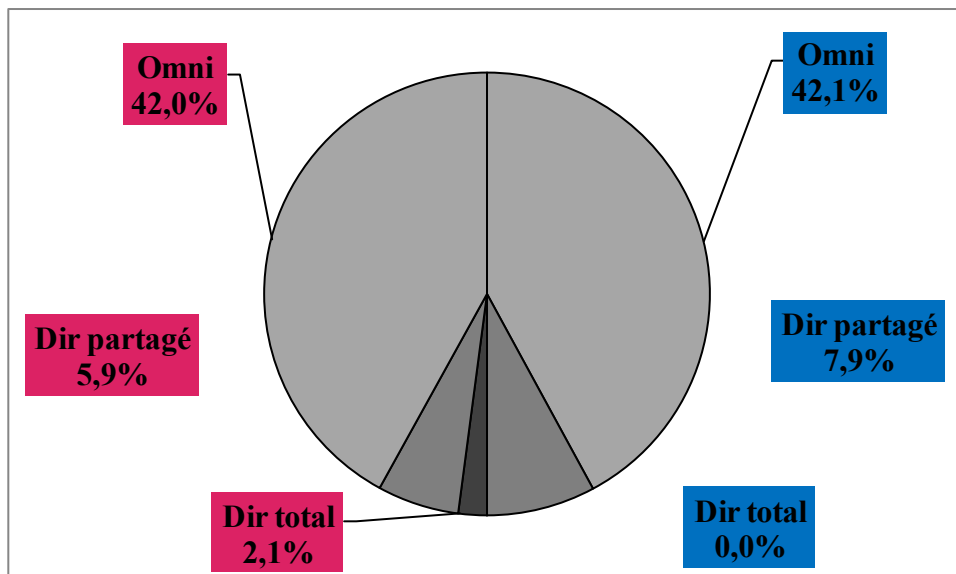


Figure 47: Graphique incluant uniquement les moyennes des proportions d'utilisation des directivités microphoniques

Analyse

Tout comme pour l'étude des environnements, pour l'étude de la directionnalité, les proportions ont été rapportées à 50/50 pour les mêmes raisons que l'étude précédente.

La première chose notable dans ces résultats est que la proportionnalité de la directivité totale dans la méthode NAV est nulle. Ce résultat n'indique pas qu'aucun des sujets n'a été dans une situation où la directivité totale était nécessaire mais que la méthode NAV ne permet pas ce mode directif. Ceci n'est pas une volonté de la part de Audika, mais un blocage du logiciel. La méthode NAV étant basée sur une méthode DSL, la directivité totale n'est pas disponible.

Concernant les moyennes, les différences sont très faibles entre le P1 et P2, pour le mode Omni 42,0 % pour la méthode DVO et 42,1 % pour la méthode NAV, ceci fait une différence de 0,1 %, ce qui ne permet pas de tirer de conclusions.

La directivité partagée de la méthode NAV (7,9 %) est divisée en directivité partagée (5,9 %) et une faible proportion de directivité totale (2,1 %).

Conclusion de l'étude du Data Logging

Cette étude a permis de quantifier la préférence des sujets pour tel et tel programme. Ce qui en ressort c'est que le programme DVO a été plus utilisé par les sujets que le programme NAV.

La question était de savoir pourquoi.

Est-ce que c'est pour une notion de confort ou une notion d'intelligibilité ?

L'étude des autres éléments du Data Logging (Environnement et Directivité) n'a pas permis de donner plus de précision.

Nous passons à l'étude des mesures dites subjectives pour essayer de trouver une réponse.

III. Résultats issus des mesures subjectives

A. Résultats de l'analyse de l'audiométrie tonale

1. Résultat de l'étude

| | Sans Aide auditive | | | | | | | Avec méthodologie NAV | | | | | | Avec méthodologie DVO | | | | | |
|------------|--------------------|------|------|------|------|------|------|-----------------------|------|------|------|------|------|-----------------------|------|------|------|------|------|
| | Seuils auditif | | | | | | PTM | Seuils auditif | | | | | | Seuils auditif | | | | | |
| | 250 | 500 | 1k | 2k | 4k | 8k | | 250 | 500 | 1k | 2k | 4k | 8k | 250 | 500 | 1k | 2k | 4k | 8k |
| Sujet 1 | 30 | 33 | 48 | 59 | 51 | 57 | 47,8 | 21 | 30 | 30 | 34 | 39 | 27 | 15 | 24 | 27 | 30 | 42 | 36 |
| Sujet 2 | 54 | 54 | 54 | 69 | 66 | 72 | 60,8 | 42 | 33 | 30 | 39 | 45 | 48 | 30 | 27 | 27 | 33 | 42 | 54 |
| Sujet 3 | 18 | 33 | 39 | 54 | 63 | 48 | 47,3 | 15 | 27 | 27 | 30 | 39 | 24 | 15 | 24 | 27 | 30 | 39 | 36 |
| Sujet 4 | 15 | 27 | 42 | 72 | 75 | 75 | 54 | 15 | 24 | 27 | 54 | 63 | 54 | 15 | 24 | 24 | 54 | 57 | 57 |
| Sujet 5 | 18 | 36 | 42 | 69 | 66 | 87 | 53,3 | 18 | 30 | 27 | 36 | 48 | 48 | 18 | 33 | 24 | 36 | 42 | 84 |
| Sujet 6 | 42 | 51 | 54 | 54 | 66 | 87 | 56,3 | 42 | 36 | 30 | 30 | 42 | 51 | 39 | 36 | 27 | 30 | 39 | 57 |
| Sujet 7 | 54 | 45 | 57 | 66 | 87 | 87 | 63,8 | 30 | 30 | 27 | 51 | 63 | 87 | 21 | 24 | 27 | 48 | 60 | 87 |
| Moyenne | 33,0 | 39,9 | 48,0 | 63,3 | 67,7 | 73,3 | 54,7 | 26,1 | 30,0 | 28,3 | 39,1 | 48,4 | 48,4 | 21,9 | 27,4 | 26,1 | 37,3 | 45,9 | 58,7 |
| Ecart type | 17,1 | 10,2 | 7,1 | 7,5 | 11,1 | 15,7 | 6,2 | 12,0 | 3,9 | 1,6 | 9,7 | 10,5 | 20,7 | 9,3 | 5,0 | 1,5 | 9,8 | 8,8 | 20,4 |

Figure 48: Tableau de comparaison des seuils auditifs en fonction des méthodes d'adaptation

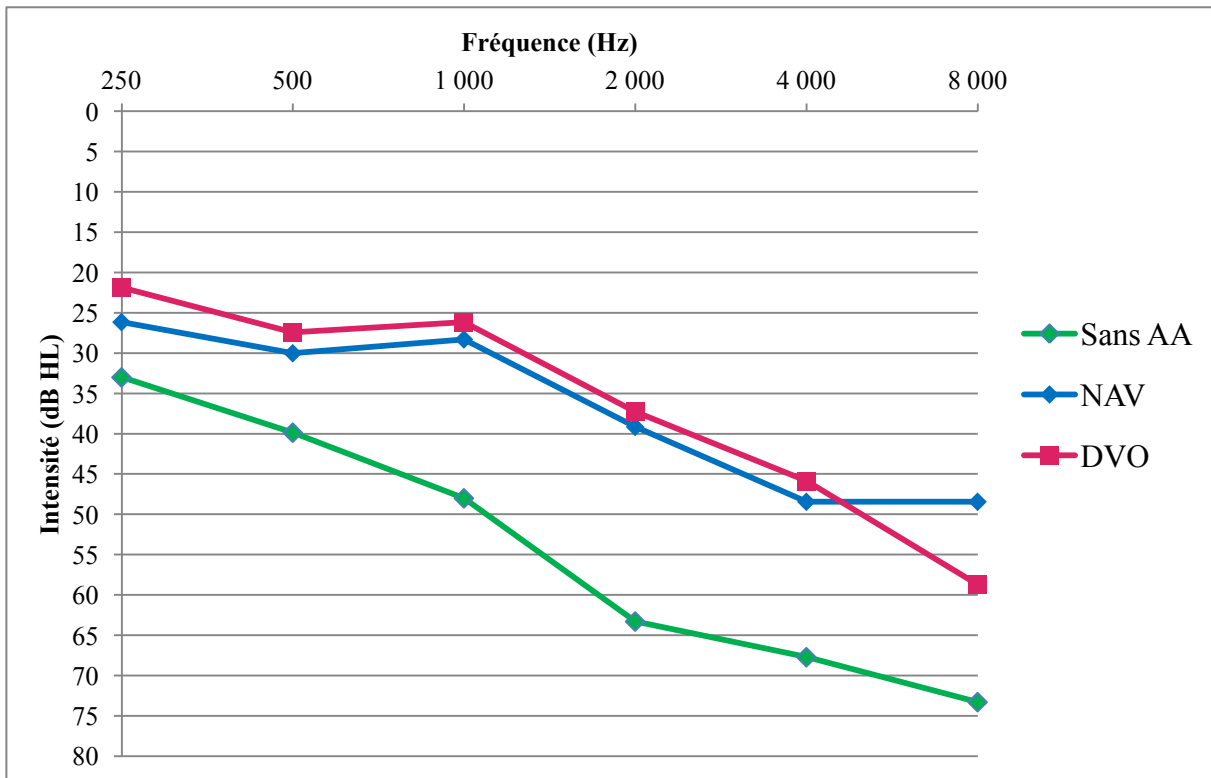


Figure 49: Illustration de la moyenne des différents seuils auditifs

Analyse

En comparant les seuils d'audition obtenus avec la méthode NAV et ceux obtenus avec la méthode DVO, on remarque en analysant les moyennes, que les courbes sont parfaitement parallèles (bleu et rose) de la fréquence 250Hz à la fréquence 4000Hz mais que la courbe rose est en dessous de la bleu de 4 dB environ. Cela signifie que les seuils auditifs avec la méthode NAV sont plus mauvais qu'avec la méthode DVO (l'audition corrigée est moins bonne avec la NAV). Cette différence s'inverse dans les fréquences aigües, le seuil auditif à 8000Hz est plus mauvais avec la DVO (58,7dB) contre 48,4dB pour la méthode NAV.

En analysant sujet par sujet, tous les résultats vont dans le même sens que les résultats de la moyenne à l'exception du sujet 5 qui a un meilleur seuil auditif avec la méthode NAV à la fréquence 500HZ. Il y a une différence de 3dB.

Le seuil auditif avec appareil est important mais pas très significatif ; certains sujets peuvent avoir très peu d'amélioration sur une audiométrie tonale en champs libre mais avoir une bonne amélioration en audiométrie vocale. L'inverse est également possible.

Une mesure de seuil auditif avec appareils reste utile, mais les résultats sont à prendre en compte avec précaution. Un appareil auditif est facilement réglable informatiquement ; pour obtenir des meilleurs seuils, il suffit d'augmenter le gain sur la fréquence souhaitée et l'amélioration est mesurable tout de suite après les modifications.

Derrière l'appareil, il y a un sujet et des notions de tolérance et de ressenti qui entrent en jeu. Obtenir des meilleurs seuils d'audition est facilement faisable, mais les réglages ne seraient pas tolérés par le porteur. L'idéal serait d'avoir un seuil auditif correspondant à une courbe plate aux alentours de 20dB correspondant à une audition tout juste normale. Ceci n'est pas faisable, on observe toujours des courbes de seuil d'audition avec appareil diminuant dans les fréquences aigües.

2. Comparaison des résultats (étude du gain prothétique)

| | GP Avec NAV | | | | | | GP Avec DVO | | | | | | GP DVO - GP NAV | | | | | |
|-------------------|----------------|------------|-------------|-------------|-------------|-------------|----------------|-------------|-------------|-------------|-------------|-------------|-----------------|------------|------------|------------|------------|-------------|
| | Seuils auditif | | | | | | Seuils auditif | | | | | | Seuils auditif | | | | | |
| | 250 | 500 | 1k | 2k | 4k | 8k | 250 | 500 | 1k | 2k | 4k | 8k | 250 | 500 | 1k | 2k | 4k | 8k |
| Sujet 1 | 9 | 3 | 18 | 25 | 12 | 30 | 15 | 9 | 21 | 29 | 9 | 21 | 6 | 6 | 3 | 4 | -3 | -9 |
| Sujet 2 | 12 | 21 | 24 | 30 | 21 | 24 | 24 | 27 | 27 | 36 | 24 | 18 | 12 | 6 | 3 | 6 | 3 | -6 |
| Sujet 3 | 3 | 6 | 12 | 24 | 24 | 24 | 3 | 9 | 12 | 24 | 24 | 12 | 0 | 3 | 0 | 0 | 0 | -12 |
| Sujet 4 | 0 | 3 | 15 | 18 | 12 | 21 | 0 | 3 | 18 | 18 | 18 | 18 | 0 | 0 | 3 | 0 | 6 | -3 |
| Sujet 5 | 0 | 6 | 15 | 33 | 18 | 39 | 0 | 3 | 18 | 33 | 24 | 3 | 0 | -3 | 3 | 0 | 6 | -36 |
| Sujet 6 | 0 | 15 | 24 | 24 | 24 | 36 | 3 | 15 | 27 | 24 | 27 | 30 | 3 | 0 | 3 | 0 | 3 | -6 |
| Sujet 7 | 24 | 15 | 30 | 15 | 24 | 0 | 33 | 21 | 30 | 18 | 27 | 0 | 9 | 6 | 0 | 3 | 3 | 0 |
| Moyenne | 6,9 | 9,9 | 19,7 | 24,1 | 19,3 | 24,9 | 11,1 | 12,4 | 21,9 | 26,0 | 21,9 | 14,6 | 4,3 | 2,6 | 2,1 | 1,9 | 2,6 | -10 |
| Ecart type | 9,0 | 7,1 | 6,4 | 6,3 | 5,4 | 12,8 | 13,2 | 9,1 | 6,4 | 7,0 | 6,4 | 10,5 | 4,9 | 3,6 | 1,5 | 2,5 | 3,2 | 12,0 |

Figure 50: Tableau des résultats des gains prothétiques tonals en fonction de la méthode d'adaptation de tout l'échantillon

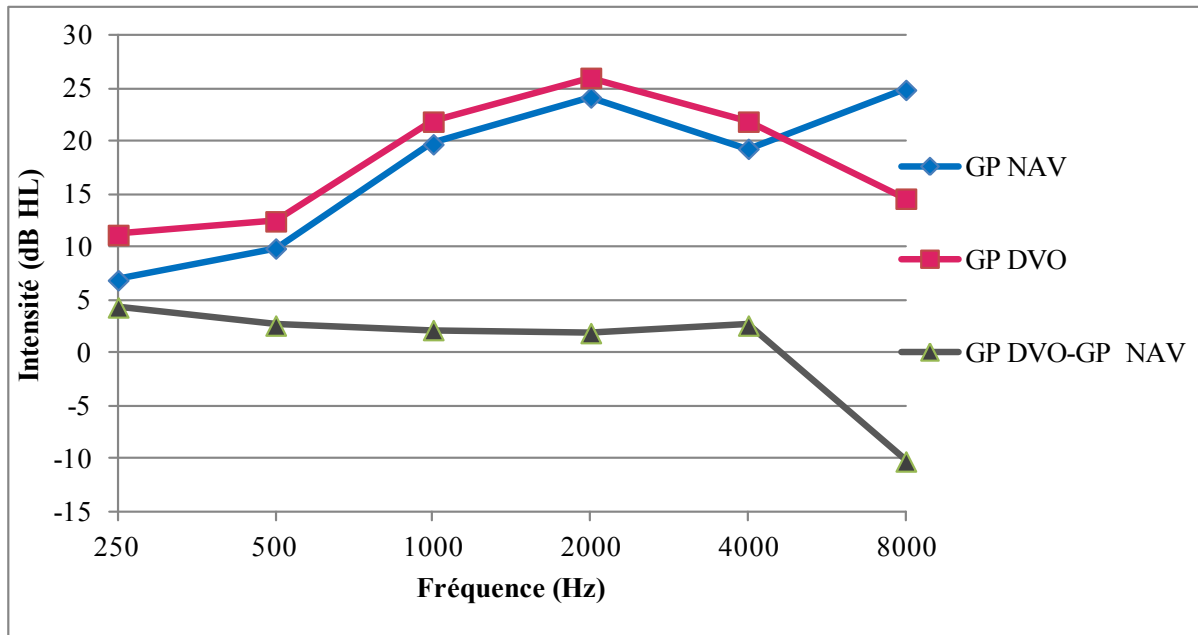


Figure 51: Illustration des différents gains prothétiques tonals en fonction de la méthode d'adaptation

Analyse

L'analyse du gain prothétique montre que l'amélioration apportée sur l'audiométrie tonale en champs libre est plus importante avec la méthode DVO que la méthode NAV de 250 à 4000 Hz (bande fréquentielle de 95 % de la phonétique de la langue française). En revanche, le gain prothétique à la fréquence 8000 Hz est plus faible dans la méthode DVO que dans la méthode NAV. La différence de gain prothétique entre la méthode NAV et la méthode DVO est de 3 dB en moyenne sur 250 – 4000 Hz.

Les résultats du gain prothétique en tonale peuvent expliquer que le programme DVO a été plus porté par les sujets que le programme NAV ne l'a été. En revanche, la question de savoir si le programme DVO a été plébiscité pour une raison de confort où l'intelligibilité subsiste toujours.

Le fait d'avoir plus de gain avec le programme DVO qu'avec le programme NAV peut aller dans le sens que le programme DVO a été plus utilisé car il donne au sujet plus d'intelligibilité. Plus de gain prothétique en tonal donne à priori plus de gain en vocal, ceci sera vérifié dans la prochaine étude. En revanche, on sait bien que lorsqu'un sujet se plaint d'un appareil désagréable, c'est systématiquement le gain trop important dans les fréquences aigües qui en est l'origine, la sur-amplification dans les fréquences aigües donne une sensation métallique, désagréable.

Dans la méthode DVO, d'un côté on a plus de gain dans les fréquences conversationnelles donnant ainsi un argument en faveur d'une préférence de la méthode DVO car elle permet une meilleure intelligibilité. De l'autre côté, on a moins de gain dans les fréquences "désagréables" allant donc dans le sens d'une préférence de cette méthode pour un meilleur confort.

Le gain prothétique tonal appuie le fait que le programme DVO est plus bénéfique pour le patient sans avoir encore de précision sur l'amélioration du confort ou de l'intelligibilité.

B. Résultat de l'analyse de l'audiométrie vocale

1. Résultat de l'étude

L'audiométrie vocale a été réalisée sur les listes cochléaires de Lafon. Les listes sont constituées de 17 mots de 3 phonèmes.

17*3=51 bonnes réponses possibles

51*2~100 (Réponse en pourcentage)

| | Sans Aide auditive | | | | | | Avec méthodologie NAV | | | | | | Avec méthodologie DVO | | | | | |
|-------------------|--------------------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------------------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------------------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|
| | Calme | | | RSB | | | Calme | | | RSB | | | Calme | | | RSB | | |
| | I3 | I2 | I1 | 5 | 0 | -5 | I3 | I2 | I1 | 5 | 0 | -5 | I3 | I2 | I1 | 5 | 0 | -5 |
| Sujet 1 | 52 | 60 | | 74 | 70 | 68 | 92 | 82 | | 88 | 90 | 92 | 100 | 84 | | 90 | 90 | 82 |
| Sujet 2 | 76 | 60 | 34 | 0 | 0 | 0 | 96 | 88 | 74 | 72 | 64 | 56 | 98 | 88 | 82 | 74 | 70 | 44 |
| Sujet 3 | 64 | 50 | 100 | 78 | 68 | 54 | 86 | 82 | 100 | 88 | 84 | 90 | 94 | 92 | 100 | 88 | 88 | 78 |
| Sujet 4 | 66 | 60 | 70 | 56 | 46 | 42 | 78 | 72 | 66 | 62 | 62 | 64 | 78 | 80 | 86 | 76 | 70 | 64 |
| Sujet 5 | 74 | 70 | | 50 | 44 | 46 | 90 | 94 | | 80 | 72 | 66 | 90 | 94 | | 84 | 74 | 60 |
| Sujet 6 | 76 | 62 | 32 | 46 | 38 | 14 | 100 | 88 | 78 | 72 | 66 | 54 | 100 | 90 | 84 | 80 | 74 | 54 |
| Sujet 7 | 60 | 36 | | 0 | 0 | 0 | 98 | 86 | | 76 | 62 | 76 | 100 | 88 | | 88 | 70 | 56 |
| Moyenne | 67 | 57 | 59 | 43 | 38 | 32 | 91 | 85 | 80 | 77 | 71 | 71 | 94 | 88 | 88 | 83 | 77 | 63 |
| Ecart type | 9 | 11 | 32 | 32 | 29 | 27 | 8 | 7 | 15 | 9 | 11 | 15 | 8 | 5 | 8 | 6 | 9 | 13 |

Figure 52: Tableau des pourcentages de bonnes réponses en audiométrie vocale en fonction de la méthode d'adaptation de tout l'échantillon

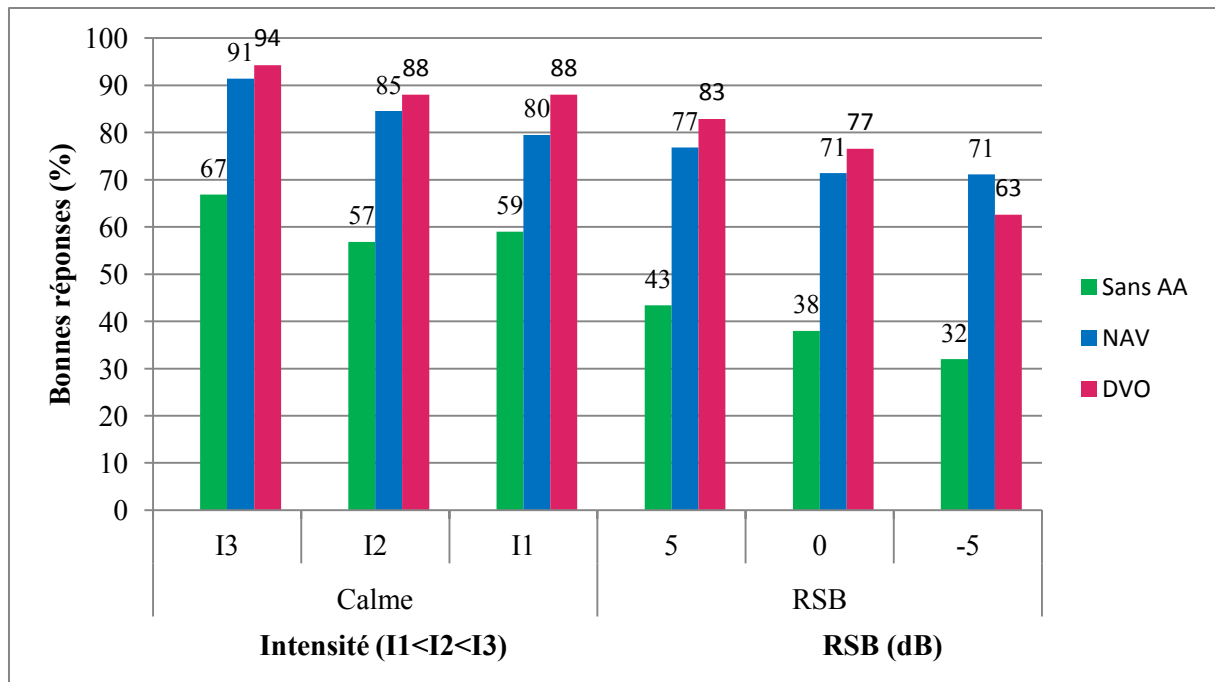


Figure 53: Pourcentage moyen de bonnes réponses à l'audiométrie vocale en fonction de la méthode d'adaptation

I1, I2, I3 correspond à 3 intensités consécutives séparées chacune de 10 dB, elles ont été choisies en fonction des seuils d'audition de chaque sujet pour donner des résultats comparables.

L'intensité I1 (la plus faible) n'a pas été testée chez tous les sujets car les résultats étaient mauvais quelle que soit la condition de mesure. On était proche des 0 % de bonne réponse.

On constate dans un premier temps, que le nombre de bonnes réponses avec appareils quelle que soit la méthode est plus importante que sans appareil. On peut déjà affirmer que les appareils auditifs apportent un bénéfice au porteur.

A l'inverse du gain prothétique tonal, le gain prothétique vocal est plus difficile à améliorer avec une modification des réglages. En effet, un signal de parole ne correspond pas à une fréquence mais à une bande de fréquences très large. Lorsque deux phonèmes sont confondus, en connaissant les spectrogrammes de ceux-ci, il est possible de modifier les fréquences concernées pour éviter la confusion, mais l'erreur peut ne pas être corrigée.

Six listes de mots ont été faites répétées pour chaque patient, trois dans un environnement calme et trois dans un environnement bruyant.

Dans le calme quelle que soit l'intensité testée, on constate qu'en moyenne le pourcentage de bonnes réponses est plus important avec la méthode DVO (90 %) qu'avec la méthode NAV (85 %).

Dans le bruit, en fonction du rapport signal sur bruit (RSB), les résultats diffèrent :

- Si le RSB = 5 (Le signal plus fort de 5 dB par rapport au bruit), la méthode DVO apporte un meilleur pourcentage de bonnes réponses (83 % vs 77 %).
- Si le RSB = 0 (Le signal et le bruit sont au même niveau), la méthode apporte également un meilleur pourcentage de bonnes réponses (77 % vs 71 %).
- En revanche, si le RSB = -5 (le signal moins fort de 5 dB par rapport au bruit), la méthode NAV apporte plus de bonnes réponses (71 % vs 63 %).

2. Comparaison des résultats

| | GP Avec NAV | | | | | | GP Avec DVO | | | | | | GP DVO - GP NAV | | | | | |
|-------------------|-------------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|-------------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------------|------------|------------|------------|------------|------------|
| | Calme | | | RSB | | | Calme | | | RSB | | | Calme | | | RSB | | |
| | I3 | I2 | I1 | 5 | 0 | -5 | I3 | I2 | I1 | 5 | 0 | -5 | I3 | I2 | I1 | 5 | 0 | -5 |
| Sujet 1 | 40 | 22 | | 14 | 20 | 24 | 48 | 24 | | 16 | 20 | 14 | 8 | 2 | | 2 | 0 | -10 |
| Sujet 2 | 20 | 28 | 40 | 72 | 64 | 56 | 22 | 28 | 48 | 74 | 70 | 44 | 2 | 0 | 8 | 2 | 6 | -12 |
| Sujet 3 | 22 | 32 | 0 | 10 | 16 | 36 | 30 | 42 | 0 | 10 | 20 | 24 | 8 | 10 | 0 | 0 | 4 | -12 |
| Sujet 4 | 12 | 12 | -4 | 6 | 16 | 22 | 12 | 20 | 16 | 20 | 24 | 22 | 0 | 8 | 20 | 14 | 8 | 0 |
| Sujet 5 | 16 | 24 | | 30 | 28 | 20 | 16 | 24 | | 34 | 30 | 14 | 0 | 0 | | 4 | 2 | -6 |
| Sujet 6 | 24 | 26 | 46 | 26 | 28 | 40 | 24 | 28 | 52 | 34 | 36 | 40 | 0 | 2 | 6 | 8 | 8 | 0 |
| Sujet 7 | 38 | 50 | | 76 | 62 | 76 | 40 | 52 | | 88 | 70 | 56 | 2 | 2 | | 12 | 8 | -20 |
| Moyenne | 25 | 28 | 12 | 33 | 33 | 39 | 27 | 31 | 17 | 39 | 39 | 31 | 2,9 | 3,4 | 4,9 | 6 | 5,1 | -9 |
| Ecart type | 11 | 12 | 21 | 29 | 21 | 21 | 13 | 12 | 24 | 30 | 22 | 16 | 3,6 | 4 | 7,5 | 5,4 | 3,2 | 7,2 |

Figure 54: Tableau des résultats des gains prothétiques vocaux (%) en fonction de la méthode d'adaptation de tout l'échantillon

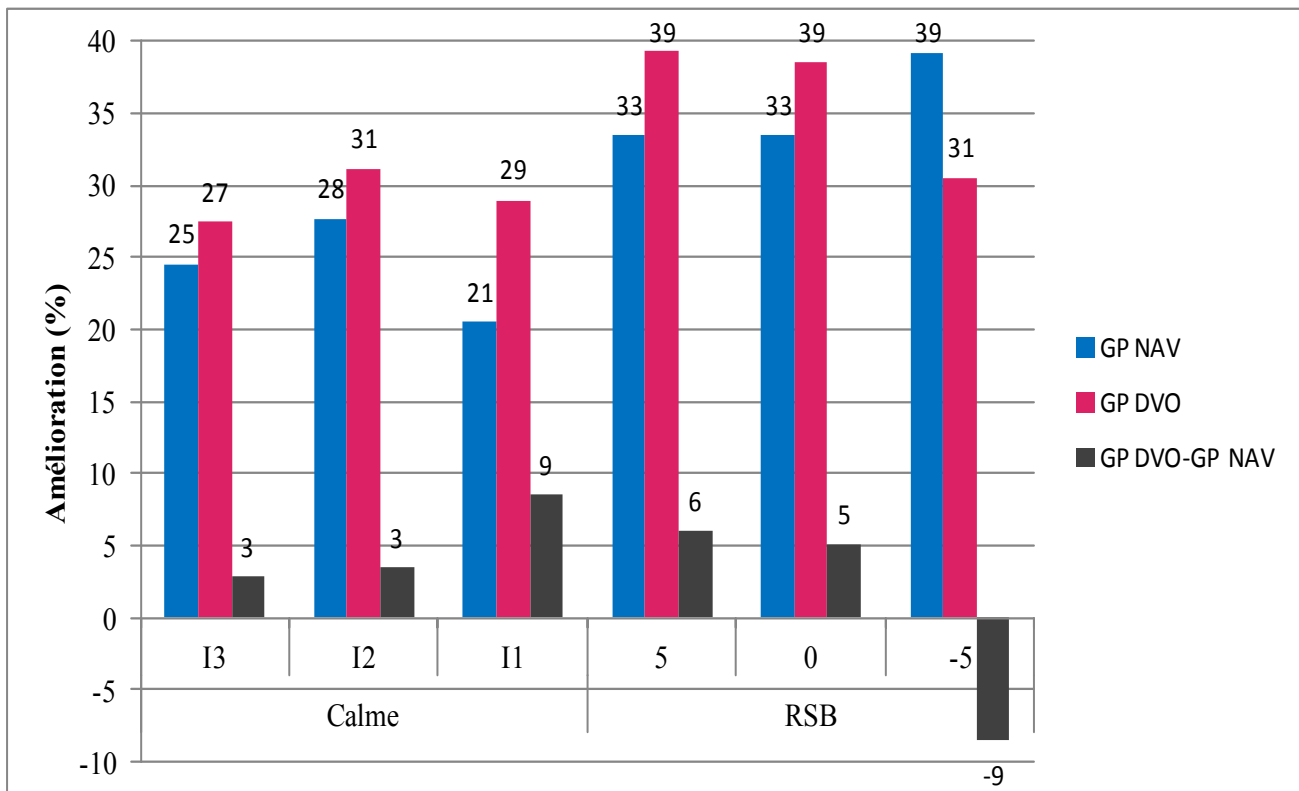


Figure 55: Pourcentage moyen d'amélioration en vocale en fonction de la méthode d'adaptation

Dans le cas d'une audiométrie vocale, le gain prothétique est exprimé en pourcentage. En analysant les moyennes des résultats des 7 sujets, on constate que le gain prothétique en vocal est meilleur avec la méthode DVO qu'avec la méthode NAV dans cinq listes de mots sur six. Seul lorsque le RSB est de -5 dB, le gain prothétique est meilleur avec la méthode NAV qu'avec la méthode DVO (39 % vs 31 %).

La différence dans le calme entre la méthode DVO et la méthode NAV est comprise entre 3 et 9 % en fonction de l'intensité testée.

La différence dans le bruit est de 6 % en moyenne avec un avantage pour la méthode DVO lorsque le RSB est positif ou nul et de 9 % avec un avantage pour la méthode NAV lorsque le RSB est négatif.

Si l'on analyse non plus la moyenne des sujets mais chaque sujet individuellement, on constate que chez tous les sujets, le calcul du GP DVO - GP NAV est compris entre 0 et 20 % pour les trois listes dans le calme et deux listes dans le bruit (RSB = 5 et RSB = 0) et que lorsque le RSB = -5, le calcul de GP DVO - GP NAV est compris entre 0 et -20 %.

Si $GP\ DVO - GP\ NAV > 0$, la méthode DVO permet d'obtenir plus de bonnes réponses que la méthode NAV.

Si $GP\ DVO - GP\ NAV < 0$, la méthode NAV permet d'obtenir plus de bonnes réponses que la méthode DVO.

La moyenne des 7 sujets ainsi que les résultats de chaque sujet vont dans le même sens ; on peut donc affirmer que la méthode DVO permet d'obtenir une meilleure intelligibilité (sauf lorsque le signal est plus faible que le bruit) que la méthode NAV qui est de l'ordre de 5 %.

Cette différence semble faible mais ce résultat est obtenu en calculant la moyenne des différences des gains prothétiques dans les six listes. Sachant que la différence de gain prothétique est négative lorsque $RSB = - 5$ la moyenne est fortement diminuée.

Pour répondre à la question:

Est-ce que le temps de port des aides auditives avec la méthode DVO (8,3h) prime sur le temps de port avec la méthode NAV (5,9h) car elle permet au porteur une meilleure intelligibilité ou un meilleur confort ?

Après avoir pris en compte un maximum d'éléments, à savoir le Data Logging et des mesures subjectives, on peut dire que le programme DVO a été plus utilisé par les porteurs car il permet d'améliorer l'intelligibilité.

Conclusion

L'intérêt de mon étude réalisée dans le cadre de mon mémoire à savoir " Comparaison de deux méthodes de pré-sélection " était d'infirmer ou d'affirmer la nécessité de passer plus de temps que la moyenne à adapter un appareil.

La méthode NAV mise au point par Audika est sans cesse mise à jour ; elle a pour but de délivrer les meilleurs réglages au porteur en tenant compte à la fois du confort et de l'intelligibilité.

Cette méthode étant personnalisée pour chaque adaptation, elle nécessite beaucoup plus de temps qu'une adaptation avec une méthode dite "classique". A titre de comparaison, le temps passé entre la connexion des appareils et la fin de la livraison est de l'ordre de 50 mn pour la méthode NAV (pré-sélection DSL, modification des CR, modification des Tk, sous-corrrection, équilibrage stéréophonique, test d'égale sensation, tolérance aux sons forts) et de d'une vingtaine de minutes pour les méthodes dites "classiques".

Après l'étude, on considèrerait la méthode NAV plus bénéfique pour le porteur si elle permettait d'améliorer l'intelligibilité. En prenant en compte le Data Logging mais aussi et surtout des mesures de gains prothétiques en tonal et en vocal, nous pouvons grâce aux résultats, orienter notre préférence vers l'une des deux méthodes.

Après l'analyse réalisée dans le cadre de ce mémoire, nous pouvons conclure que la méthode DVO (méthode Oticon) permet d'améliorer sensiblement l'intelligibilité (3 à 10% d'amélioration en fonction de l'intensité) et il en ressort à ce niveau un meilleur confort pour les porteurs (58,4 % de port de la méthode DVO vs 41,6 % pour la méthode NAV). La méthode DVO donne donc une meilleure intelligibilité mais en plus, plus de confort.

L'amélioration de la méthode DVO a été prouvée au cours de mon étude ; il n'est pas possible à date d'en faire une généralité en affirmant que les méthodes de pré-sélection fabricants sont meilleures d'un point de vue résultats que la méthode NAV.

Bibliographie

- [1] P. FRIANT, Cours des méthodes de pré-sélection, D.E d'Audioprothèse 2ème année, Faculté de Pharmacie de Nancy, 2012-2013.
- [2] Mme E. FERRANT, mémoire : Les pré-réglages fabricants: outil marketing ou réel apport pour l'audioprothésiste?, 2011.
- [3] M E. BOUGEROLLES, Audiologie et technologie Livre Blanc, édition d'octobre 2011-10.
- [4] M E. BOUGEROLLES, Audiologie et technologie Livre Blanc, édition d'octobre 2011-13.
- [5] OTICON, Livre Blanc, Plaquette produit 2013.
- [6] ROSS et SPIRO, Seewald, 1985 ; STELMACHOVICZ ET ROSS, Seewald, 1987 ; ROSS, Seewald, 1988.
- [7] KAMM, DIRKS et MICKEY, Pascoe, 1978.
- [8] GENDEL et SHORE, Pascoe, 1971 ; ERBER et WITT, 1977 ; MACRAE, 1986 ; SMITH ET BOOTHROYD, 1989.
- [9] PHONAK, La nouvelle méthode DSL Version 5 pour l'appareillage des enfants et des adultes, Focus 37.
- [10] AUDIKA, La NAV et rééducation auditive, Juillet 2012.
- [11] Site internet: <http://xaviercollet.com/2010/09/08/la-psychoacoustique-au-service-du-design-sonore-2eme-partie-comprendre-les-courbes-disosonie>
- [12] AUDIKA, Comité scientifique, La compression, Avril 2010.
- [13] AUDIKA, Comité scientifique, Comment régler la WDRC avec les appareils Starkey et Siemens, Mars 2013.
- [14] AUDIKA Audirama, Comité scientifique, Octobre 2009.
- [15] LEON DODELE Cours sur l'audiométrie vocale de Dodele, D.E d'Audioprothèse 3ème année, Faculté de Pharmacie de Nancy, 2013-2014.
- [16] Site internet: <http://fr.wikipedia.org/wiki/Moyenne>
- [17] Site internet: http://fr.wikipedia.org/wiki/%C3%89cart_type
- [18] Site internet: http://fr.wikipedia.org/wiki/Test_de_Student

Comparaison subjective de deux méthodes de pré-sélection dans le cas d'un renouvellement

Soutenu le 13 novembre 2014

Par Raphaël MALCA

RESUME

Toutes les méthodes de pré-sélection proposent une première base de paramètres de réglages calculée en fonction de la perte auditive, et des paramètres acoustiques de l'embout. Un affinement de ces paramètres est ensuite réalisé afin d'obtenir de la cohérence et d'intégrer les sensations du patient pour effectuer un compromis entre intelligibilité et confort.

La pré-sélection est l'étape clé de l'appareillage. Une bonne méthodologie de pré-sélection permet d'avoir une bonne base pour les réglages et modifications à suivre.

La comparaison a été faite entre la méthodologie NAV (méthodologie développée par AUDIKA) et la méthodologie DVO (méthodologie propre à OTICON).

Le but de l'étude est d'infirmer ou d'affirmer la nécessité de passer plus de temps que la moyenne à adapter un appareil dans le cas d'une adaptation avec la méthodologie NAV.

L'étude a été réalisée grâce à l'analyse du Data Logging présent sur les appareils et grâce à des tests subjectifs (gain prothétique tonal et gain prothétique vocal).

MOTS CLES

Pré-réglage

Pré-sélection

Adaptation

Méthodologie

Fabricant

Typologie

Compression

DSLv5

Data Logging

Environnement

Directivité

Gain prothétique

Maitre de mémoire : Mme D.PIRCHER