

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



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

INSTITUT DES SCIENCES ET TECHNIQUES DE LA READAPTATION

Directeur Docteur Xavier PERROT

UTILISATION DES FRÉQUENCES AIGÜES POUR LES SUJETS MALENTENDANTS
POUVANT PRÉSENTER DES ZONES INERTES COCHLEAIRES

MEMOIRE présenté pour l'obtention du

DIPLOME D'ETAT D'AUDIOPROTHESISTE

Par

MARCARIAN Pierre

Autorisation de reproduction

LYON, le 14 Octobre 2016

N° 647

Directeur de l'Enseignement

Stéphane GALLEGO

Président
Pr Frédéric FLEURY

Vice-président CEVU
M. CHEVALIER Philippe

Vice-président CA
M. REVEL Didier

Vice-président CS
M. VALLEE Fabrice

Secrétaire Général
M. HELLEU Alain

Secteur Santé

U.F.R. de Médecine Lyon Est
Directeur
Pr. ETIENNE Jérôme

U.F.R d'Odontologie
Directeur
Pr. BOURGEOIS Denis

U.F.R de Médecine Lyon-Sud
Charles Mérieux
Directrice
Pr BURILLON Carole

Institut des Sciences Pharmaceutiques
et Biologiques
Directrice
Pr VINCIGUERRA Christine

Département de Formation et
Centre de Recherche en Biologie
Humaine
Directeur
Pr SCHOTT Anne-Marie

Institut des Sciences et Techniques de
Réadaptation
Directeur
Dr Xavier PERROT

Comité de Coordination des
Etudes Médicales (CCEM)
Pr ETIENNE Jérôme

Secteur Sciences et Technologies

U.F.R. Des Sciences et Techniques des Activités Physiques et Sportives (S.T.A.P.S.)

Directeur

M. VANPOULLE Yannick

Institut des Sciences Financières et d'Assurance (I.S.F.A.)

Directeur

M. LEBOISNE Nicolas

Ecole Supérieure du Professorat et de l'Education

Directeur

M. MOUGNIOTTE Alain

UFR de Sciences et Technologies

Directeur

M. DE MARCHI Fabien

POLYTECH LYON

Directeur

Pr PERRIN Emmanuel

IUT LYON 1

Directeur

M. VITON Christophe

Ecole Supérieure de Chimie Physique Electronique de Lyon (ESCPE)

Directeur

M. PIGNAULT Gérard

Observatoire astronomique de Lyon

Directeur

Mme DANIEL Isabelle

REMERCIEMENTS

Tout d'abord, je tiens à remercier mon maître de mémoire David COLIN pour tous les précieux conseils qu'il m'a donnés, pour son soutien et sa confiance qui m'ont permis de réaliser mon mémoire dans des conditions optimales.

Je souhaite remercier Renaud GAYTE et Stéphane GALLEGO pour les enseignements qu'ils m'ont appris lors de mon stage de 2^{ème} année. Merci à toute l'équipe d'Audition Conseil qui a su m'accueillir chaleureusement lors de mes stages.

Je remercie également Fabien MILLIOZ de m'avoir aidé et conseillé pour réaliser mon test de vocales filtrées et amplifiées.

Merci à tous les patients et normo-entendants qui ont accepté de participer à la réalisation de ce mémoire.

Je tiens aussi à remercier mes amis et camarades d'audioprothèse et de Polytech que j'ai rencontré au cours de mes études.

Enfin, un grand merci à ma famille et à mes proches qui m'ont aidé, accompagné et soutenu tout au long de mes études.

Table des matières

INTRODUCTION 3

PARTIE THEORIQUE 5

I. LES ZONES INERTES COCHLEAIRES (ZIC) 5

a) Le test des courbes psychoacoustiques d'accord 6

b) Le TEN (Threshold Equalizing Noise) test..... 7

II. CONTRIBUTION DES DIFFERENTES BANDES FREQUENTIELLES POUR L'INTELLIGIBILITE DE LA PAROLE 10

a) Caractéristiques spectrales de la parole..... 10

b) Intelligibilité et filtrage 12

III. PLASTICITE AUDITIVE 18

a) Plasticité adaptative post-lésionnelle 18

b) Effet d'acclimatation auditive 19

PARTIE EXPERIMENTALE 20

I. MATERIEL ET METHODES 20

a) Participants..... 20

b) Matériel vocal 22

c) Matériel informatique 22

d) Logiciel utilisé pour la passation des tests..... 22

e) Passation des tests 23

II. RESULTATS 28

a) Comparaison entre Normo-Entendants et Malentendants..... 31

b) Comparaison entre ME Avec ZIC et ME Sans ZIC..... 35

c) Corrélation entre la fréquence de coupure d'une ZIC et l'évolution
d'intelligibilité 42

d) Comparaison des scores d'intelligibilité à J1MOIS 42

DISCUSSION	43
a) L'amplification.....	43
b) Différences entre NE et ME	43
c) L'effet d'acclimatation auditive.....	44
d) Différences entre le groupe ZIC et le groupe ØZIC	44
e) Facteurs expliquant la dégradation d'intelligibilité.....	49
f) Limites et perspectives de l'étude.....	52
 CONCLUSION	 53
 BIBLIOGRAPHIE	 54
 ANNEXES	 58

Abréviations :

AMP-1000 : vocale amplifiée et filtrée passe-bas à 1000 Hz, **AMP-2000** : idem à 2000 Hz, **AMP-4000** : idem à 4000 Hz, **AMPTOT** : amplifiée et non filtrée, **CAP** : Courbe d'Accord Psychoacoustique, **HL** : Hearing Level, **LP-1000** : vocale filtrée passe-bas à 1000 Hz, **LP-2000** : idem à 2000 Hz, **LP-4000** : idem à 4000 Hz, **ME** : Malentendants, **NE** : Normo-Entendants, **F_c** : Fréquence de coupure de la ZIC, **SPL** : Sound Pressure Level, **TEN** : Threshold Equalizing Noise, **VCV** : Voyelle-Consonne-Voyelle, **ZIC** : Zones Inertes Cochléaires.

INTRODUCTION

Lors d'un appareillage, nous voulons améliorer l'audition et surtout la compréhension du malentendant en amplifiant les fréquences déficitaires.

Plusieurs théories expliquent qu'un malentendant possédant des Zones Inertes Cochléaires ne peut tirer aucun bénéfice d'une quelconque amplification sur cette zone dite « morte ».

Le but de cette étude est de comprendre comment les malentendants utilisent les fréquences auxquelles ils ont accès, et en particulier les hautes fréquences.

Un patient peut-il récupérer des informations provenant de zones mortes de manière bénéfique pour la compréhension de la parole ?

Au contraire, une amplification sur ces zones serait-elle préjudiciable pour l'intelligibilité du malentendant ?

Nous allons essayer de répondre à ces questions à travers ce mémoire. Ce dernier s'inscrit dans la continuité des études faites sur l'utilisation des hautes fréquences chez les sujets malentendants.

PARTIE THEORIQUE

I. LES ZONES INERTES COCHLEAIRES (ZIC)

Une Zone Inerte Cochléaire est définie comme une région non fonctionnelle de la cochlée provoquée par la destruction des cellules ciliées internes et/ou des afférences neuronales (Moore et al. 2000). Cette ZIC peut être dépistée grâce à deux tests : le TEN test (Threshold Equalizing Noise) ou le test des courbes psychoacoustiques d'accord.

Ces deux techniques s'appuient sur l'hypothèse qu'un signal arrivant dans une zone morte peut être détecté en un lieu de la membrane basilaire où la fonction est meilleure. Le pic de vibration provoqué par un son dans une zone morte sera détecté à une autre place sur la membrane basilaire (dans une zone saine). On parlera de décalage de pic des courbes d'accord (voir p.7) et de réponse off-fréquence.

Même si l'audiogramme seul ne peut affirmer avec certitude la présence ou non de zone inerte cochléaire, il nous informe quant à l'état de la cochlée.

En effet, on considère qu'à partir de 60 dB HL de perte, il n'y a plus de cellules ciliées externes (CCE) et les cellules ciliées internes (CCI) commencent à être détruites (Liberman et Dodds. 1984). Si la perte auditive est supérieure à 80-90 dB HL pour une fréquence donnée, nous pouvons suspecter la présence de Zone Inerte Cochléaire. (Moore. 2001). Ainsi, Thornton & Abbas (1980), Aazh et al. (2007) ont pu observer des ZIC sur des pertes auditives moyennes à profondes.

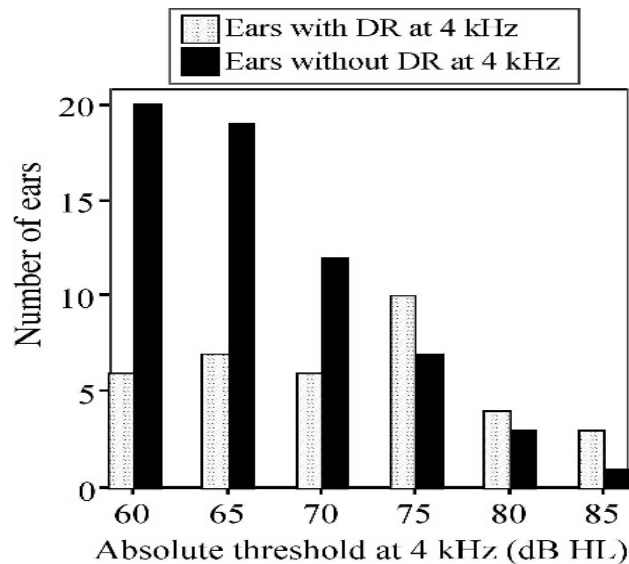


Figure 1 : *PRESENCE DE ZIC EN FONCTION DU SEUIL LIMINAIRE A 4 KHz (AAZH ET AL. 2007)*

a) Le test des courbes psychoacoustiques d'accord

Nous savons qu'une atteinte des CCE entraîne une élévation des seuils auditifs liminaires. De plus, la destruction de ces CCE engendre un élargissement des filtres auditifs témoignant d'une diminution de la sélectivité fréquentielle.

En 1989, Glasberg et Moore démontrent que les filtres auditifs chez les malentendants sont plus larges que chez les normo-entendants. Ils mettent en évidence des filtres auditifs 2 fois plus larges, pour une perte auditive moyenne. Pour des pertes sévères, ils constatent que l'élargissement des filtres atteint un facteur 4.

Peters et Moore confirmeront également que le degré d'élargissement des filtres croît avec la perte auditive en 1992.

Le test des courbes psychoacoustiques d'accord permet d'obtenir une image de ces filtres auditifs. Il permettra de rendre compte d'une éventuelle diminution de la sélectivité fréquentielle (élargissement des filtres).

Il s'agit également d'un outil capable de dépister des Zones Inertes Cochléaire. En effet, si le pic du filtre auditif est décalé (vers les basses fréquences pour une zone morte aigüe) par rapport à la fréquence testée, on peut parler de ZIC. La fréquence centrale du pic obtenue correspond à la fréquence de coupure de cette ZIC. Ainsi, le pic tombe à la limite de la zone morte (fréquence de coupure) et ne devrait pas changer de fréquence lorsque le niveau du signal est modifié.

Cependant, ce test reste long. C'est pourquoi il est rarement réalisé en pratique clinique.

En 2005, Sek et al. développent une méthode rapide pour réaliser des courbes d'accord psychoacoustiques (CAP). Ils utilisent le test des courbes d'accord avec l'audiométrie automatique de Bekesy. Même si cette approche donne des résultats comparables aux méthodes de mesure traditionnelles, elle n'est pas facile à mettre en œuvre sur le plan clinique car les audiomètres ne permettent pas de laisser à l'auditeur le contrôle adaptatif du générateur de masque.

En 2000, Moore décrit une méthode simple et rapide pour dépister les Zones Inertes Cochléaires, le TEN test.

b) Le TEN (Threshold Equalizing Noise) test

Le TEN test SPL (Sound Pressure Level) a été présenté par Moore en 2000 comme étant une audiométrie tonale classique dans le silence puis ré-effectuée avec un bruit masquant ipsilatéralement. Ainsi, nous déterminons le seuil de perception dans ce « Bruit Egalisateur de Seuil » ou TEN.

En 2004, Moore décrit une nouvelle version du TEN test calibré en HL (Hearing Level). Cette version ne permet de tester que les fréquences comprises entre 500 et 4000Hz contrairement au TEN (SPL) qui donne la possibilité de tester des fréquences allant de 250 à 8000Hz.

Le TEN possède un pouvoir masquant égal dans chaque ERB (Equivalent Rectangular Bandwidth), il est donc exprimé en dB/ERB.

ERB signifie « bande de largeur rectangulaire équivalente », sous-entendu équivalente à un filtre auditif.

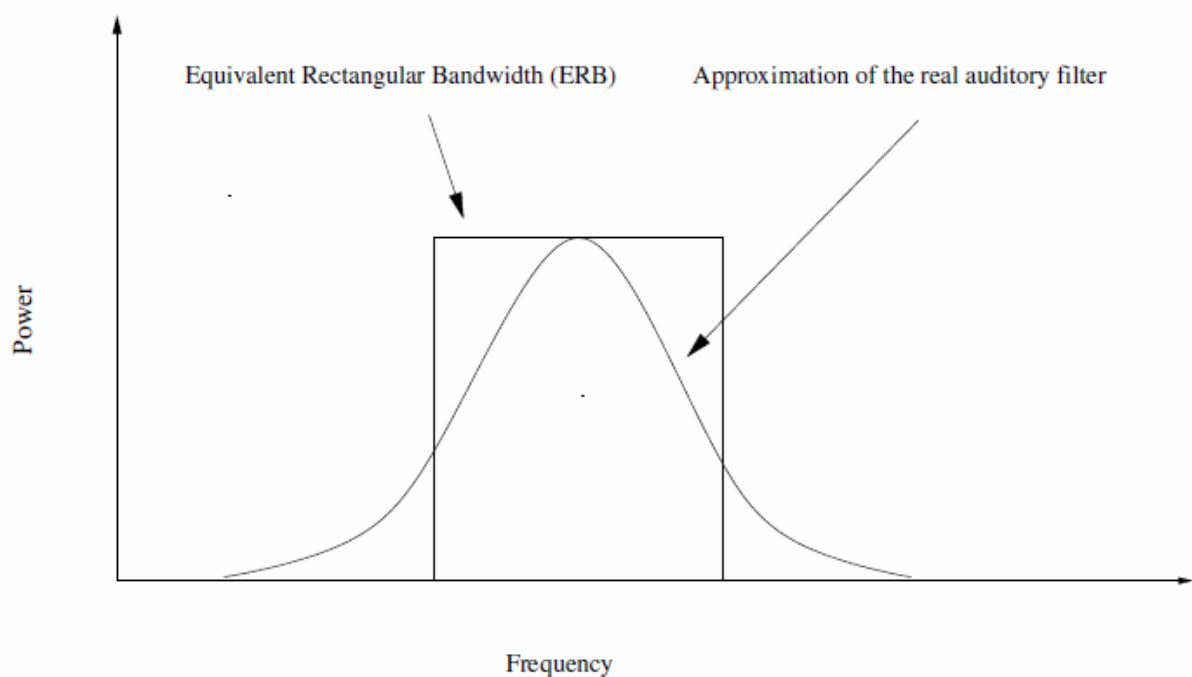


Figure 2 : ERB et approximation de filtre auditif. C. Jurado, D. Robledano - 2007

Si le seuil masqué est effondré de 10 dB minimum (critère de 10 dB) par rapport au seuil non masqué et de 10 dB minimum par rapport au masque (TEN), nous pourrions parler de ZIC.

Différents critères ont été utilisés pour définir une ZIC grâce au TEN test. En 2005, Hornsby et Dundas constatent une perte moyenne de 65.7 dB pour une ZIC dépistée au TEN test (SPL) avec un critère de 10 dB. Cette moyenne monte à 68.1 dB avec un critère plus strict de 15 dB.

Dans notre étude nous utiliserons un critère de 10 dB. Un critère large a été choisi car le test des courbes d'accord permettra par la suite de confirmer ou d'infirmer la (les) ZIC dépistée(s) préalablement au TEN test. De plus, les courbes d'accord nous permettront de connaître la fréquence de coupure (F_c) de la ZIC, alors que le TEN test ne nous le permet pas.

En effet, selon Moore (2000), un profil négatif au TEN test ne peut présenter une ZIC. En revanche, un profil positif au TEN test peut s'avérer négatif au test des courbes d'accord et donc ne présenter aucune ZIC.

Résumons :

- Zone inerte cochléaire = région non fonctionnelle de la cochlée.
- Deux méthodes pour détecter une ZIC : TEN test et courbes d'accord.
- Le TEN test est rapide et simple à mettre en œuvre.
- Les courbes d'accord apportent des informations complémentaires (F_c).

II. CONTRIBUTION DES DIFFERENTES BANDES

FREQUENTIELLES POUR L'INTELLIGIBILITE DE LA

PAROLE

a) Caractéristiques spectrales de la parole

En 1994, Byrne et al. étudient la composition spectrale de 12 langues et mettent en évidence que la composition fréquentielle est la même pour ces langues. Ils démontrent également que l'essentiel de l'énergie du signal est concentré entre 250 et 700Hz environ. Au-delà de 1kHz, l'énergie chute de 5dB/octave.

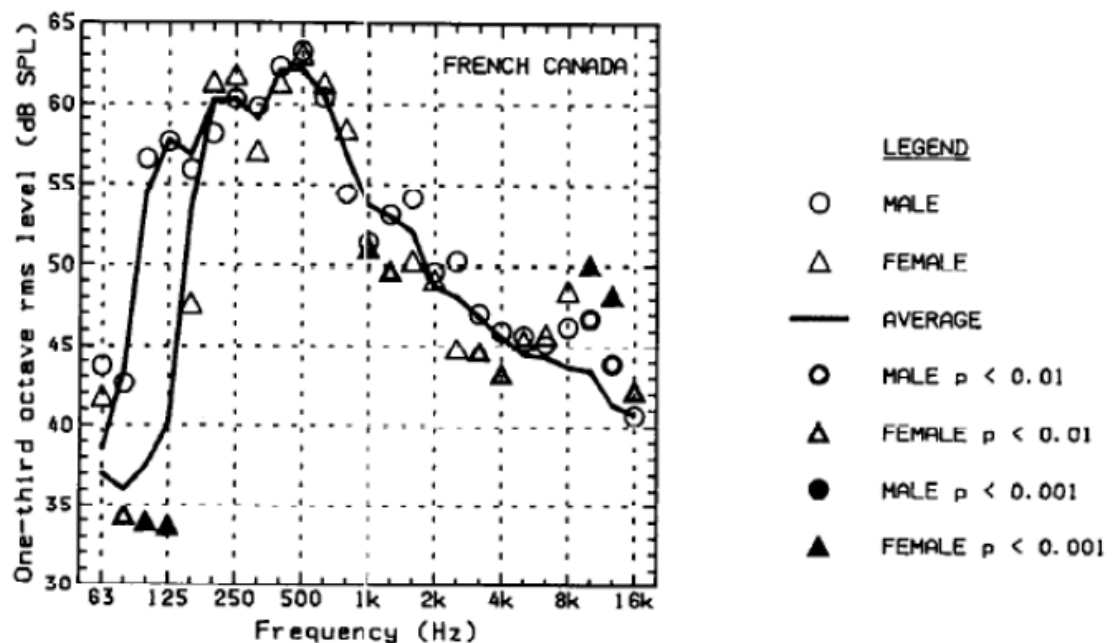


Figure 3 : *Spectre moyen à long terme de la parole pour le français canadien, d'après Byrne et al. (1994).*

Ces résultats nous laissent penser qu'un malentendant, privé des hautes fréquences et des médiums, ne serait pas ou très peu gêné pour comprendre. Même si ce sont bien les sons de basses fréquences qui apportent une grande partie de l'énergie, l'information apportée par chaque bande de fréquence n'est pas proportionnelle à l'énergie contenue dans cette bande de fréquence. Ainsi, certaines bandes de fréquences ont un rôle plus important que d'autres dans la compréhension de la parole.

Warren et al. (1995) ont étudié l'intelligibilité de 420 sujets sur des phrases filtrées passe-bande. Ils ont constaté sur plusieurs bandes que lorsque que l'on combine deux bandes de fréquences distantes, l'intelligibilité est significativement meilleure que la simple somme de l'intelligibilité obtenue pour chacune des bandes diffusées individuellement.

Il existe donc un phénomène de super-additivité entre 2 bandes de fréquence distantes apportant ainsi une amélioration de l'intelligibilité nettement supérieure à une simple additivité.

Un an plus tard, en 1996, Lippmann confirme l'hypothèse d'une synergie de l'information provenant de bandes spectralement éloignées.

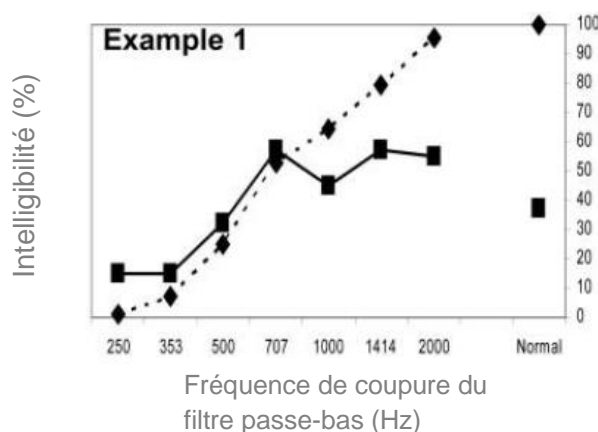
b) Intelligibilité et filtrage

Un malentendant utilisera de manière différente ses fréquences résiduelles par rapport à un normo-entendant pour la compréhension de la parole. En effet, pour Vestergaard et al. (2003) et Horwitz et al. (2008), les malentendants présentant des ZIC ont accès à moins d'informations en termes de fréquence. Ils n'utilisent pas les mêmes indices acoustiques que les normo-entendants et exploitent parfois mieux l'information à laquelle ils ont accès.

En 2004, Vestergaard observe des capacités supranormales pour le traitement de l'information des basses fréquences chez la personne atteinte de ZIC sur les hautes fréquences. Selon Thai-Van et al. (2004), les sujets avec des ZIC dans les hautes fréquences peuvent extraire plus d'informations des signaux de parole filtrés passe bas par rapport aux personnes n'ayant pas de ZIC. Ainsi, pour des surdités partielles sur les hautes fréquences, une réorganisation corticale se manifestera par une meilleure faculté à utiliser les indices acoustiques présents dans les basses fréquences (Moore et Vinay, 2009).

En 2010, Seldran et al. ont décrit 4 profils différents de patients en fonction de leur utilisation des hautes fréquences pour la compréhension de la parole. Les patients testés présentaient une perte auditive sur les hautes fréquences et correspondaient aux indications de l'implant électro-acoustique. Des voyelles filtrées passe-bas ont été jouées à différentes fréquences de coupure (listes dissyllabiques de Fournier). Les scores ont été comparés avec ceux d'un groupe de normo-entendants testés dans les mêmes conditions.

Le premier profil correspond aux patients pour lesquels l'intelligibilité augmente avec la fréquence de coupure de manière similaire aux normo-entendants jusqu'à atteindre un plateau pour la fréquence 700 Hz. Au-delà de cette fréquence de coupure, les scores restent constants, l'apport de hautes fréquences n'améliore donc pas l'intelligibilité.

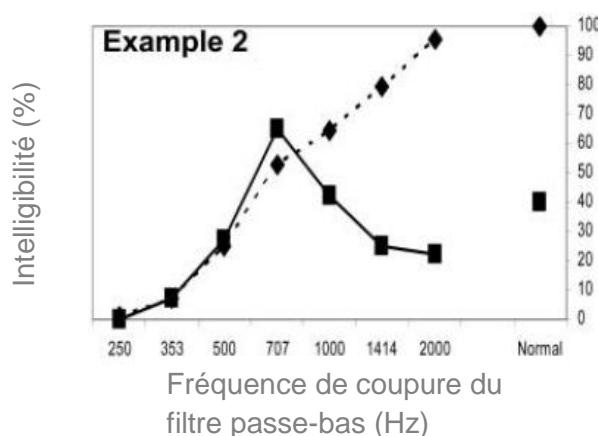


Trait en pointillé : normo-entendants.

Traits pleins : premier profil de malentendants.

Figure 4A : Profil en plateau d'après Seldran (2010)

Le second groupe de patient présente un pattern en pic : les scores atteignent un maximum pour la fréquence de coupure 700Hz puis l'intelligibilité se dégrade en augmentant la bande passante.

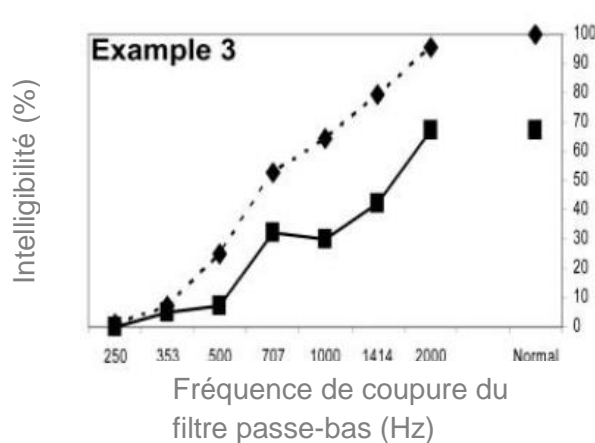


Trait en pointillé : normo-entendants.

Traits pleins : second profil de malentendants.

Figure 4B : Profil en pic

Le troisième profil concerne les patients pour lesquels l'intelligibilité croît au fur et à mesure que la bande passante s'élargit. L'apport de hautes fréquences est donc bénéfique pour la compréhension de la parole.

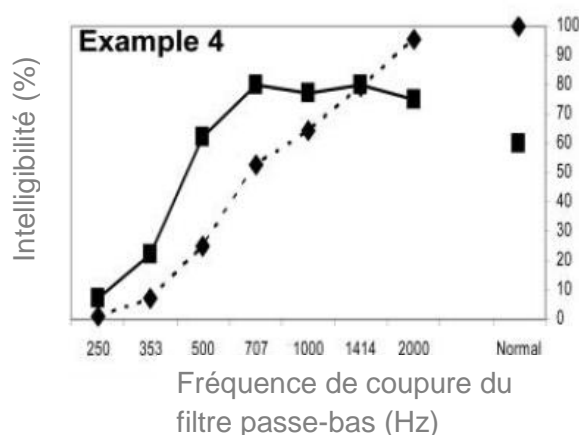


Trait en pointillé : normo-entendants.

Traits pleins : troisième profil de malentendants.

Figure 4C : Profil à amélioration progressive

Le quatrième et dernier profil est similaire au premier (plateau atteint à 700Hz) avec une différence notable : les malentendants ont des meilleurs scores de compréhension que les normo-entendants pour les vocales filtrées passe-bas jusqu'à 1000Hz environ. Ces patients surexploitent donc l'information provenant des basses fréquences.



Trait en pointillé : normo-entendants.

Traits pleins : quatrième profil de malentendants.

Figure 4D : Profil en plateau avec surperformances sur les basses fréquences

Hogan et Turner (1998) ont mis en évidence que la plupart des malentendants appareillés démontrent une amélioration de la reconnaissance de la parole au fur et à mesure que les informations provenant des hautes fréquences aient été ajoutées. Cependant, pour des malentendants ayant des surdités plus importantes, l'apport de fréquences aigües n'aboutit à aucune amélioration de la reconnaissance de la parole et peut au contraire entraîner une dégradation de l'intelligibilité. Certains malentendants sont donc incapables d'utiliser l'information apportée par les hautes fréquences et l'amplification de ces dernières pourrait dégrader la compréhension de la parole.

En 2001, Vickers et al. ont comparé les scores d'intelligibilité chez les malentendants avec ou sans ZIC sur les hautes fréquences. Pour cela, ils ont utilisé des voyelles amplifiées et filtrées passe-bas de type Voyelle-Consonne-Voyelle (VCV) dans le silence.

Ils constatent pour les malentendants dépourvus de ZIC, une amélioration progressive de l'intelligibilité en augmentant la fréquence de coupure (profil à amélioration progressive selon Seldran). En revanche, pour les patients possédant des ZIC, deux cas de figure se présentent :

- La plupart des malentendants avec ZIC montrent une amélioration progressive de la compréhension jusqu'à $1.7 \cdot F_c$ (avec F_c la fréquence de coupure de la ZIC). Au-delà de cette limite les scores restent constants (profil en plateau selon Seldran).
- Un petit nombre de patients présentant des ZIC ont montré une progression des scores jusqu'à $1.7 \cdot F_c$, puis une dégradation de l'intelligibilité au-delà de $1.7 \cdot F_c$ (profil en pic selon Seldran).

En 2002, Baer et al. poursuivent les travaux de Vickers et al. (2001) dans une étude similaire.

10 sujets ont été testés dont 8 qui avaient déjà servi dans l'étude de Vickers et al. Sur ces 8 malentendants, 5 avaient des ZIC à des fréquences inférieures à 2kHz mais étendues sur les hautes fréquences. Les 3 autres n'avaient pas de ZIC. 2 nouveaux sujets ont été ajoutés à cette étude ; ils ne présentaient pas de Zone Morte. Les ZIC ont été détectés grâce au TEN TEST (SPL). La limite des ZIC (fréquence de coupure) a ensuite été déterminée grâce au test des courbes d'accord psychoacoustiques. Les vocales filtrées et amplifiées ont été réalisées de deux manières différentes :

- Le premier test utilise une liste de logatomes de type VCV énoncés par une voix de femme. Le stimulus est présenté monoralement dans le silence à 65 dB SPL. Avant d'être présenté au sujet, les stimuli sont amplifiés en utilisant la « Formule de Cambridge » qui prescrit un gain en fonction de la fréquence et basé sur les seuils audiométriques (Moore et Glasberg, 1998). Les listes de logatomes sont donc amplifiées et filtrées passe-bas avec des fréquences de coupures qui varient.
- Les conditions pour le second test sont les mêmes que pour le premier test avec la présence d'un bruit combiné au signal de parole.

Les personnes n'ayant pas de ZIC ont montré une amélioration progressive lorsque la fréquence de coupure du filtre passe-bas augmente. Ils sont donc capables d'utiliser l'information provenant des hautes fréquences pour comprendre que ce soit dans le silence ou en présence de bruit.

En moyenne, pour les malentendants atteints de ZIC, les scores d'intelligibilité augmentent jusqu'à $1.7 \cdot F_c$ puis restent constants pour des fréquences supérieures. Les personnes possédant des ZIC bénéficient d'une amplification jusqu'à environ 70% au-dessus de la fréquence de coupure de la ZIC pour la compréhension de la parole. L'amplification apportée au-delà de cette limite, aussi bien dans le silence que dans le bruit, n'améliore pas l'intelligibilité (profil en plateau) et peut même dégrader cette dernière dans certains cas (profil en pic). Gordo et Martinelli (2007) retrouvent ce profil en pic avec cette dégradation de l'intelligibilité en condition non filtrée pour les malentendants avec ZIC.

Cependant, Cox et al. (2011 et 2012), Mackersie et al. (2004) ont montré que les patients avec ZIC bénéficiaient d'une amplification sur les hautes fréquences et présentaient un pattern progressif (profil à amélioration progressive) dans le silence. En présence de bruit, les résultats diffèrent : les personnes avec ZIC ne gagnent pas en compréhension avec l'amplification des hautes fréquences (Marckersie) ou montrent une amélioration plus faible que les personnes sans ZIC (Cox, Preminger).

Toutes ces études mènent à des résultats divergents. Nous sommes donc en droit de nous questionner quant au bénéfice apporté par l'amplification des fréquences aigües chez la personne atteinte de ZIC. Ce bénéfice aurait-il une limite fréquentielle comme l'ont démontré Vickers et Baer (2001, 2002) ?

Résumons :

- Les ME exploitent différemment l'information à laquelle ils ont accès.
- L'importance des bandes fréquentielles peut différer selon les surdités.
- Il existe 4 profils de patients différents pour la compréhension de la parole.
- Est-il possible de définir un profil particulier pour les patients avec ZIC ?

III. PLASTICITE AUDITIVE

La plasticité auditive correspond à la faculté du système auditif à modifier ses propriétés anatomiques et fonctionnelles (Kappel et al, 2011). De manière générale, ces phénomènes de plasticité peuvent être observés dans d'autres systèmes sensoriels et dans l'ensemble du système nerveux central. On parlera alors de plasticité neuronale. La plasticité cérébrale montre donc que le cerveau est doué de réorganisation neuronale.

a) Plasticité adaptative post-lésionnelle

Une lésion cochléaire peut provoquer des phénomènes de plasticité. En effet, les neurones répondant aux zones endommagées vont répondre à des fréquences proches de la fréquence de coupure de la perte auditive. Cette caractéristique a notamment été mise en évidence chez le chat en 1993 (Rajan et al.). Chez l'homme, une surreprésentation de la fréquence de coupure au niveau du cortex peut se manifester par un accroissement de la discrimination fréquentielle au niveau de la fréquence de coupure de la perte auditive (Mc Dermott 1998 et Thai-Van et al. 2003).

En appliquant une correction auditive sur des malentendants, les performances auditives des patients peuvent s'améliorer avec le temps et engendrer une réorganisation corticale. Il s'agit de l'effet d'acclimatation auditive.

b) Effet d'acclimatation auditive

L'effet d'acclimatation auditive, qui s'oppose à la privation auditive, correspond à l'augmentation des performances auditives, comme l'intelligibilité de la parole, qui n'est pas pleinement attribuée à la tâche, aux effets de l'apprentissage procédural ou d'entraînement. Ce changement de performances au cours du temps serait lié à une plus grande disponibilité de l'information acoustique (Arlinger et al. 1996).

Certaines études ont pu montrer une amélioration de la reconnaissance de la parole en milieu calme au cours du temps (Gatehouse 1992, Cox et Alexander 1992, Gatehouse 1993, Arkis et Burkey 1994, Cox et al 1996, Horwitz 1997). Le bénéfice est compris entre 0 et 10%. Néanmoins, d'autres travaux ne constatent pas d'amélioration significative ni de dégradation (Malinoff et Weinstein 1989, Mulrow et al 1992, Bentler et al 1993, Humes et al 2002, Dawes et al 2013).

Comme l'ont montré dans leurs mémoires, Benoit DELEMPs, Camille GRANIER et Pauline DE GOUY, il y a une amélioration significative de l'intelligibilité pour les patients nouvellement appareillés en condition filtrée passe-haut à 1000Hz. Cette amélioration a été remarquée sur les zones fréquentielles où la perte auditive est importante.

Résumons :

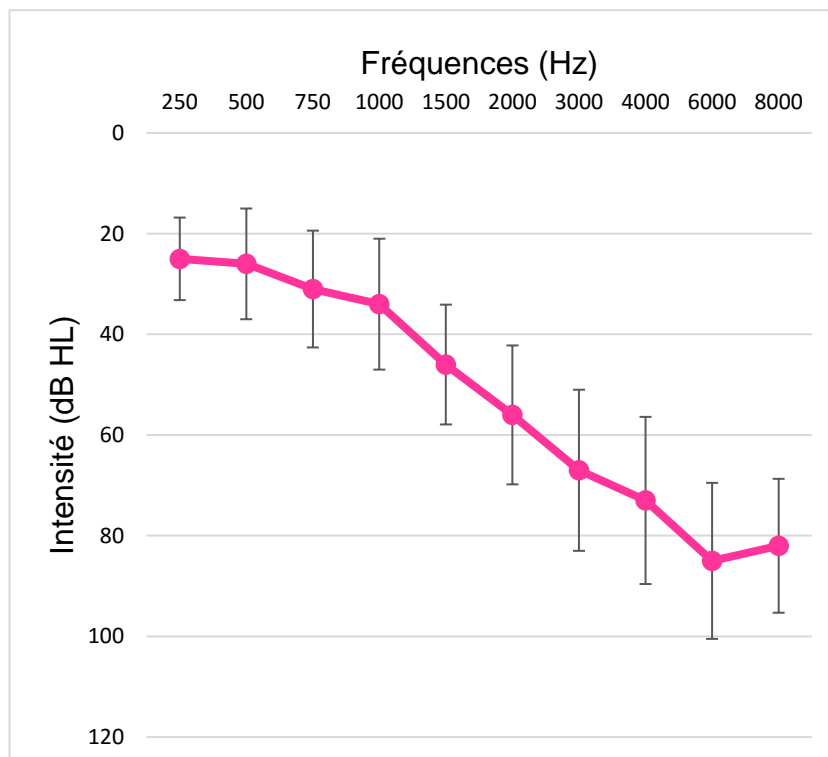
- Une perte auditive peut entraîner une restructuration corticale appelée plasticité.
- En apportant plus d'information acoustique avec des aides auditives, les performances comme l'intelligibilité peuvent s'améliorer ; il s'agit de l'effet d'acclimatation auditive.

PARTIE EXPERIMENTALE

I. MATERIEL ET METHODES

a) Participants

Cette étude regroupe les données de 52 sujets : 15 nomo-entendants avec des seuils auditifs compris entre 0 et 20 dB HL et 37 malentendants. Parmi les normo-entendants, il y a 5 femmes et 10 hommes avec une moyenne d'âge de 35,8 ans (écart type de 14,6 ans). Sur les 37 malentendants présentant une surdité neurosensorielle, 10 sont des femmes et 27 sont des hommes. L'âge moyen est de 75,2 ans (minimum de 55 ans, maximum de 91 ans, écart type de 9,2 ans).

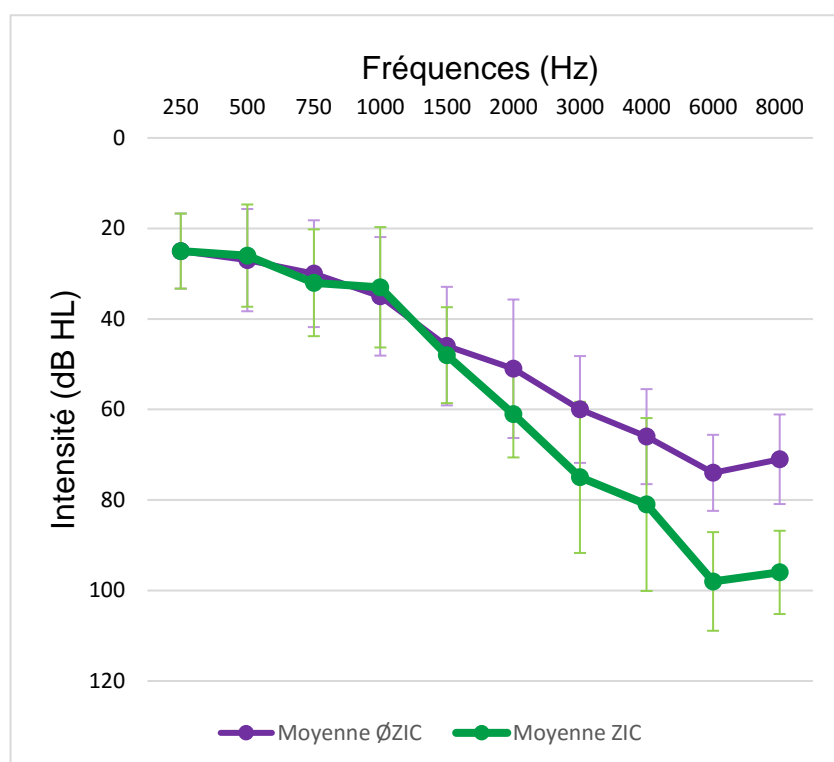


Graphique 1 : perte auditive moyenne et écarts types chez les malentendants (37 patients pour 37 oreilles).

Pour faciliter l'analyse des résultats, nous allons répartir les malentendants selon deux groupes.

Le groupe ZIC comprend les malentendants possédant une ou plusieurs ZIC. Les malentendants du groupe ZIC présentent au moins une ZIC au TEN test et un pic décalé aux CAP. Ce groupe est composé de 17 patients (soit 17 oreilles) ; 4 sont nouvellement appareillés, 1 n'est pas appareillé et 12 sont déjà appareillés.

Le groupe ØZIC est composé de malentendants ne présentant pas de ZIC. Il comporte donc les patients négatifs au TEN test (16 sujets) ainsi que les patients positifs au TEN mais ne présentant pas décalage de pic aux CAP (4 sujets). Il y a 20 sujets dans ce groupe (soit 20 oreilles testées), 2 sont nouvellement appareillés, 3 ne sont pas appareillés, 15 sont déjà appareillés.



Graphique 2 : *perte auditive moyenne et écarts types des sujets du groupe ZIC (n = 17 soit 17 oreilles) et du groupe ØZIC (n = 20 soit 20 oreilles).*

Nous mènerons une étude longitudinale sur un groupe de 9 patients sélectionnés dans les groupes ZIC et ØZIC. Parmi ces 9 patients, 6 ont une (des) ZIC et 3 n'ont pas de ZIC. 4 d'entre eux sont nouvellement appareillés et 5 sont déjà appareillés depuis au moins un an. Nous réaliserons pour ce groupe des vocales filtrées et amplifiées à J0 et J1MOIS.

b) Matériel vocal

Les listes vocales utilisent 16 logatomes sans signification de type VCV (Voyelle-Consonne-Voyelle) prononcés par une voix féminine. Ces logatomes possèdent tous le phonème /a/ pour voyelle. La consonne varie parmi 16 phonèmes : /b/, /f/, /d/, /t/, /g/, /z/, /k/, /l/, /m/, /n/, /p/, /R/, /s/, /v/, /z/. On a donc 16 logatomes différents : aBa, aCHa, aDa, aFa, aGa, aJa, aKa, aLa, aMa, aNa, aPa, aRa, aSa, aTa, aVa, aZa. Ces 16 logatomes sont répétés 4 fois chacun de manière aléatoire. Chaque liste est donc composée de 64 logatomes. L'unité d'erreur est la consonne située entre les deux voyelles.

c) Matériel informatique

Les tests ont été réalisés à l'aide d'un ordinateur portable ASUS X54L, équipé d'une carte son CREATIVE Sound Blaster SB1240 ainsi que d'un casque SENNHEISER HD 202. Les audiométries tonales ont été réalisées au préalable dans une cabine insonorisée à l'aide d'un audiomètre Aurical d'Otometrics.

d) Logiciel utilisé pour la passation des tests

Les logatomes filtrés ont été développés par David COLIN sous le logiciel MATLAB. Chaque logatome est filtré passe-bas à l'aide de filtres FFT 4096 (2^{12}) points avec une fenêtre de Blackman. Les filtres passe-bas présentent des fréquences de coupure de 1000 Hz, 2000 Hz, et 4000 Hz. Les logatomes sont au format wave 32bits et sont diffusés en 24 bits via la carte son. La fréquence d'échantillonnage est de 44,1 kHz.

En me basant sur ce programme, j'ai pu le modifier pour réaliser des listes de logatomes filtrés et amplifiés. 4 nouveaux tests ont donc été ajoutés : vocale amplifiée et filtrée passe-bas à 1000Hz, à 2000, à 4000Hz ainsi qu'une vocale amplifiée et non filtrée.

Le TEN test (SPL) a également été développé par David COLIN à l'aide de MATLAB. Il s'agit de la version de 2000 décrite par Moore.

En me servant des différents modèles décrits par Moore et al. 2000, Kluk et Moore. 2005, j'ai développé un test de Courbes d'Accord Psychoacoustiques sous MATLAB. Ce test permettra de confirmer ou d'infirmer la présence de ZIC. Il pourra également donner des renseignements quant à la limite de la ZIC (fréquence de coupure de la zone morte).

e) Passation des tests

-Groupe de normo-entendants (n = 15 sujets)

Après examen otoscopique, nous débutons par une audiométrie tonale par demi-octave. Nous procédons ensuite à une vocale non filtrée à l'aide des logatomes VCV, puis aux listes de logatomes filtrées passe-bas à 1000 Hz, 2000 Hz et 4000 Hz.

Les vocales sont réalisées sur une oreille seulement, celle préférée par le sujet. L'ordre de passation est aléatoire sauf pour la liste non filtrée qui est toujours passée en premier. Les tests ont été réalisés à intensité confortable. Pour déterminer cette intensité, nous faisons écouter deux logatomes (/aBa/ et /aSa/) et nous ajustons en augmentant ou diminuant le volume en fonction du ressenti du sujet.

L'ensemble de ces tests dure environ 30 minutes.

-Groupe de malentendants avec ZIC (n = 17) et sans ZIC (n = 20)

Nous débutons par un examen otoscopique ainsi qu'une audiométrie tonale par demi-octave. Le TEN test est ensuite réalisé en balayant les fréquences de 125 Hz à 8000 Hz. Nous utilisons un critère de 10 dB pour déceler une ZIC.

Puis, nous effectuons une vocale non filtrée, des vocales filtrées passe-bas à 1000 Hz, 2000 Hz et 4000 Hz, une vocale non filtrée et amplifiée, des vocales amplifiées et filtrées passe-bas à 1000 Hz, 2000 Hz et 4000 Hz. Les vocales sont passées à intensité confortable en suivant la même procédure que pour les NE.

Les vocales amplifiées que j'ai développées permettent d'appliquer un gain en fonction de la perte auditive du patient selon la méthode du demi-gain décrite dans le Tome 2 du Précis d'Audioprothèse ($\text{gain} = \text{perte auditive} / 2$). En renseignant la perte auditive par demi-octave du malentendant, le programme indique le gain idéal à appliquer par demi-octave (demi-gain) ainsi que le gain maximum applicable compte tenu des contraintes matérielles.

On indique le gain à apporter pour chaque bande de fréquence. moy (250-1k) : 20

	250 Hz	500 Hz	750 Hz	1000 Hz	1500 Hz	2000 Hz	3000 Hz	4000 Hz	6000 Hz	8000 Hz
	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>
gain idéal (dB)	0	0	0	0	2.5	7.5	17.5	27.5	32.5	35
gain max (X)	24.84	16.93	13.078	6.679	9.7544	39.97	24.08	30.12	25.18	12.37
gain idéal (X)	1	1	1	1	1.33352	2.37137	7.49894	23.7137	42.1697	56.2341

Figure 5 : Choix du gain à appliquer après avoir renseigné les seuils auditifs.

Nous sommes donc limités en termes d'amplification, notamment sur les fréquences aigües (6000 et 8000 Hz). C'est pourquoi nous avons modifié la méthode de demi-gain. Nous appliquons toujours un demi-gain mais en ne prenant pas comme référence le 0 attribué à une audition normale mais en prenant la moyenne des seuils de 250 à 1000 Hz.

Sur une méthode de demi-gain classique, si la perte auditive est de 25 dB à 1500 Hz, le demi-gain serait $25 / 2 = 12,5$ dB sous-entendu $(25 - 0) / 2$.

Pour notre méthode, le demi-gain à 1500 Hz vaudrait $(25 - (\text{moyenne des seuils de 250 à 1000 Hz})) / 2 = (25 - 20) / 2 = 2,5$ dB dans notre cas.

Ainsi, il est possible d'appliquer un gain par bande de fréquence (demi-octave) en renseignant l'amplification voulue dans le champ de saisie.

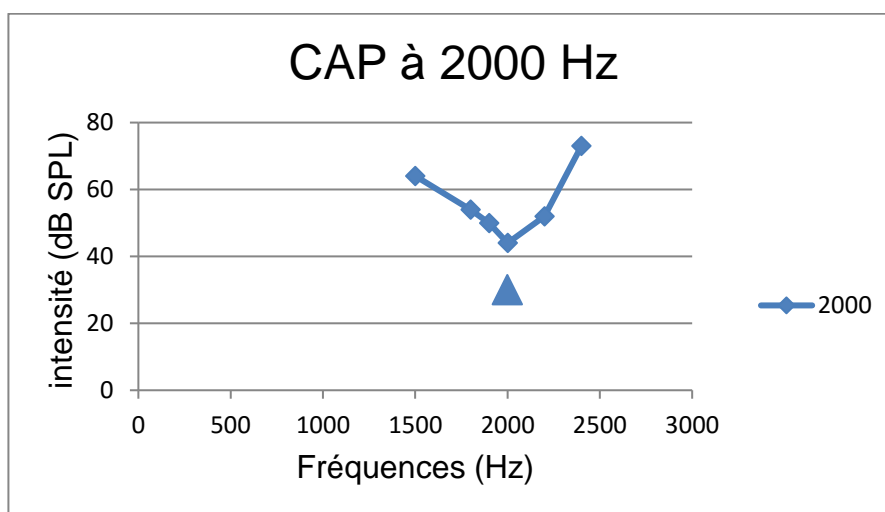
L'ordre de passation des listes de logatomes est aléatoire sauf pour la première liste qui est toujours non filtrée et non amplifiée.

Nous continuons par un test de CAP afin de déterminer la limite de la ZIC s'il y a une (des) ZIC. Si le patient n'a pas de ZIC, on s'assure qu'il n'y a pas de décalage de pic sur nos courbes d'accord.

Pour ce test, on fixe F_t , la fréquence du bip à tester, puis nous envoyons un son pur à cette fréquence à +10 dB en supraliminaire. Nous masquons ce son grâce à un bruit à bande étroite en faisant varier sa fréquence F_m (Tome 1 du Précis d'Audioprothèse). Pour cela, j'ai créée plusieurs bruits à bande étroite avec comme fréquences centrales des multiples de 100 Hz (500 Hz, 1000 Hz, 1200 Hz etc).

J'ai choisi une largeur de bande de 320 Hz comme le préconisent Kluk et Moore pour minimiser l'influence des battements dus à la somme du bruit et du bip.

Le masque a une durée de 1,2 secondes tandis que le bip dure 0,6 secondes. Le sujet devra relever si émerge du bip il y a. Nous sauvegarderons l'intensité du bruit la plus faible nécessaire pour masquer le bip. En balayant avec plusieurs bruits à des fréquences différentes, nous obtiendrons une courbe d'accord pour la fréquence testée. Ci-dessous, le pic est centré en 2000 Hz.



Graphique 3 : Exemple de CAP à 2000 Hz. Le Δ correspond à la fréquence et intensité du Bip (son pur) testé.

Nous avons opté pour une méthode 3AFC (Three-Alternative Forced Choice), choix forcé à 3 alternatives, afin de rendre plus facile le test pour les patients. En effet, en envoyant 2 sons : un avec le bruit masquant uniquement, l'autre avec bruit + bip, j'offre 3 possibilités de réponses pour le patient :

- le bip émerge dans le premier son
- le bip émerge dans le deuxième son
- les deux sons sont identiques

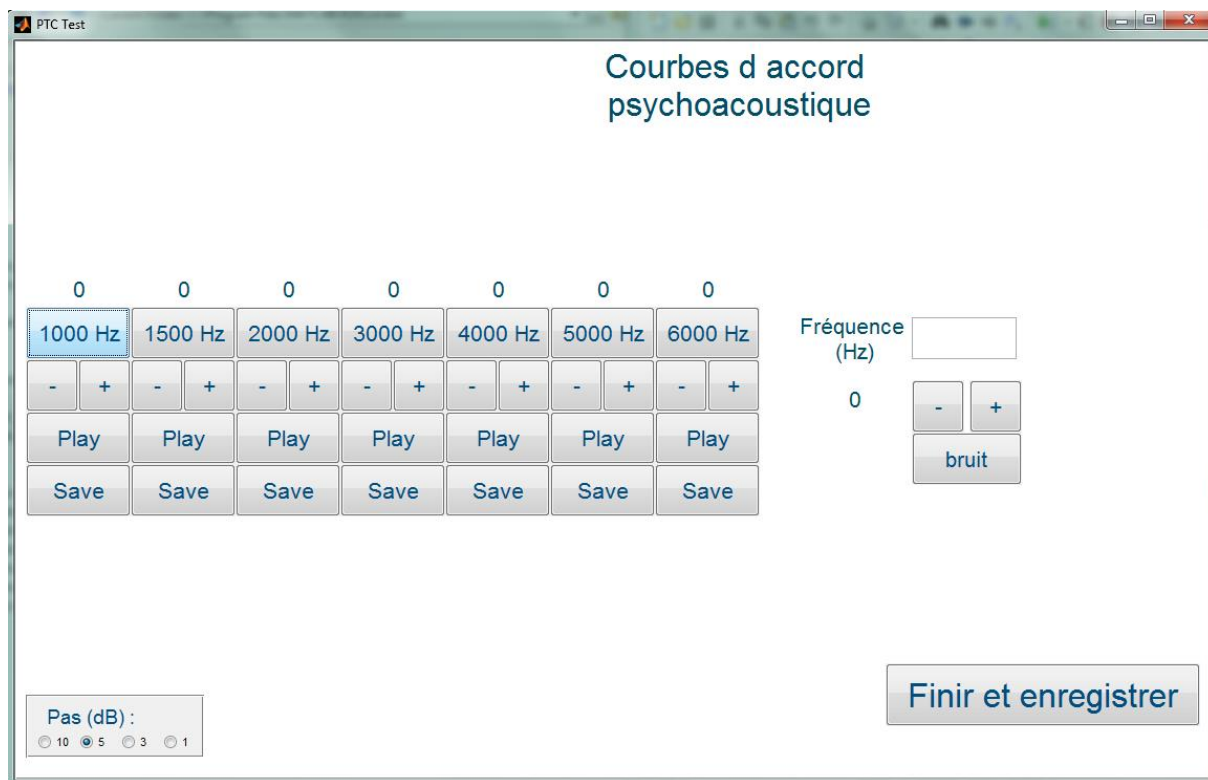


Figure 6 : Test des CAP. Fréquence du bruit à renseigner dans la zone de saisie. Play permet de jouer Bip + Bruit.

Nous terminons par une audiométrie tonale par quart d'octave pour les sujets avec ZIC pour avoir plus de précisions quant au degré de pente de la perte auditive.

Les tests vocaux et des CAP sont réalisés sur une oreille uniquement. Si le patient possède une (des) ZIC sur les deux oreilles ou s'il ne possède pas de ZIC, nous choisirons l'oreille préférée par le patient. Si le patient possède une (des) ZIC sur une oreille seulement, nous testeront l'oreille atteinte de ZIC.

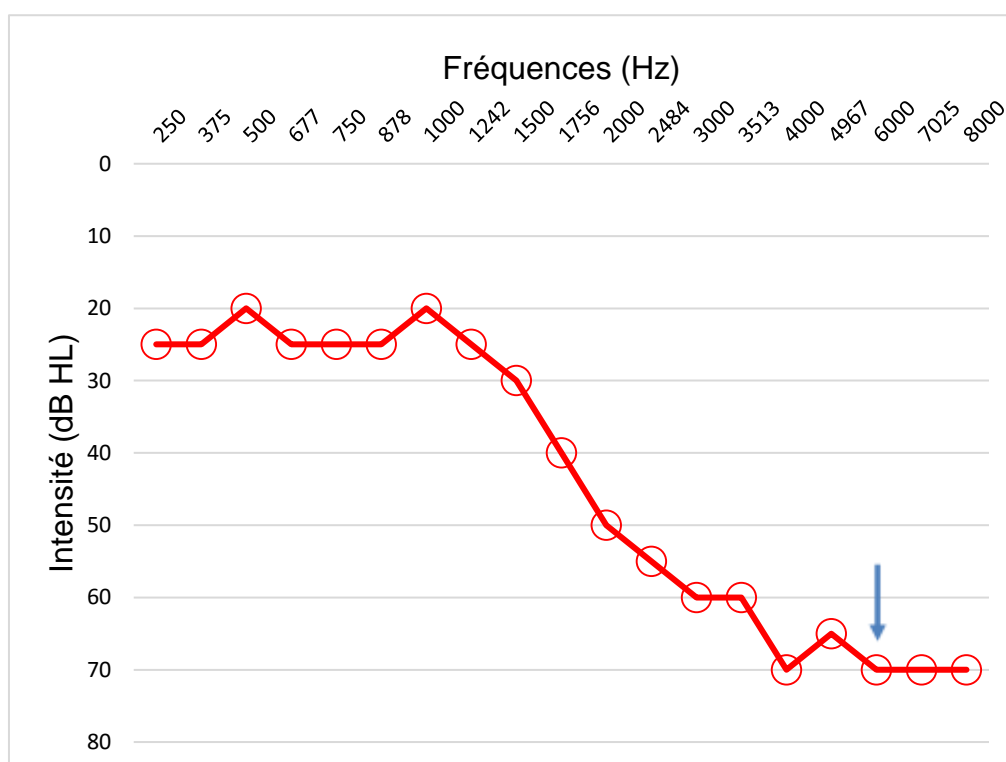
Ces nombreux tests sont réalisés oreilles nues (une oreille par patient) et prennent au total entre 1h30 et 2h pour être réalisés. Ils sont donc répartis en deux séances d'une heure maximum pour le confort du patient et la fiabilité de ses réponses.

II. RESULTATS

Dans un premier temps, nous allons voir un exemple de patient avec tous les tests réalisés. Nous verrons par la suite les résultats et les analyses statistiques pour les différents groupes de patients.

-Exemple de Mme S.

Suite à l'otoscopie, nous réalisons une audiométrie tonale et un TEN test



Graphique T :

Audiogramme

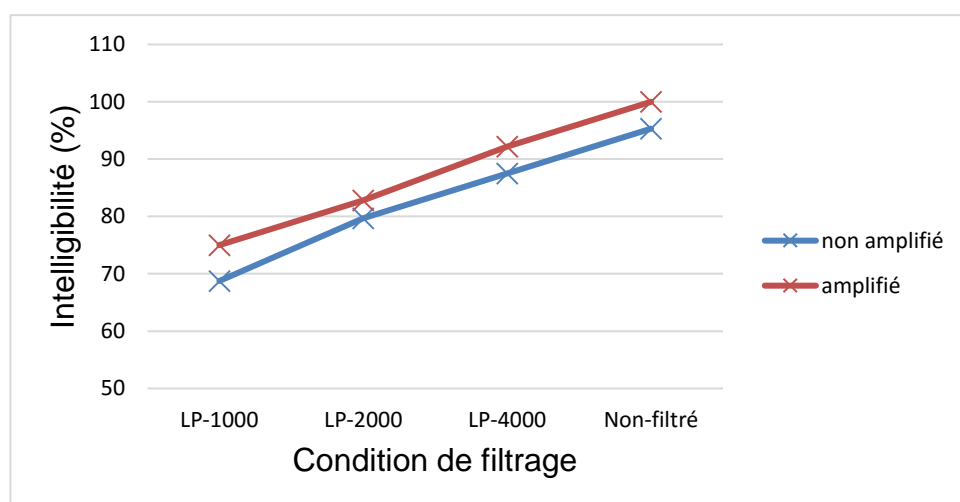
tonal de Mme S

(oreille droite). La

indique une ZIC

dépistée au TEN

test.



Graphique V :

Evolution de

l'intelligibilité de Mme

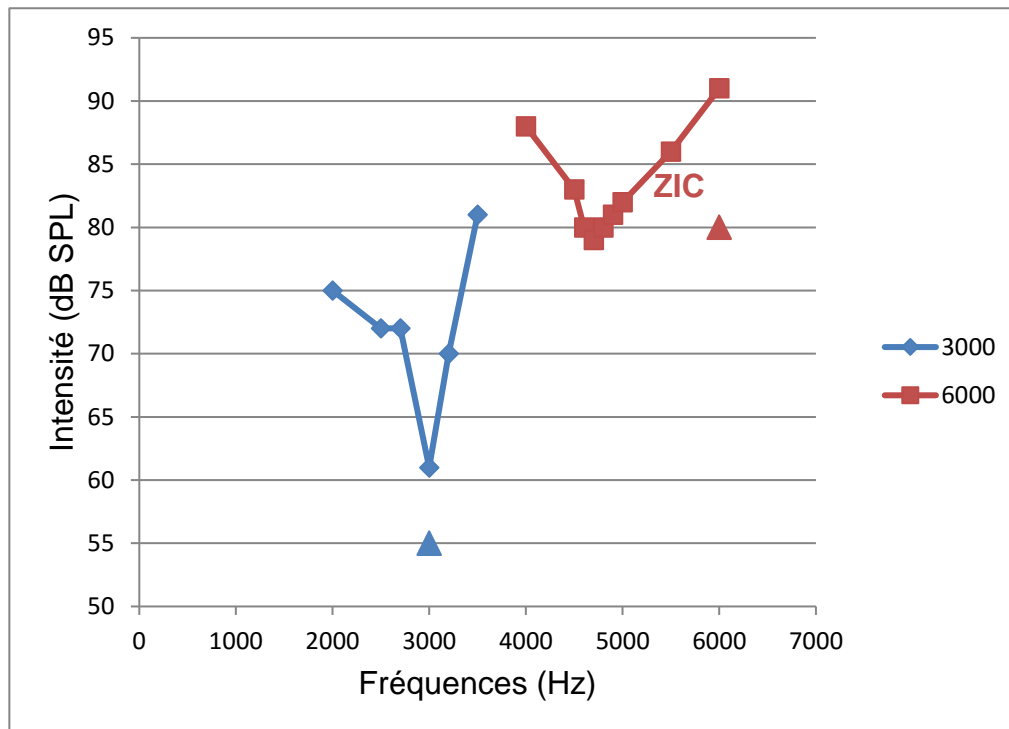
S en fonction des

conditions de filtrage

avec ou sans

amplification.

A la suite des vocales filtrées et amplifiées (Graphique V), nous réalisons un test de CAP :



CAP de Mme S pour les fréquences 3000 et 6000 Hz.

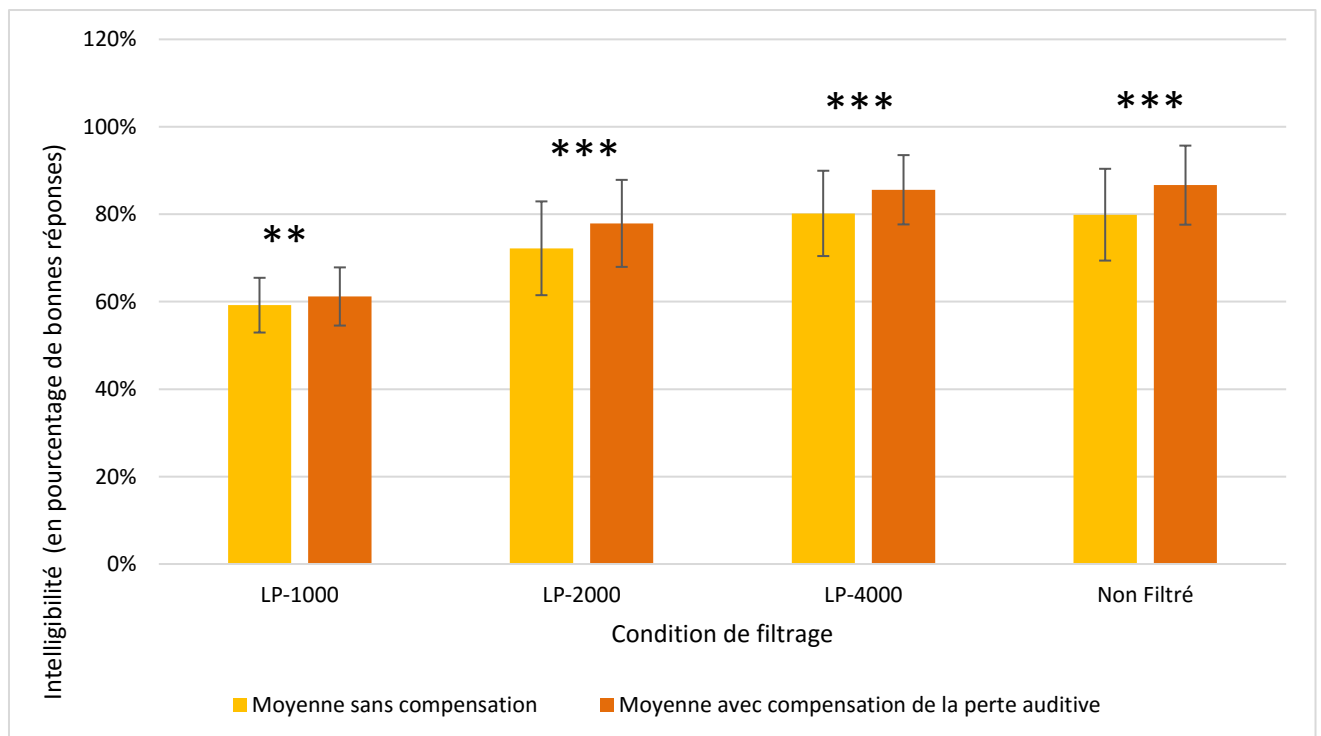
Les \triangle correspondent aux fréquences et intensité du Bip (son pur) testé.

Enfin, nous terminons par une audiométrie par quart d'octave (Graphique T).

-Groupe de malentendants, N = 37.

Dans un premier temps, nous avons comparé les scores des voyales filtrées non amplifiées par rapport à ceux obtenus pour les voyales filtrées et amplifiées chez les malentendants.

Vous trouverez dans le tableau A1 et dans le graphique A1, les scores moyens d'intelligibilité accompagnés de leur écart-type en fonction des conditions de filtrage pour des voyales sans amplification et avec amplification.



Graphique A1 : Moyennes et écarts-types des scores d'intelligibilité en fonction des conditions de filtrage pour des voyales amplifiées et non amplifiées de perte auditive chez les sujets malentendants (n = 37). * : significatif ; ** : très significatif ; *** : hautement significatif.

Les scores d'intelligibilité obtenus pour des voyelles amplifiées sont plus élevés que pour des voyelles non amplifiées quelle que soit la condition de filtrage. Ces différences de scores sont significatives (test de Student avec $p < 0.05$) pour toutes les conditions de filtrage testées (tableau A1).

Conditions de filtrage	LP-1000	LP-2000	LP-4000	Non Filtré
Moyenne Sans Amplification	59,21%	72,21%	80,19%	79,90%
Ecart type Sans Amplification	6,258%	10,725%	9,758%	10,496%
Moyenne Avec Amplification	61,19%	77,91%	85,60%	86,66%
Ecart type Avec Amplification	6,655%	9,952%	7,926%	9,041%
Résultat (p)	0,003149547	2,76897E-08	2,54155E-08	1,1207E-07
Significativité	OUI	OUI	OUI	OUI

Tableau A1 : Résultats des tests de Student pour différentes conditions de filtrage chez les malentendants ($n = 37$) entre Avec Amplification et Sans Amplification.

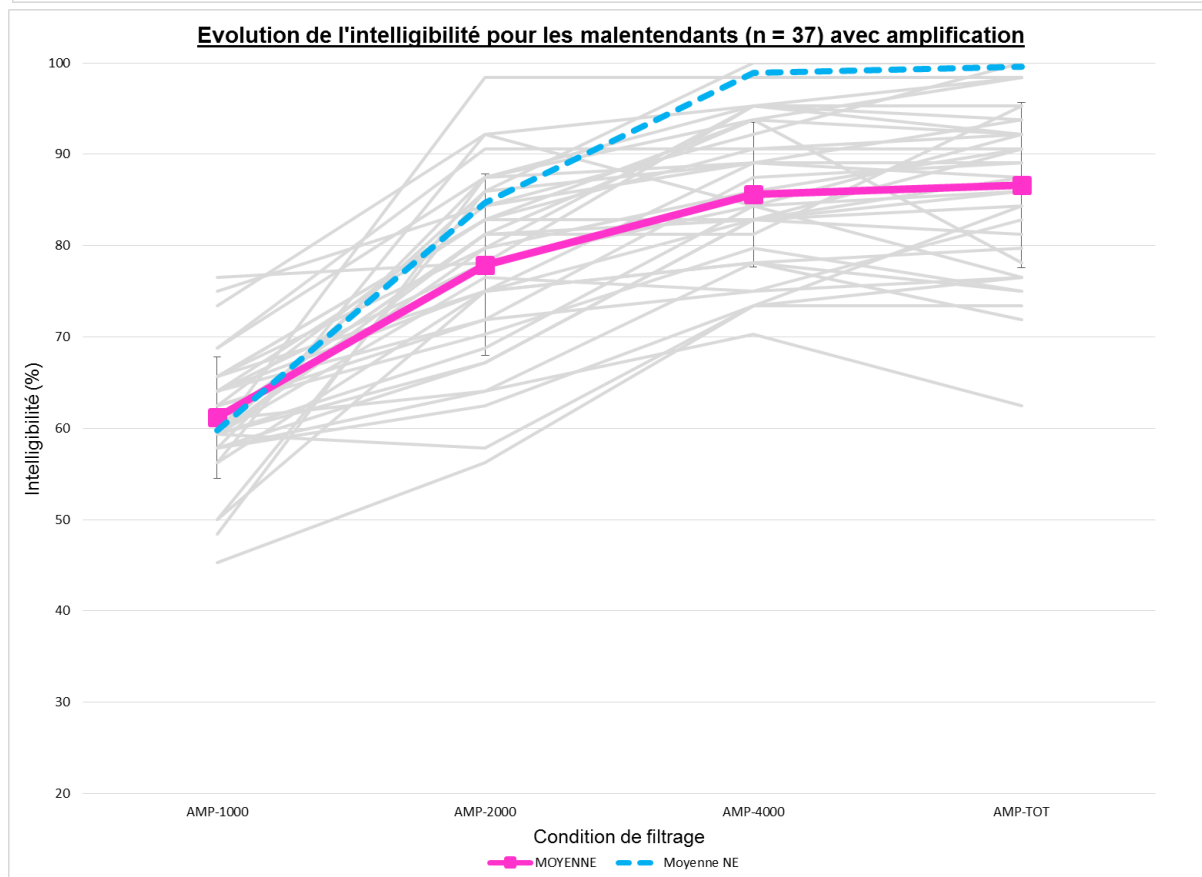
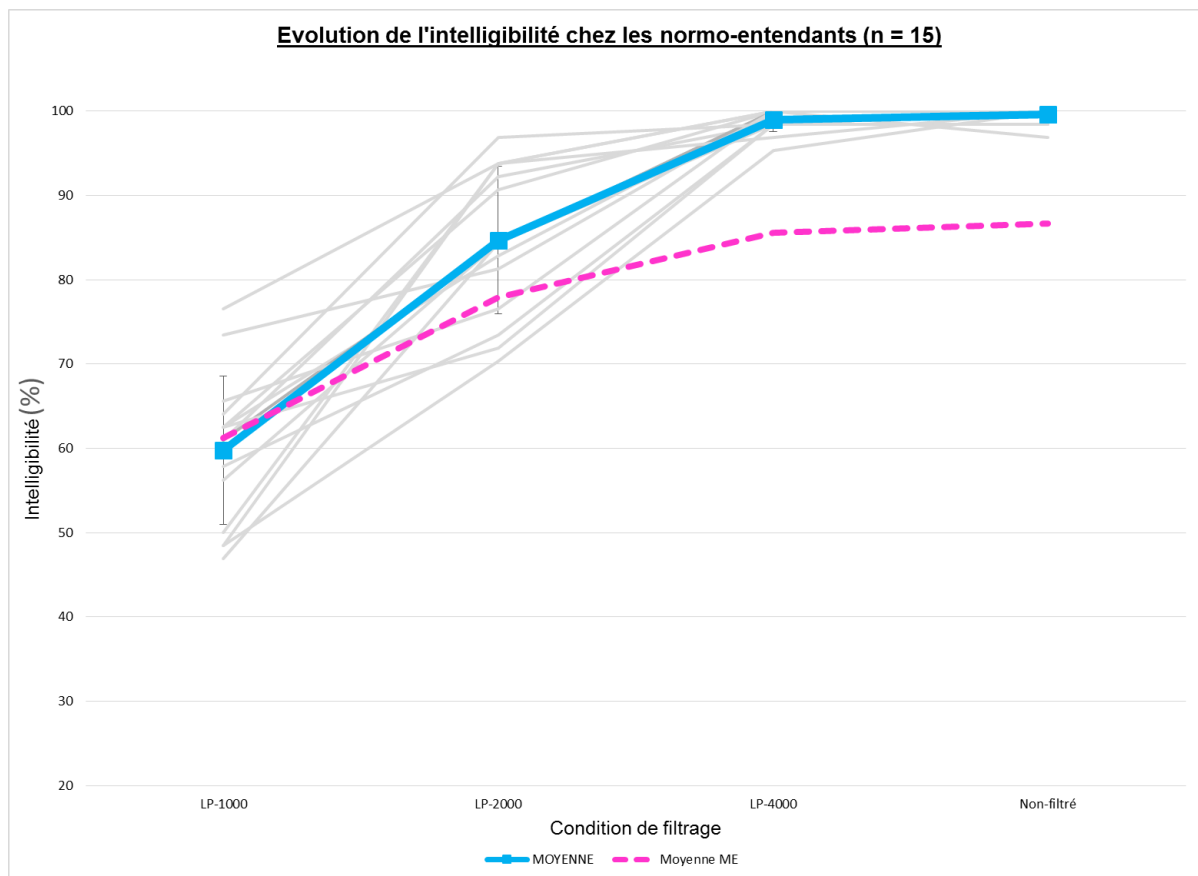
Dans la suite de notre étude, nous n'utiliserons plus les scores des voyelles filtrées et non amplifiées mais nous nous servirons uniquement des scores des voyelles filtrées et amplifiées pour les malentendants.

a) Comparaison entre Normo-Entendants et Malentendants

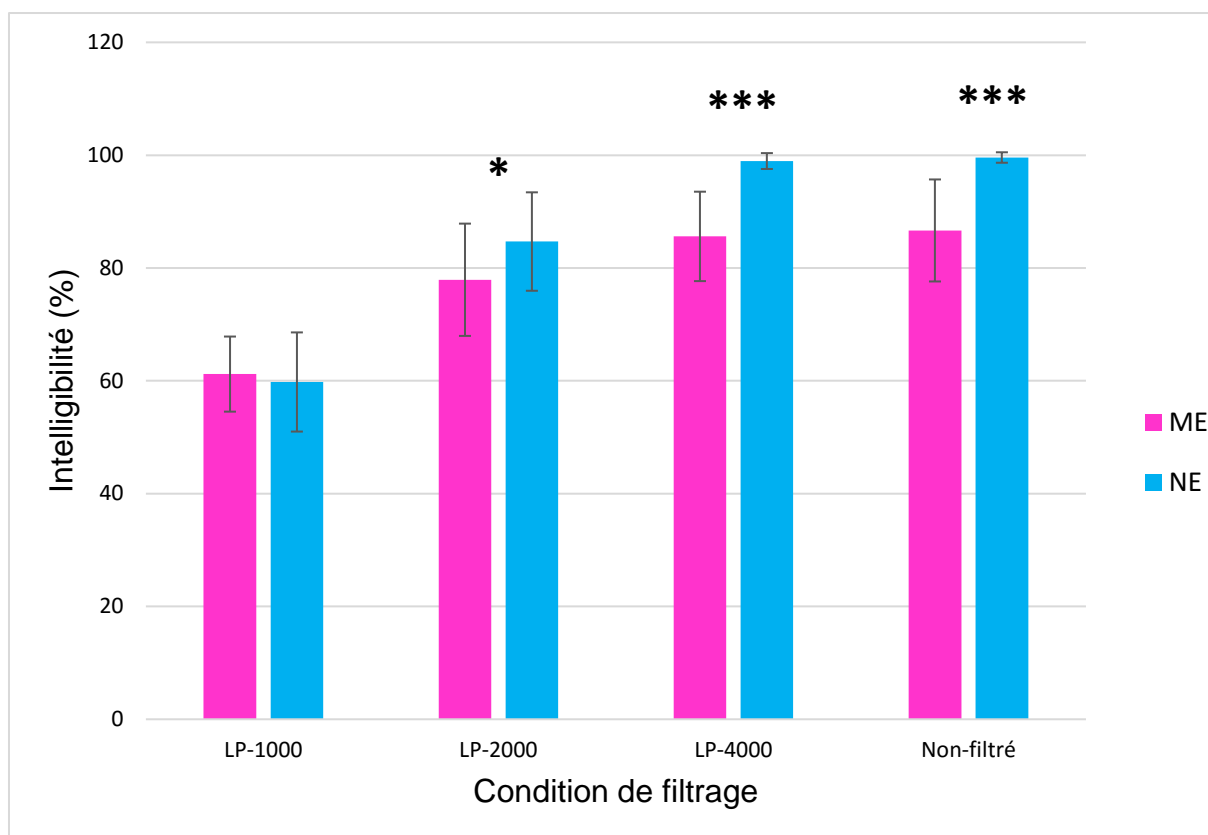
Malgré la compensation de la perte auditive grâce à l'amplification apportée, nous pouvons penser que les scores de compréhension chez les normo-entendants (NE) restent néanmoins supérieurs à ceux des malentendants (ME).

Le graphique A2 montre l'évolution des scores d'intelligibilité chez les malentendants ($n = 37$) et chez les normo-entendants ($n = 15$) en fonction des conditions de filtrage.

Dans le tableau A2 et le graphique A3, nous pouvons voir les moyennes obtenues pour ces deux groupes ainsi que leur écart-type en fonction des conditions de filtrage.



Graphique A2 : Evolution de l'intelligibilité chez les ME et les NE.



Graphique A3 : Moyennes et écarts-types des scores d'intelligibilité en fonctions des conditions de filtrage chez les ME ($n = 37$) et chez les NE ($n = 15$).

Après vérification de la normalité (test de Shapiro-Wilk) du groupe de NE, on observe que les scores chez les NE sont plus élevés que ceux des ME pour les conditions : filtrée passe-bas à 2000 Hz, filtrée passe-bas à 4000 Hz et non filtrée. Les résultats en vocale filtrée passe-bas à 1000 Hz semblent identiques pour les deux groupes. Les résultats des tests de Student sont présents dans le tableau A2.

Conditions de filtrage	LP-1000	LP-2000	LP-4000	Non Filtré
Moyenne NE \pm écart type (%)	59,79 \pm 8,79	84,69 \pm 8,72	98,96 \pm 1,41	99,58 \pm 0,93
Moyenne ME \pm écart type (%)	61,19 \pm 6,65	77,91 \pm 9,95	85,60 \pm 7,93	86,66 \pm 9,04
Résultats (p)	0,26744601	0,012845344	1,01008E-12	1,02049E-10
Significativité	NON	OUI	OUI	OUI

Tableau A2 : Résultats des tests de Student pour différentes conditions de filtrage entre Normo-Entendants ($n = 15$) et Malentendants ($n = 37$).

Nous constatons que les scores sont significativement plus élevés chez les NE par rapport aux ME pour les voyelles filtrées passe-bas à 2000 Hz ($p=0.01289$) et à 4000 Hz ($p=1.01008E-12$). Nous retrouvons cette différence significative de scores pour la voyelle non filtrée ($p=1.02049E-10$). Cependant, les scores sont sensiblement les mêmes ($p>0.05$) pour la voyelle filtrée passe-bas à 1000 Hz pour les deux groupes.

Les annexes 1A, 1B, 1C, 1D montrent les matrices de confusions pour le groupe de NE et le groupe de ME dans les 4 conditions de filtrage testées. Les matrices de différence (NE – ME), pour chaque condition, permettent de savoir si l'un des deux groupes commet plus d'erreurs que l'autre sur un logatome particulier. Ceci nous renseigne donc sur l'erreur la plus souvent commise et par quel groupe (pour un logatome donné). Réciproquement, nous pourrions voir quel groupe répond le plus justement au logatome lu (exprimé en pourcentage).

Nous pouvons remarquer que les NE commettent moins d'erreurs que les ME sur les logatomes aSa, aFa et aVa. Il s'agit de consonnes fricatives. Les ME présentant un déficit sur les hautes fréquences manquent d'informations acoustiques sur les aigües pour pouvoir discerner un aSa d'un aFa. De plus, les ME confondent souvent le aMa avec le aNa et le aTa avec le aKa contrairement aux NE.

Les résultats de comparaison de moyennes (tests de Student) présentés dans le tableau A3 montrent que l'évolution des scores d'intelligibilité entre la vocale filtrée passe-bas à 4000 Hz et la vocale non filtrée n'est pas significativement différente entre le groupe de NE et le groupe de ME.

L'évolution d'intelligibilité du filtre passe-bas 1000Hz au filtre passe-bas 2000 Hz est plus grande chez les NE (+24,9% en moyenne) que chez les ME (+16,72% en moyenne). Cette différence est significative ($p=0.008112$).

L'amélioration entre le filtre passe-bas 2000 Hz et le filtre passe-bas 4000 Hz est également significativement plus importante pour le groupe de NE que pour le groupe de ME (Tableau A3).

Conditions	LP2000-LP1000	LP4000-LP2000	Non-Filtré-LP4000
Moyenne NE \pm écart type (%)	24,9 \pm 11,83	14,27 \pm 8,45	0,63 \pm 1,75
Moyenne ME \pm écart type (%)	16,72 \pm 10,27	7,69 \pm 6,43	1,06 \pm 5,55
Résultats (p)	0,008111992	0,001824285	0,337084913
Significativité	OUI	OUI	NON

Tableau A3 : Résultats des tests de Student concernant l'évolution d'intelligibilité d'un filtrage à un autre entre les NE ($n = 15$) et les ME ($n = 37$).

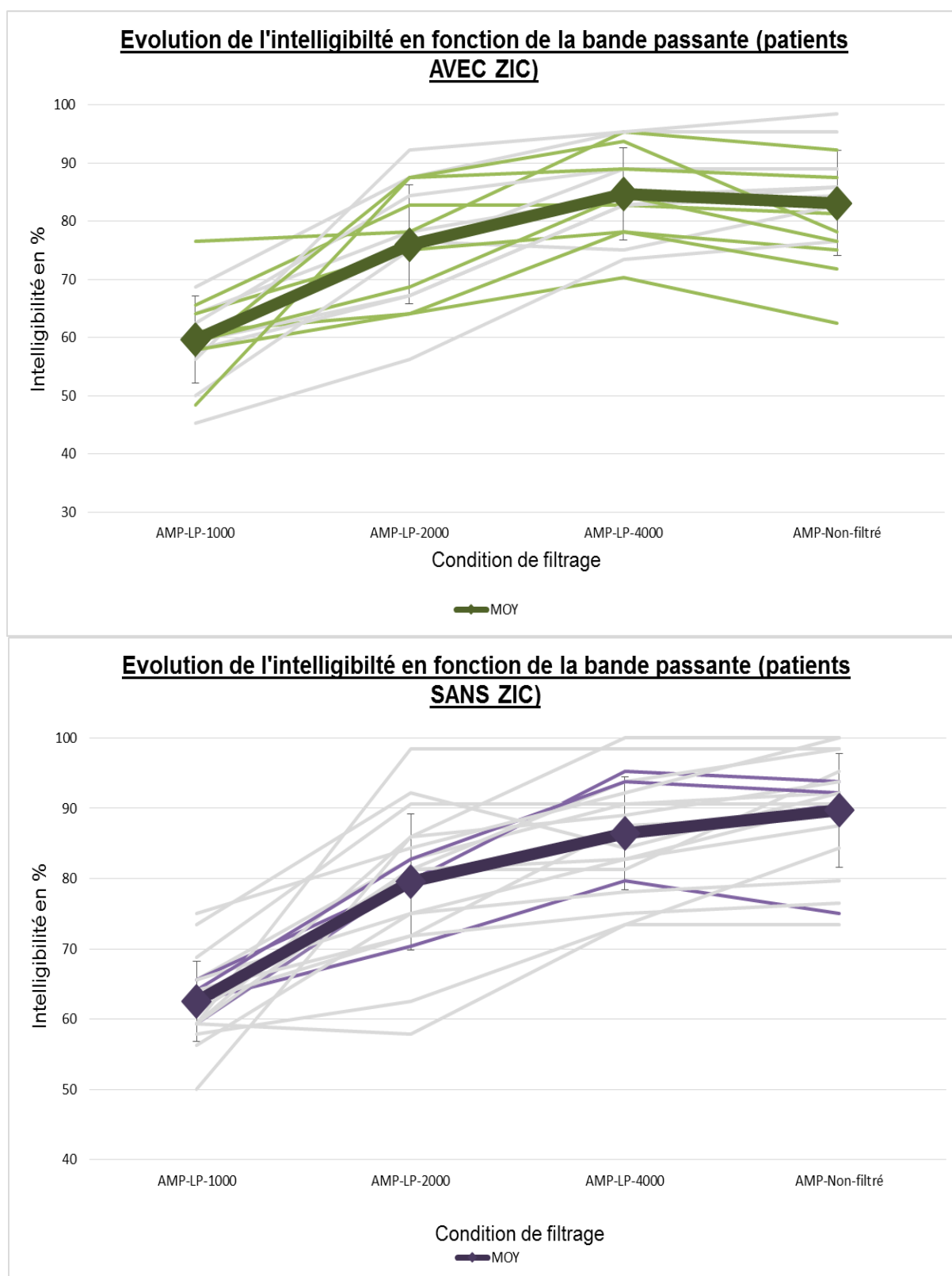
b) Comparaison entre ME Avec ZIC et ME Sans ZIC

Nous allons maintenant voir comment évolue la compréhension de la parole chez les patients atteints de ZIC (groupe ZIC) par rapport aux patients ne possédant pas de ZIC (groupe ØZIC).

Dans le graphique B1, nous pouvons voir les courbes d'évolution des scores d'intelligibilité en fonction du filtre appliqué. Nous observons la moyenne des scores ainsi que les écart-types pour chaque condition : pour le groupe A en vert, en violet pour le groupe ØZIC.

D'après ce graphique, le score moyen maximal semble être atteint en condition filtrée passe-bas à 4000 Hz pour le groupe ZIC (84,65%). En effet, la courbe semble saturer ou légèrement diminuer après cette fréquence.

En revanche, les scores semblent augmenter progressivement en élargissant la bande passante pour le groupe ØZIC. Le score moyen maximal est atteint en condition non filtrée (89,69%).



Graphique B1 : Evolution de l'intelligibilité en fonction des conditions de filtrage chez les ME avec ZIC ($n = 17$) et chez les ME sans ZIC ($n = 20$). Les courbes en vert clair ($n=8$) et violet clair ($n=3$) représentent les sujets avec un profil en pic.

	ME avec ZIC (n = 17)
Moyenne LP 4000 ± écart type (%)	84,65 ± 7,91
Moyenne NON FILTRE ± écart type (%)	83,09 ± 9,03
Résultat (p)	0,129163998
Significativité	NON

Tableau B1 : *Résultat du test de Student entre passe-bas à 4000 Hz et non filtré pour le groupe ZIC (n = 17).*

Après avoir vérifié que notre échantillon suit une loi Normale à l'aide d'un test de Shapiro-Wilk, nous regardons si les scores en condition non filtrée sont différents de ceux obtenus en filtrée passe-bas 4000 Hz. Le test de Student nous indique qu'il n'y a pas de différence significative entre ces deux conditions ($p=0.129$).

Contrairement aux sujets ayant des ZIC, les ME du groupe ØZIC (sans ZIC) montrent une amélioration significative entre le filtre passe-bas 4000 Hz et la condition non filtrée (Tableau B2).

	ME sans ZIC (n = 20)
Moyenne LP 4000 ± écart type (%)	86,4 ± 8,05
Moyenne NON FILTRE ± écart type (%)	89,69 ± 8,07
Résultat (p)	0,001698652
Significativité	OUI

Tableau B2 : *Résultat du test de Student entre passe-bas 4000 Hz et non filtré pour le groupe ØZIC (n = 20).*

Après vérification de la normalité de notre échantillon (groupe ØZIC), nous observons que l'intelligibilité obtenue en vocale non filtrée est significativement meilleure qu'en vocale filtrée passe-bas 4000 Hz ($p<0.05$).

Le tableau B3 confirme ces deux précédents résultats : l'amélioration d'intelligibilité (entre passe-bas 4000 Hz et non filtré) est significativement plus grande pour le groupe ØZIC ($p=0.00315$).

Condition	NON FILTRE - LP 4000
Moyenne ME avec ZIC \pm écart type (%)	-1,56 \pm 5,5
Moyenne ME sans ZIC \pm écart type (%)	3,28 \pm 4,64
Résultat	0,003148465
Significativité	OUI

Tableau B3 : *Résultat du test de Student concernant l'évolution d'intelligibilité entre passe-bas 4000 Hz et non filtré entre le groupe ZIC ($n = 17$) et le groupe ØZIC ($n = 20$).*

D'une manière plus globale, regardons les profils des ME du groupe ZIC et du groupe ØZIC.

Dans le groupe ZIC, 8 sujets sur 17 présentent un pattern en pic : le score en condition non filtrée est inférieur au score en condition filtrée passe-bas à 4000 Hz. Dans le groupe ØZIC, 3 patients sur 20 ont un profil en pic.

Test Khi2	ME AVEC ZIC ($n = 17$)	ME SANS ZIC ($n = 20$)	Résultat et Significativité
ME avec pattern en pic	8	3	0.033486295924743
ME n'ayant PAS de pattern en pic	9	17	OUI

Tableau B4 : *Résultat du test de Khi2 pour les profils de patients selon les groupes.*

Le tableau de contingence (Tableau B4) montre qu'il y a significativement plus de ME avec ZIC qui ont un profil en pic par rapport aux ME sans ZIC ($p=0.033487$). Vérifions maintenant si cette dégradation d'intelligibilité est significative dans chaque groupe.

De la même manière que pour les annexes 1A à 1D, les annexes 2A, 2B, 2C, 2D montrent les matrices de confusions pour le groupe ZIC et le groupe ØZIC dans les 4 conditions de filtrage testées.

Nous constatons en condition non filtrée que le groupe ØZIC commet moins de confusions que le groupe ZIC sur les logatomes aSa, aFa, aZa et aVa. Le groupe ZIC confond plus souvent le logatome aSa avec aCHa, aFa avec aCHa, aZa avec aJa et aVa avec aZa. Ceci pourrait être expliqué par des pertes auditives plus importantes sur les hautes fréquences dans le groupe ZIC que dans le groupe ØZIC.

-Plus grosse chute d'intelligibilité dans le groupe ZIC (n = 17)

Parmi les patients avec ZIC, Monsieur A présente la plus grosse chute d'intelligibilité (- 15,625%) entre le filtre passe-bas 4000 Hz et la vocale non filtrée. Le tableau B5 présente les scores du patient A pour ces deux conditions de filtrage.

Condition	LP 4000	NON FILTRE
Intelligibilité	93,75%	78,125%
Nombre de logatomes justes	60	50

Tableau B5 : *Intelligibilité et nombre de logatomes justes en fonction de la condition de filtrage pour le patient A.*

D'après les résultats du tableau B6 (test de Fisher-Snedecor), la dégradation d'intelligibilité lors du passage en condition non filtrée est significative ($p=0.02011$).

Condition	LP 4000	NON FILTRE	Résultat et Significativité
Nombre de logatomes justes	60	50	0.020108865294456
Nombre de logatomes faux	4	14	OUI

Tableau B6 : *Résultat du test de Fisher-Snedecor pour les conditions passe-bas 4000 Hz et non filtrée concernant le patient A.*

Sur les 8 patients qui ont un pattern en pic dans le groupe ZIC, la chute d'intelligibilité est en moyenne de 5,86% pour un écart-type de 4,7%. Parmi ces 8 sujets qui présentent une baisse de compréhension, seul M. A démontre une diminution de scores significative entre LP-4000 et NON FILTRE.

-Plus grosse chute d'intelligibilité dans le groupe ØZIC (n = 20)

La plus grosse baisse d'intelligibilité concernant le groupe ØZIC est de -4,7%. Monsieur B passe de 79,6875% de compréhension en vocale filtrée passe-bas 4000 Hz à 75% de compréhension en condition non filtrée. Cette diminution de compréhension n'est pas significative ($p=0.673$).

Condition	AMP LP 4000	AMP NON FILTRE	Résultat et Significativité
Nombre de logatomes justes	51	48	0.67329297879991
Nombre de logatomes faux	13	16	NON

Tableau B7 : *Résultat du test de Fisher chez M. B qui présente la plus grosse chute entre filtre passe-bas 4000 Hz et non filtré.*

Les deux autres patients du groupe ØZIC présentant un profil en pic, montrent une baisse de compréhension moins importante. Ainsi, les 3 patients ayant un pattern en pic dans le groupe ØZIC ne montrent pas de chute significative de la compréhension.

Il est à noter que 4 patients testés positifs au TEN test n'ont pas montré de décalage de pic au test des CAP (pic centré sur la fréquence du bip testé). Ils ont donc été inclus dans le groupe ØZIC. Ces 4 sujets présentent tous un profil progressif (maximum atteint en condition non filtrée).

c) Corrélation entre la fréquence de coupure d'une ZIC et l'évolution d'intelligibilité

Afin de voir s'il existe un lien entre la fréquence de coupure de la ZIC (F_c) et l'évolution d'intelligibilité entre le filtre passe-bas 4000 Hz et la vocale non filtrée, nous avons calculé le coefficient de corrélation reliant ces deux variables. Ce coefficient de corrélation vaut 0.227547.

Test de corrélation entre F_c et évolution de compréhension	
Coefficient de corrélation (r)	0.227547
Résultat et significativité (p)	0.37975741485311

Tableau B9 : *Résultat du test de corrélation de Pearson chez les patients avec ZIC.*

Le tableau B9 montre qu'il n'existe pas de corrélation significative entre F_c et l'évolution de compréhension ($p=0.37975$). Nous ne retrouvons pas de relation entre ces deux variables contrairement à certaines études (Vickers, Baer).

d) Comparaison des scores d'intelligibilité à J1MOIS

Parmi les 9 patients testés à J0 et J1MOIS, 6 possèdent des ZIC et 3 n'en possèdent pas. De par notre faible effectif, nous avons dû utiliser un test de Wilcoxon pour comparer nos résultats à J0 et J1MOIS.

Test Wilcoxon	AMP NON FILTRE	Résultat et Significativité
Moyenne \pm écart type (%) à J0	85,42 \pm 11,61	0.10517195130866
Moyenne \pm écart type (%) à J1MOIS	87,85 \pm 11,58	NON

Tableau B8 : *Résultat du test de Wilcoxon pour la condition non filtrée entre J0 et J1MOIS.*

Les scores augmentent en moyenne de 2,4% au bout d'un mois en condition non filtrée. Cette augmentation n'est pas significative ($p=0.105$) pour les vocales non filtrées à J0 (85,42%) et à J1MOIS (87,85%). Les différences ne sont pas significatives non plus pour les 3 autres conditions : filtrée passe-bas 1000 Hz, 2000 Hz et 4000 Hz.

DISCUSSION

a) L'amplification

Nous avons vu que l'amplification par bande de fréquences améliore la compréhension même pour les patients ayant un profil en pic. L'amplification d'une ZIC donnera de meilleurs scores d'intelligibilité que si nous n'amplifions pas. Cependant, pour certains malentendants, le maximum d'intelligibilité est atteint pour des bandes passantes plus étroites (filtre passe-bas 4000 Hz). Il faut donc se servir de ces informations pour proposer un appareillage efficace et confortable pour le patient.

b) Différences entre NE et ME

En apportant de l'audibilité grâce à l'amplification, les scores de compréhension restent plus faibles chez les ME que chez les NE. Le gain apporté sur les hautes fréquences ne permet pas au ME de retrouver une audition normale d'où la différence d'intelligibilité. Les scores sont sensiblement identiques en condition filtrée passe-bas à 1000 Hz. Nous pouvons expliquer cette similitude du fait que les ME de notre panel ont en moyenne des seuils compris entre 0 et 20 dB pour les fréquences inférieures à 1000 Hz.

c) L'effet d'acclimatation auditive

Sur les 9 patients testés à J0 et J1MOIS, nous avons noté une augmentation des scores au bout d'un mois (+2,4%) mais cet effet d'acclimatation auditive n'est pas significatif. Plusieurs facteurs peuvent expliquer le fait que cette amélioration soit non significative comme le faible nombre de sujets ou encore que tous les patients n'étaient pas nouvellement appareillés.

d) Différences entre le groupe ZIC et le groupe ØZIC

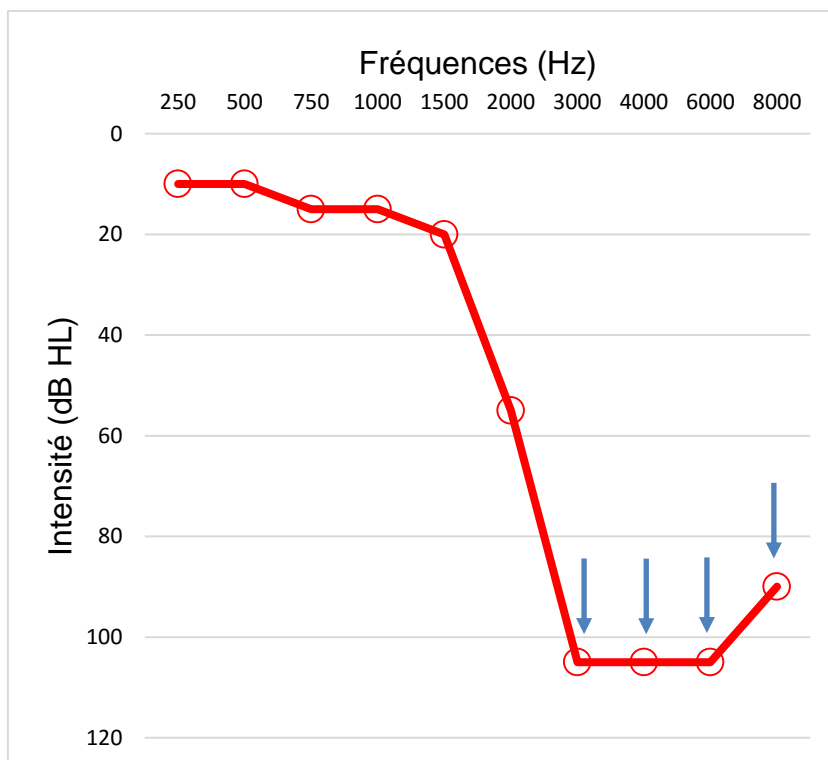
Concernant le groupe ZIC, les ME ne présentent pas d'amélioration ni de dégradation de la compréhension (-1,56% soit 1 logatome de plus mal répété en condition non filtrée) entre la vocale amplifiée et filtrée passe-bas à 4000 Hz et la vocale amplifiée et non filtrée. Le groupe ZIC semble donc atteindre un plateau d'intelligibilité à partir de 4000 Hz. Le groupe ØZIC montre en moyenne une augmentation significative des scores (+3,28%) en augmentant la bande passante. Un seul patient du groupe ZIC a montré une chute d'intelligibilité significative.

De manière générale, les ME sans ZIC semblent mieux bénéficier de l'apport des hautes fréquences que les ME avec ZIC pour la compréhension de la parole dans le silence.

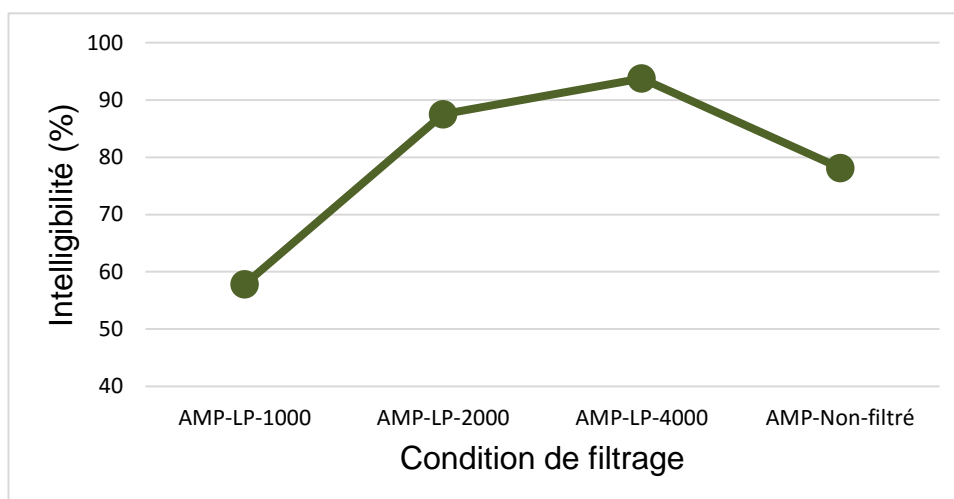
Au vu des résultats très hétérogènes, il semblerait difficile d'établir un profil particulier pour les sujets avec des ZIC. Nous allons donc regarder de plus près deux cas particuliers de patients présentant des pertes auditives proches sur les aigües. Ces ME ont des résultats identiques au TEN test mais ont des scores de compréhension très différents : l'un possède un profil en pic (sujet A), l'autre a un profil à amélioration progressive (sujet D).

-Cas du patient A

Monsieur A est un patient du groupe ZIC. Il a 66 ans et a été testé sur l'oreille droite. Les résultats du TEN test nous indiquent une présence de ZIC à partir de 3000 Hz :



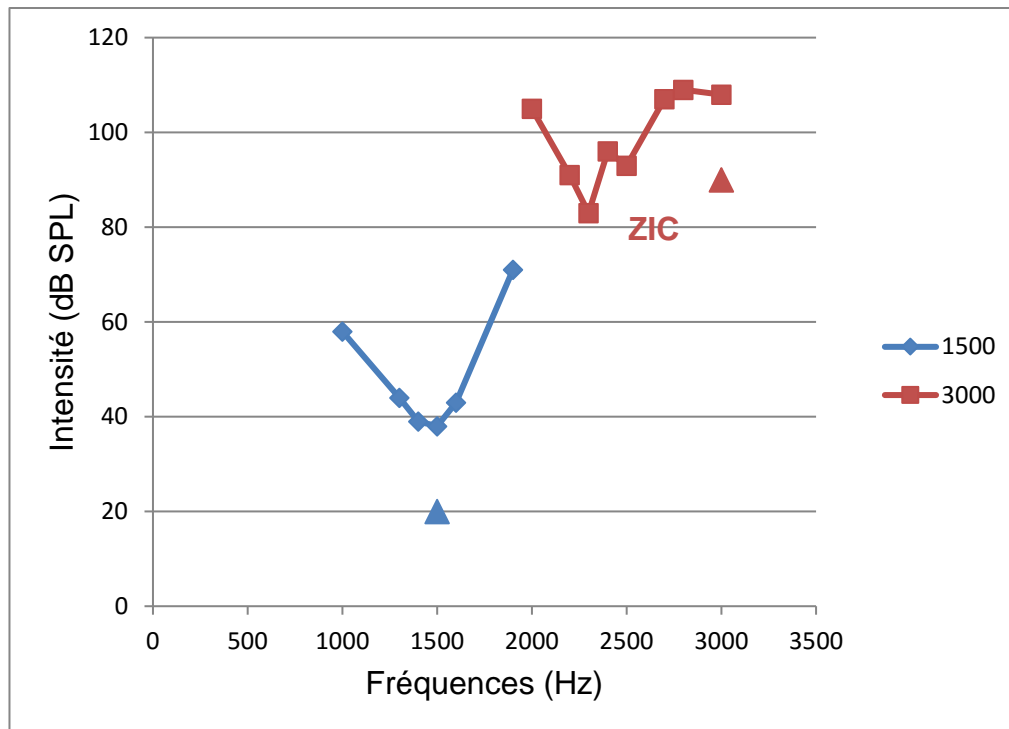
Seuils auditifs liminaires
oreille droite de M. A. Les ↓
indiquent une ZIC dépistée
au TEN test.



Evolution
d'intelligibilité chez
M. A.

Il s'agit du patient qui présente la plus grosse chute d'intelligibilité (-15,625%).

Rappelons qu'il est le seul sujet à présenter une dégradation de la compréhension significative (voir p.40).



CAP de M. A pour les fréquences 1500 et 3000 Hz. Les \triangle correspondent aux fréquences et intensités du Bip (son pur) testé.

D'après le test des CAP, la fréquence de coupure de la ZIC se situe à 2,3 kHz.

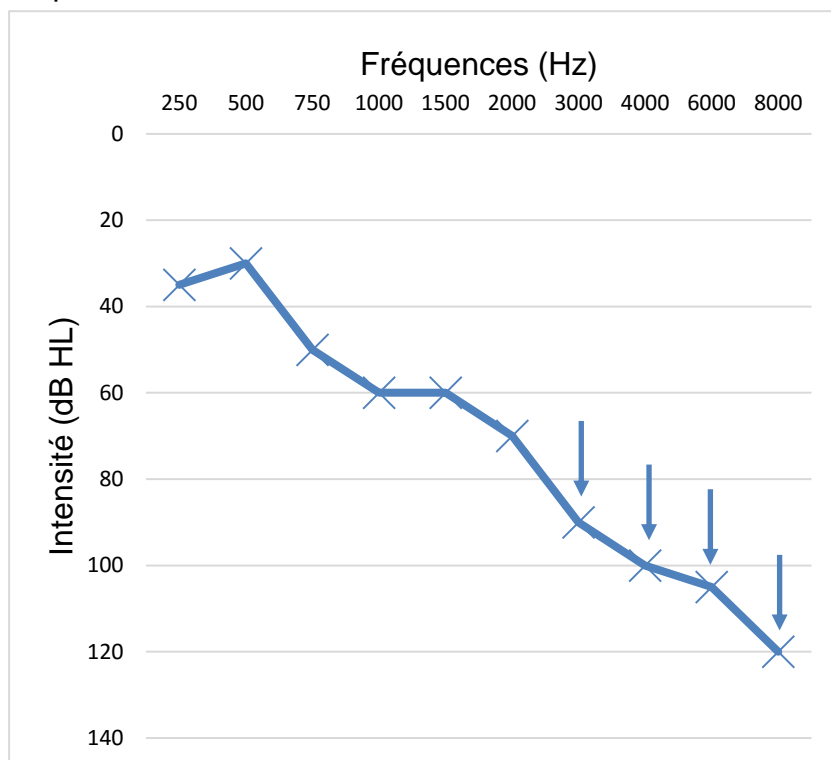
Ces résultats se rapprochent de ceux obtenus par Vickers et al. en 2001 (pic d'intelligibilité atteint à $1,7 \cdot F_c$, dégradation au-delà).

L'annexe 3 montre les matrices de confusions de M. A pour les conditions AMP LP 4000 et AMP NON FILTRE. Nous pouvons voir les erreurs commises au niveau des phonèmes ainsi que les différences entre ces deux conditions.

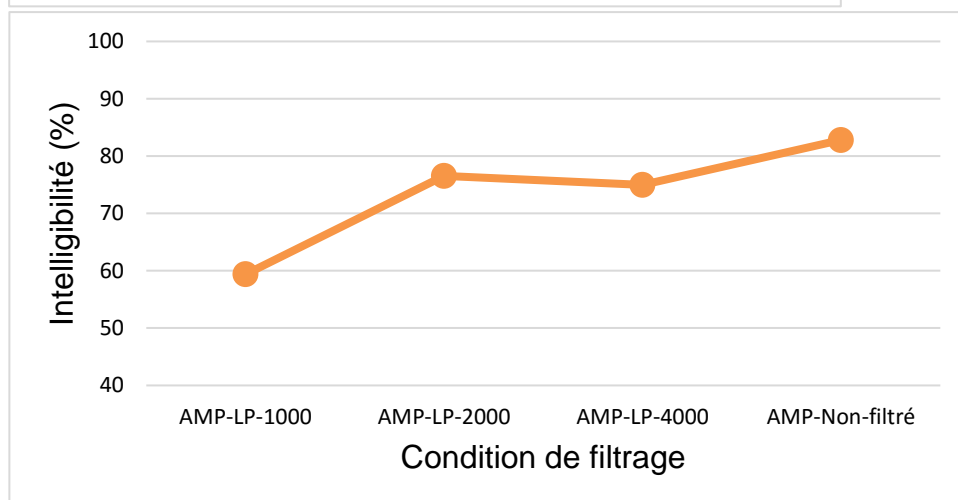
M. A a commis plus d'erreurs sur les logatomes aTa, aGa, aSa, aFa, aZa et aVa en condition non filtrée. Il ne semble pas pouvoir utiliser l'information des hautes pour la compréhension. Au contraire, ces informations lui font faire plus de confusions.

-Cas du patient D

Monsieur D fait également parti du groupe ZIC. Il a 91 ans et a été testé sur l'oreille gauche. De la même manière que M. A, il a été testé positif au TEN test à partir de 3kHz :



Seuils auditifs liminaires oreille gauche de M. D. Les ↓ indiquent une ZIC dépistée au TEN test.



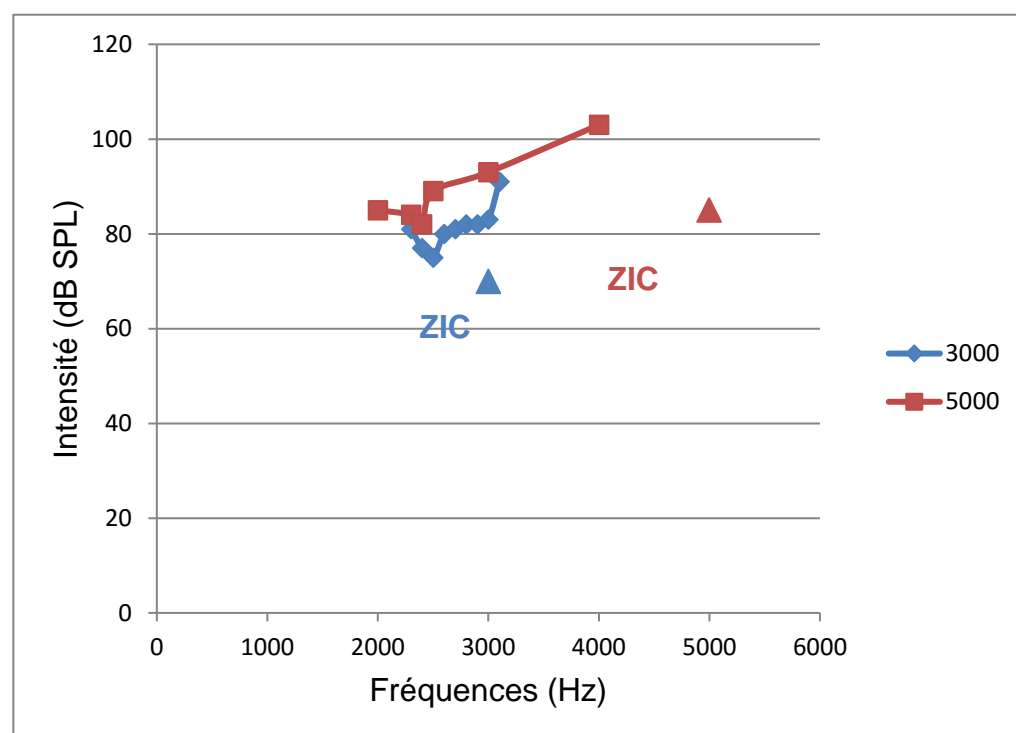
Evolution de l'intelligibilité en fonction des filtres chez M. D.

Cependant, M. D présente un profil progressif contrairement à M. A qui possède un pattern en pic. M. D voit son intelligibilité augmentée de 7,8125% entre le filtre passe-bas à 4000 Hz et la condition non filtrée. Il est le patient du groupe ZIC qui présente la plus grande progression.

Conditions	AMP LP 4000	AMP NON FILTRE	Résultat et Significativité
Nombre de logatomes justes	48	53	0.38645790981524
Nombre de logatomes faux	16	11	Non

Tableau C : *Résultat du test de Fisher chez M. D qui présente la plus grosse progression entre filtre passe-bas 4000 Hz et non filtré.*

Le test de Fisher nous indique que cette progression n'est pas significative ($p=0.38645$).



CAP de M. D pour les fréquences 3000 et 5000 Hz. Les \triangle correspondent aux fréquences et intensités du Bip (son pur) testé.

Le test des CAP montre que la fréquence de coupure de la ZIC se situe à 2400 Hz. Les résultats de M. D se rapprochent de ceux obtenus par Cox et al. (2012).

Les profils de M. D et M. A sont très proches (pertes auditives similaires, résultats du TEN test et Fc identiques) mais leurs scores et leur évolution d'intelligibilité s'opposent (dégradation/amélioration de la compréhension). Il semble donc difficile de définir un profil de compréhension de la parole pour tous les sujets atteints de ZIC.

L'hétérogénéité des résultats des précédentes études (Vickers, Cox, Preminger, Mackersie) témoignent bien de la difficulté de comprendre comment évolue l'intelligibilité chez un patient possédant une (des) ZIC. Même si l'audiogramme apporte d'importantes informations pour le choix d'un appareillage (Padilha et al. 2007), il est difficile de définir et d'utiliser une méthode spécifique pour ce type de malentendants.

e) Facteurs expliquant la dégradation d'intelligibilité

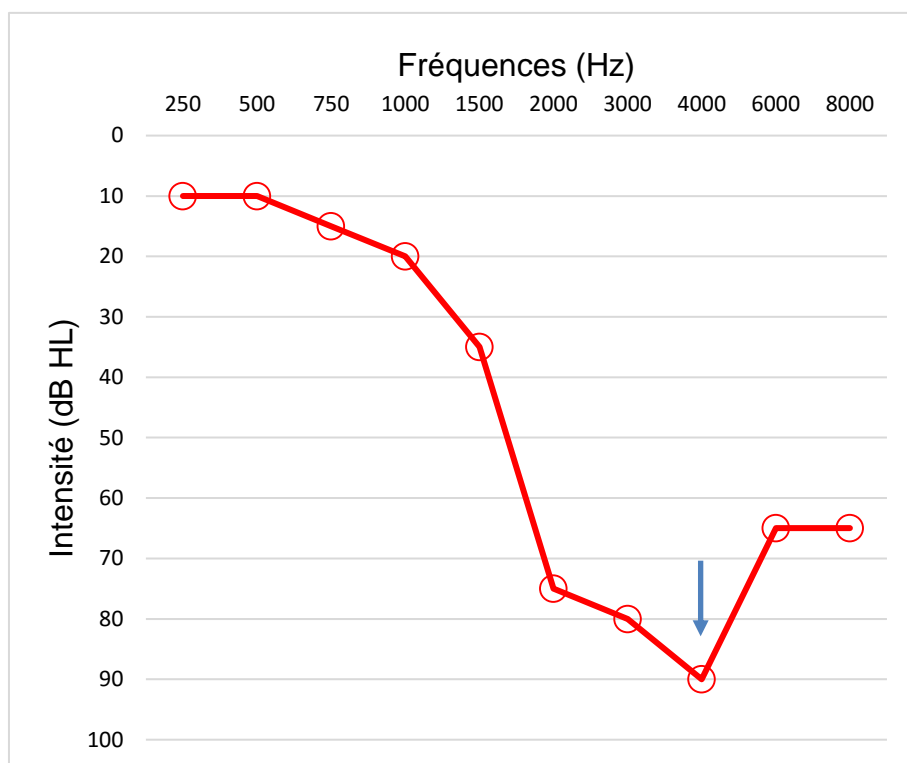
En 2001 et 2002, Vickers et Baer ont trouvé une relation entre la fréquence de coupure de la ZIC et le maximum d'intelligibilité obtenu chez 10 ME avec ZIC. Selon eux, ce pic de compréhension est atteint à $1,7 \cdot F_c$ pour des tests vocaux dans le bruit et dans le silence. Au-delà de cette limite, les scores n'augmentent plus, ils restent constants mais peuvent également chuter dans certains cas.

Nous n'avons pas retrouvé ce type de relation entre Fc et l'évolution des scores d'intelligibilité. De plus, selon Cox (2012), les ME avec ZIC (n=18) ont de meilleurs scores en condition non filtrée même si cette amélioration est moins importante que pour les ME sans ZIC. En 2015, Pepler et al. ont montré que les sujets atteints de ZIC (n=18) bénéficient tous de l'apport des hautes fréquences de la même manière que les ME sans ZIC.

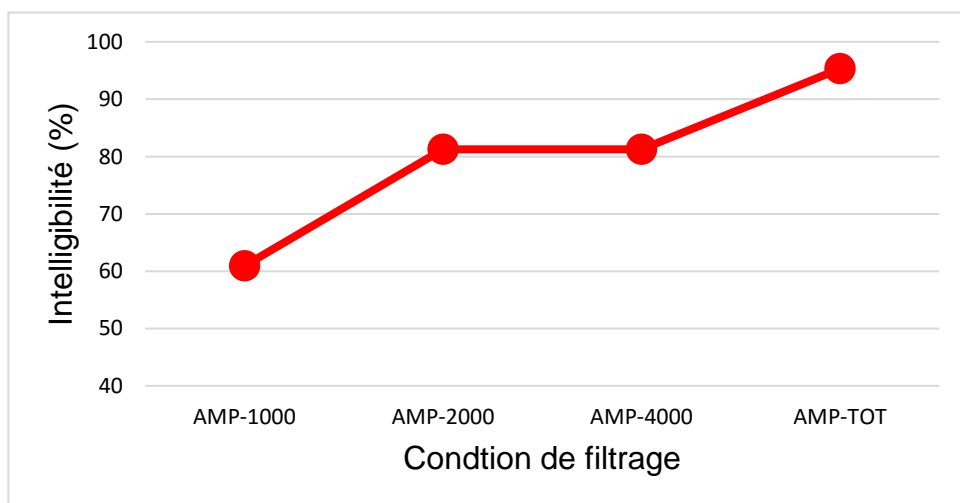
Dans notre étude, nous avons remarqué des profils de compréhension différents pour des ME ayant des pertes auditives proches. Il semble donc difficile de prédire l'évolution de la compréhension chez un ME présentant des ZIC.

Monsieur I est un exemple de cette difficulté de prédiction. Sur l'audiogramme de M. I, nous pouvons suspecter la présence de ZIC (seuils élevés sur les aigües).

Le TEN test nous indique une ZIC à 4 kHz :



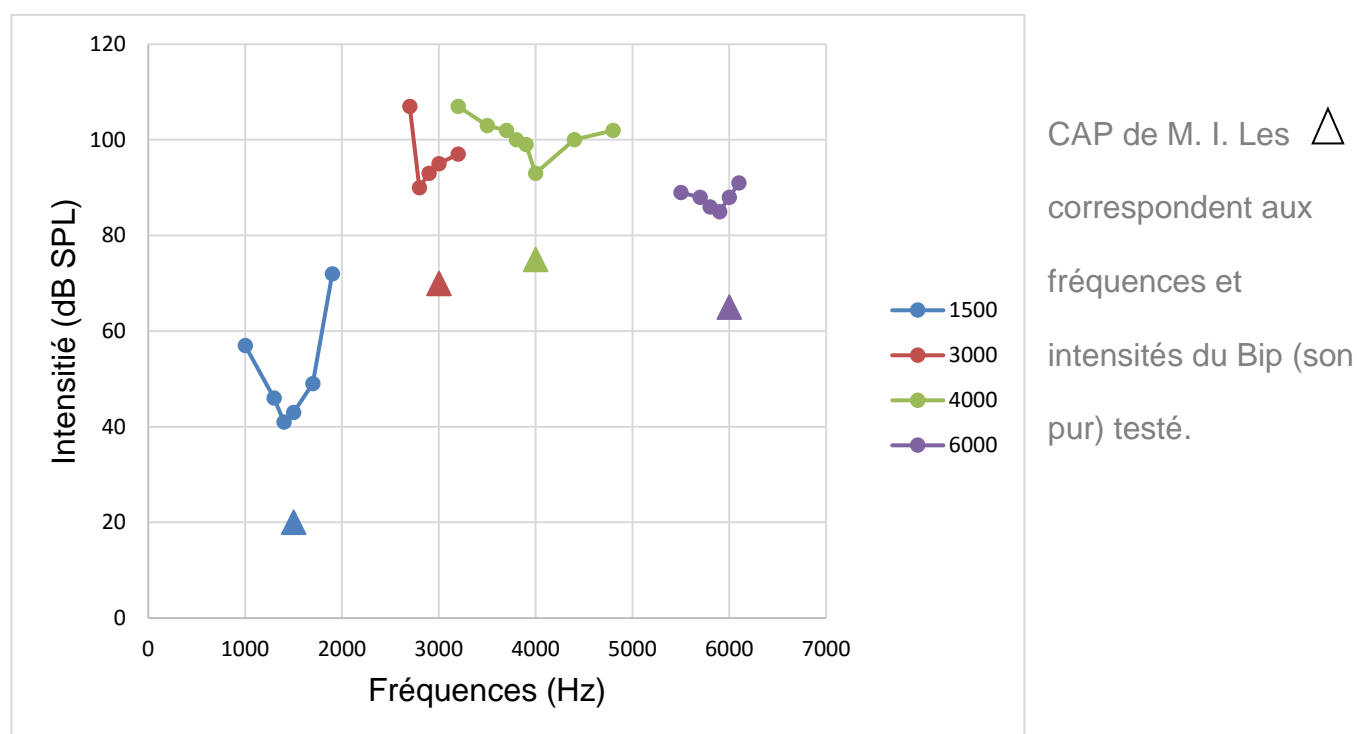
Seuils auditifs liminaires oreille droite de M. I. La ↓ indique une ZIC dépistée au TEN test.



Evolution des scores d'intelligibilité chez M. I.

M. I présente un profil progressif au niveau de la compréhension et obtient un maximum d'intelligibilité de 93,125% en condition amplifiée et non filtrée.

La ZIC dépistée au TEN test a été infirmée par le test des CAP qui n'a pas décelé de décalage de pic.



En utilisant l'audiogramme, l'audioprothésiste aurait été amené à utiliser la compression ou transposition fréquentielle de l'aide auditive.

Cependant, les tests vocaux montrent que M. I utilise de manière bénéfique les fréquences aigües pour la compréhension (+14%).

Lors d'un premier essai, nous avons activé le système de compression fréquentielle dans les appareils de M. I. Après s'être plaint du niveau de confort et d'une mauvaise compréhension, nous avons réalisé nos différents tests afin de comprendre l'évolution d'intelligibilité chez M. I. Les résultats des vocales filtrées nous laissent penser que M. I gagnerait en confort sans compression fréquentielle.

En désactivant tout système de compression fréquentielle, M. I a reconnu être moins gêné et mieux comprendre.

Les listes de logatomes filtrées et amplifiées sont des outils pour prédire l'amélioration possible d'intelligibilité en fonction de la bande passante. Ces résultats permettront de régler et affiner au mieux les appareils du patient (utilisation ou non de la compression fréquentielle et avec quel rapport de compression).

En utilisant ces tests, nous aurons une indication si le sujet supporte l'amplification des aigües. Si le patient tolère le gain, il devra néanmoins s'habituer à cette amplification au cours du temps grâce au port d'appareils auditifs.

Les listes amplifiées et filtrée passe-bas 4000 Hz et non filtrée durent 5 minutes chacune par oreille. Ce sont donc des tests faciles, rapides à mettre en place et peuvent s'avérer utiles pour l'appareillage du malentendant.

f) Limites et perspectives de l'étude

Pour connaître le pic d'intelligibilité avec plus de précision, il aurait fallu réaliser plus de listes de vocales filtrées passe-bas avec des fréquences de coupure différentes (à 3000, 5000, 6000 Hz). En revanche, cela prendrait plus de temps ; il serait judicieux de raccourcir les listes de logatomes à 16 mots au lieu de 64.

Il serait aussi intéressant de tester la compréhension des ME dans le bruit. En effet, selon Mackersie et al. et Preminger et al. (2004, 2005), les ME sans ZIC bénéficient plus des hautes fréquences que les ME avec ZIC pour la compréhension dans le bruit. De plus, la plupart des études démontrent que les ME avec ZIC utilisent plus difficilement l'information des hautes fréquences dans les situations bruyantes que dans le silence.

CONCLUSION

Les vocales amplifiées et filtrées ont mis en évidence que les ME sans ZIC obtiennent de meilleurs scores en condition non filtrée qu'en condition filtrée. Cependant, les ME avec ZIC ne présentent pas d'amélioration significative et obtiennent un maximum d'intelligibilité pour la vocale amplifiée et filtrée passe-bas à 4000 Hz. L'amplification des fréquences supérieures à 4000 Hz n'entraîne pas non plus de dégradation de la compréhension. Les ME avec ZIC ne semblent donc pas bénéficier de l'apport de hautes fréquences mais ne montrent pas de dégradation d'intelligibilité pour autant.

Aucune corrélation entre la fréquence de coupure de la ZIC et l'évolution des scores d'intelligibilité n'a été mise en évidence.

Chez les ME avec ZIC, des cas étonnants comme M. A et M. D incitent à regarder l'évolution de la compréhension au cas par cas.

Par conséquent, les résultats des tests vocaux amplifiés et filtrés donnent des informations utiles quant aux possibilités de réglages des aides auditives. De plus ces tests peuvent prédire pour chaque malentendant l'amélioration d'intelligibilité due à l'amplification en s'affranchissant de l'effet d'acclimatation auditive.

Le Maître De Mémoire :
M. David COLIN

VU et PERMIS D'IMPRIMER
LYON, le 14 Octobre 2016

Stéphane GALLEGO
Directeur Délégué à l'Enseignement
d'Audioprothèse

BIBLIOGRAPHIE

- Arkis P, Burkey J. What WRS say about client performance. Adjustements to hearing aids. Word recognition scores: do they support adaptation? Hearing Instrument, 1994, 45(1), 24-25.
- Arlinger S, Gatehouse S, Bentler R A, Byrne D, Cox R M, Dirks D, Humes L, Neuman A, Ponton C, Robinson K, Silman S, Summerfield A Q, Turner C W, Tyler R S, and Willott J F. Report of the Eriksholm Workshop on Auditory Deprivation and Acclimatization. Ear Hear 1996; 17; 87S-98S.
- Aazh H, Moore BC : Dead regions in the cochlea at 4 kHz in elderly adults: relation to absolute threshold, steepness of audiogram, and pure-tone average. J Am Acad Audiol. 2007 Feb;18(2):97-106.
- Baer T, Moore BC, Kluk K : Effects of low pass filtering on the intelligibility of speech in noise for people with and without dead regions at high frequencies. J Acoust Soc Am. 2002 Sep ;112(3 Pt 1) :1133-44.
- Bentler RA, Niebuhr DP, Getta JP, Anderson CV. Longitudinal study of hearing aid effectiveness I: Objective measures. J Speech Hear Res. 1993 Aug;36(4):808-19
- Byrne D, Dillon H, Tran k, Arlinger S, Wilbraham K, Cox R, Hagerman B, Hetu R, Kei J, Lui C, Kiessling J, Kotby MN, Nasser NHA, El Kholy WAH, Nakanishi Y, Oyer H, Powell R, Stephens D, Meredith R, Sirimanna T, Tavartkiladze G, Frolenkov GI, Westerman S, Ludvigsen C. An international comparaison of long-term average speech spectra. J Acoust Soc Am :96 : 2108-20, 1994.
- Collège National d'Audioprothèse : Précis d'Audioprothèse Tome 1 : L'appareillage de l'adulte. Le bilan d'orientation prothétique. P.158-159. Les Editions du Collège National d'Audioprothèse. 2006.
- Collège National d'Audioprothèse : d'Audioprothèse Tome 2 : L'appareillage de l'adulte. Le choix prothétique P.81-82. Les Editions du Collège National d'Audioprothèse.
- Cox RM, Alexander GC. Maturation of hearing aid benefit: objective and subjective measurements. Ear Hear. 1992 Jun;13(3):131-41.
- Cox RM, Alexander GC, Taylor IM, Gray GA. Benefit of acclimatization in elderly hearing aid users. J Am Acad Audiol. 1996 Dec;7(6):428-41.
- Cox RM, Alexander GC, Johnson J, Rivera I : Cochlear dead regions in typical hearing aid candidates: prevalence and implications for use of high-frequency speech cues. Ear Hear. 2011 May-Jun;32(3):339-48.

- Cox RM, Ph.D., Jani A. Johnson, Au.D., Ph.D., and Genevieve C. Alexander, M.A. Implications of High-Frequency Cochlear Dead Regions for Fitting Hearing Aids to Adults with Mild to Moderately-Severe Hearing Loss. *Ear Hear.* 2012 September ; 33(5): 573–587. doi:10.1097/AUD.0b013e31824d8ef3.
- Dawes P, Munro KJ, Kalluri S, Edwards B. Acclimatization to Hearing Aids. *Ear Hear.* 2013 Dec 17.
- Delemps B, Jouffrey L (dir.). Evolution de l'utilisation des hautes fréquences dans la compréhension de la parole lors d'une réhabilitation auditive. Mémoire d'audioprothèse, Lyon : Université Claude Bernard Lyon 1, 2013.
- De Gouy P, Colin D (dir.). Etude longitudinale de l'utilisation des hautes fréquences suite à un appareillage auditif et analyse des confusions phonétiques. Mémoire d'audioprothèse, Lyon : Université Claude Bernard Lyon 1, 2015.
- Gatehouse S. The time course and magnitude of perceptual acclimatization to frequency responses: evidence from monaural fitting of hearing aids. *J Acoust Soc Am.* 1992 Sep;92(3):1258-68.
- Gatehouse S. Role of perceptual acclimatization in the selection of frequency responses for hearing aids. *J Am Acad Audiol.* 1993 Sep;4(5):296-306.
- Glasberg B.R, Moore B.C.J, Mechanisms underlying the frequency discrimination of pulsed tones and the detection of frequency modulation, *J. Acoust. Soc. Am.* 86: 1722-1732 (1989).
- Gordo A, Martinelli Iório MC. Dead regions in the cochlea at high frequencies: implications for the adaptation to hearing aids. *Braz J Otorhinolaryngol.* 2007 May-Jun;73(3):299-307.
- Granier C, Jouffrey L (dir.). Etude longitudinale de l'intelligibilité dans les hautes fréquences lors d'une réhabilitation auditive. Mémoire d'audioprothèse, Lyon : Université Claude Bernard Lyon 1, 2014.
- Hogan CA, Turner CW. High-frequency audibility: benefits for hearing-impaired listeners. *J Acous Soc Am*, 104(1) (July 1998), pp. 432-441.
- Hornsby BW, Dundas JA. Factors affecting outcomes on the TEN (SPL) test in adults with hearing loss. *J Am Acad Audiol.* 2009 Apr;20(4):251-63.
- Horwitz AR, Turner CW. The time course of hearing aid benefit. *Ear Hear.* 1997 Feb;18(1):1-11.
- Horwitz AR, Ahlstrom JB, Dubno JR. Factors affecting the benefits of high-frequency amplification. *J Speech Lang Hear Res.* 2008; 51: 798-813

- Humes LE, Wilson DL, Barlow NN, Garner CB, Amos N. Longitudinal changes in hearing aid satisfaction and usage in the elderly over a period of one or two years after hearing aid delivery. *Ear Hear.* 2002 Oct;23(5):428-38.
- Kappel V, Moreno AC, Buss CH. Plasticity of the auditory system: theoretical considerations. *Braz J Otorhinolaryngol.* 2011 Sep-Oct;77(5):670-4.
- Kluk K, Moore BC. Factors affecting psychophysical tuning curves for hearing-impaired subjects with high-frequency dead regions. *Hear Res.* 2005 Feb;200(1-2):115-31.
- Liberman MC, Dodds LW. Single-neuron labeling and chronic cochlear pathology. III. Stereocilia damage and alterations of threshold tuning curves. *Hear Res.* 1984 Oct;16(1):55-74.
- Lippmann RP. Accurate consonant perception without mid-frequency speech energy. *IEEE Trans Speech Audio Process.* 1996;4:66-9.
- Mackersie CL, Crocker TL, Davis RA. Limiting high-frequency hearing aid gain in listeners with and without suspected cochlear dead regions. *J Am Acad Audiol.* 2004 Jul-Aug;15(7):498-507.
- Malinoff RL, Weinstein BE. Measurement of hearing aid benefit in the elderly. *Ear Hear.* 1989 Dec; 10(6):354-6.
- McDermott HJ, Lech M, Kornblum MS, Irvine DR. Loudness perception and frequency discrimination in subjects with sloping hearing loss: possible correlates of neural plasticity. *J Acoust Soc Am.* 1998 Oct; 104(4):2314-25.
- Moore BC, Huss M, Vickers DA, Glasberg BR, Alcántara JI : A test for the diagnosis of dead regions in the cochlea. *Br J Audiol.* 2000 Aug;34(4):205-24.
- Moore BC : Dead Regions in the Cochlea : Diagnosis, Perceptual Consequences, and Implications for the Fitting of Hearing Aids. *Trends Amplif.* 2001 Mar; 5(1): 1–34.
- Moore BCJ, Vinay SN. Enhanced discrimination of low-frequency sounds for subjects with high-frequency dead regions. *Brain*, 132(Pt 2) (Feb 2009), pp.524-536.
- Mulrow CD, Tuley MR, Aguilar C. Sustained benefits of hearing aids. *J Speech Hear Res.* 1992 Dec;35(6):1402-5.
- Padilha C, Garcia MV, Costa MJ. Diagnosing cochlear "dead" regions and its importance in the auditory rehabilitation process. *Braz J Otorhinolaryngol.* 2007 Jul-Aug;73(4):556-61.
- Pepler A, Lewis K, Munro KJ. Adult hearing-aid users with cochlear dead regions restricted to high frequencies: Implications for amplification. *Int J Audiol.* 2016 Jan;55(1):20-9. doi: 10.3109/14992027.2015.1074294. Epub 2015 Oct 13.

- Peters RW, Moore BC. Auditory filter shapes at low center frequency in young and early hearing-impaired subjects. *J Acoust Soc Am* 1992. 91, 256-66.
- Preminger JE, Carpenter R, Ziegler CH. A clinical perspective on cochlear dead regions: intelligibility of speech and subjective hearing aid benefit. *J Am Acad Audiol*. 2005 Sep;16(8):600-13; quiz 631-2.
- Rajan R, Irvine DR, Wise LZ, Heil P. Effect of unilateral partial cochlear lesions in adult cats on the representation of lesioned and unlesioned cochleas in primary auditory cortex. *J Comp Neurol*. 1993 Dec 1;338(1):17-49.
- Seldran F, Hung Thai-Van, Eric Truy, Christian Berger-Vachon, Lionel Collet, Stéphane Gallego. A Filtered Speech Test to Better Evaluate Electric Acoustic Stimulation (EAS) Candidacy. *Cochlear implants international*, Vol. 11 Supplement 1, June, 2010, 130–33.
- Sek A, Alcántara J, Moore BC, Kluk K, Wicher A. Development of a fast method for determining psychophysical tuning curves. *Int J Audiol*. 2005 Jul;44(7):408-20.
- Thai-Van H, Micheyl C, Moore BC, Collet L. Enhanced frequency discrimination near the hearing loss cut-off: a consequence of central auditory plasticity induced by cochlear damage ? *Brain*. 2003 Oct; 126 (Pt 10) :2235-45.
- Thai-Van H, Micheyl C, Norena A, Veuillet E, Gabriel D, Collet L. Enhanced frequency discrimination in hearing-impaired individuals: A review of perceptual correlates of central neural plasticity induced by cochlear damage. *Hear Res*. 233(1-2) (2007), pp. 14-22.
- Vestergaard MD. Dead regions in the cochlea: implications for speech recognition and applicability of articulation index theory. *Int J Audiol*. 2003 Jul; 42(5):249-61.
- Vestergaard MD. Benefits from amplification of high frequencies in hearing impaired: aspects of cochlear dead regions and auditory acclimatization. PhD Thesis, 2004, Technical University of Denmark, Ørsted DTU, Lyngby, Denmark. p. 125
- Vickers DA, Moore BC, Baer T : Effects of low pass filtering on the intelligibility of speech in quiet for people with and without dead regions at high frequencies. *J Acoust Soc Am*. 2001 ; 110(2):1164-75.
- Warren RM, Riener KR, Bashford JA Jr, Brubaker BS. Spectral redundancy: intelligibility of sentences heard through narrow spectral slits. *Percept Psychophys*. 1995;57: 175-82.

ANNEXES

MATRICE CONFUSIONS LP-1000 (%)																
Normo-Entendants (n=15) en condition : filtré passe bas à 1000Hz																
Réponses\Lus	aPa	aTa	aKa	aBa	aDa	aGa	aMa	aNa	aLa	aRa	aCHa	aSa	aFa	aJa	aZa	aVa
aPa	67%	17%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	2%	0%	0%	0%	0%
aTa	20%	53%	38%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%
aKa	2%	5%	52%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	2%	0%	0%	0%	0%
aBa	0%	0%	0%	93%	18%	7%	2%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%
aDa	0%	0%	0%	7%	73%	32%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	5%	0%
aGa	0%	0%	0%	0%	8%	62%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	5%	0%
aMa	0%	0%	0%	0%	0%	0%	72%	20%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%
aNa	0%	0%	0%	0%	0%	0%	27%	80%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%
aLa	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	93%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%
aRa	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	95%	0%	0%	0%	0%	0%	0%
aCHa	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	2%	2%	0%	0%	0%	0%
aSa	5%	23%	10%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	80%	75%	73%	2%	0%	0%
aFa	7%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	18%	20%	27%	0%	0%	0%
aJa	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	2%	2%	0%
aZa	0%	2%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	5%	0%	0%	0%	85%	75%	63%
aVa	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	7%	0%	0%	0%	0%	12%	13%	37%
Malentendants (n=37) en condition : amplifié et filtré passe bas à 1000Hz																
Réponses\Lus	aPa	aTa	aKa	aBa	aDa	aGa	aMa	aNa	aLa	aRa	aCHa	aSa	aFa	aJa	aZa	aVa
aPa	76%	22%	3%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	1%	0%	0%	0%	0%
aTa	15%	56%	16%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	1%	0%	0%	0%
aKa	0%	14%	79%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	1%	1%	0%	0%	0%
aBa	0%	0%	0%	96%	22%	5%	0%	0%	0%	0%	1%	0%	0%	0%	1%	0%
aDa	0%	0%	0%	4%	75%	36%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	1%	3%	1%
aGa	0%	0%	0%	0%	3%	55%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	2%	0%
aMa	0%	0%	0%	0%	0%	0%	38%	7%	0%	0%	0%	1%	0%	0%	0%	0%
aNa	0%	0%	0%	0%	0%	0%	62%	93%	0%	1%	0%	0%	0%	0%	0%	0%
aLa	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	100%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%
aRa	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	96%	1%	0%	1%	0%	0%	0%
aCHa	1%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	15%	18%	16%	0%	0%	0%
aSa	7%	7%	2%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	68%	70%	63%	0%	0%	0%
aFa	1%	1%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	16%	10%	18%	0%	0%	0%
aJa	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	3%	1%	0%
aZa	0%	0%	0%	0%	0%	3%	0%	0%	0%	1%	0%	0%	0%	87%	88%	79%
aVa	0%	0%	0%	0%	0%	1%	0%	0%	0%	2%	1%	0%	0%	9%	4%	20%
Différence Normo-Entendants - Malentendants																
Réponses\Lus	aPa	aTa	aKa	aBa	aDa	aGa	aMa	aNa	aLa	aRa	aCHa	aSa	aFa	aJa	aZa	aVa
aPa	-10%	-5%	-3%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	1%	0%	0%	0%	0%
aTa	5%	-3%	22%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	-1%	0%	0%	0%
aKa	2%	-9%	-27%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	1%	-1%	0%	0%	0%
aBa	0%	0%	0%	-3%	-3%	2%	2%	0%	0%	0%	-1%	0%	0%	0%	-1%	0%
aDa	0%	0%	0%	3%	-2%	-4%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	-1%	2%	-1%
aGa	0%	0%	0%	0%	5%	6%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	3%	0%
aMa	0%	0%	0%	0%	0%	0%	34%	13%	0%	0%	0%	-1%	0%	0%	0%	0%
aNa	0%	0%	0%	0%	0%	0%	-35%	-13%	0%	-1%	0%	0%	0%	0%	0%	0%
aLa	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	-7%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%
aRa	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	-1%	-1%	0%	-1%	0%	0%	0%
aCHa	-1%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	-13%	-16%	-16%	0%	0%	0%
aSa	-2%	17%	8%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	12%	5%	10%	2%	0%	0%
aFa	5%	-1%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	3%	10%	8%	0%	0%	0%
aJa	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	-1%	0%	0%
aZa	0%	2%	0%	0%	0%	-3%	0%	0%	0%	4%	0%	0%	0%	-2%	-13%	-16%
aVa	0%	0%	0%	0%	0%	-1%	0%	0%	7%	-2%	-1%	0%	0%	2%	9%	16%

Annexe 1A : Matrices de confusions NE Vs ME pour le filtre passe-bas 1000 Hz

MATRICE CONFUSIONS LP-2000 (%)																
Normo-Entendants (n=15) en condition : filtré passe bas à 2000Hz																
Réponses\Lus	aPa	aTa	aKa	aBa	aDa	aGa	aMa	aNa	aLa	aRa	aCHa	aSa	aFa	aJa	aZa	aVa
aPa	100%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%
aTa	0%	83%	13%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	2%	0%	0%	0%	0%
aKa	0%	17%	87%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	2%	0%	0%	0%	0%
aBa	0%	0%	0%	100%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%
aDa	0%	0%	0%	0%	100%	53%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%
aGa	0%	0%	0%	0%	0%	47%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	2%	0%
aMa	0%	0%	0%	0%	0%	0%	100%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%
aNa	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	100%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%
aLa	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	100%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%
aRa	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	100%	0%	0%	0%	0%	0%	0%
aCHa	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	47%	2%	5%	0%	0%	0%
aSa	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	53%	95%	30%	0%	0%	0%
aFa	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	65%	0%	0%	0%
aJa	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	42%	0%	0%
aZa	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	58%	98%	8%
aVa	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	92%
Malentendants (n=37) en condition : Amplifié et filtré passe bas à 2000Hz																
Réponses\Lus	aPa	aTa	aKa	aBa	aDa	aGa	aMa	aNa	aLa	aRa	aCHa	aSa	aFa	aJa	aZa	aVa
aPa	83%	7%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%
aTa	5%	50%	1%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%
aKa	0%	41%	99%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	2%	1%	1%	1%	0%	0%
aBa	0%	0%	0%	99%	7%	1%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%
aDa	0%	0%	0%	1%	78%	10%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	2%	3%	0%
aGa	0%	0%	0%	0%	14%	89%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%
aMa	0%	0%	0%	0%	0%	0%	73%	1%	0%	0%	1%	0%	0%	0%	0%	0%
aNa	0%	0%	0%	0%	0%	0%	27%	99%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%
aLa	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	100%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%
aRa	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	100%	0%	0%	0%	0%	0%	0%
aCHa	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	64%	23%	13%	0%	0%	0%
aSa	8%	1%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	30%	72%	30%	0%	0%	0%
aFa	3%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	4%	4%	56%	0%	0%	0%
aJa	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	42%	7%	2%
aZa	0%	0%	0%	0%	1%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	52%	87%	42%
aVa	0%	0%	0%	1%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	3%	3%	56%
Différence Normo-Entendants - Malentendants																
Réponses\Lus	aPa	aTa	aKa	aBa	aDa	aGa	aMa	aNa	aLa	aRa	aCHa	aSa	aFa	aJa	aZa	aVa
aPa	17%	-7%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%
aTa	-5%	33%	13%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	2%	0%	0%	0%	0%
aKa	0%	-25%	-13%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	-2%	0%	-1%	-1%	0%	0%
aBa	0%	0%	0%	1%	-7%	-1%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%
aDa	0%	0%	0%	-1%	22%	43%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	-2%	-3%	0%
aGa	0%	0%	0%	0%	-14%	-43%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	2%	0%
aMa	0%	0%	0%	0%	0%	0%	27%	-1%	0%	0%	-1%	0%	0%	0%	0%	0%
aNa	0%	0%	0%	0%	0%	0%	-27%	1%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%
aLa	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%
aRa	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%
aCHa	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	-17%	-21%	-8%	0%	0%	0%
aSa	-8%	-1%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	24%	23%	0%	0%	0%	0%
aFa	-3%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	-4%	-4%	9%	0%	0%	0%
aJa	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	-7%	-2%
aZa	0%	0%	0%	0%	-1%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	6%	11%	-34%
aVa	0%	0%	0%	-1%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	-3%	-3%	36%

Annexe 1B : Matrices de confusions NE Vs ME pour le filtre passe-bas 2000 Hz

MATRICE CONFUSIONS LP-4000 (%)																
Normo-Entendants (n=15) en condition : filtré passe bas à 4000Hz																
Réponses\Lus	aPa	aTa	aKa	aBa	aDa	aGa	aMa	aNa	aLa	aRa	aCHa	aSa	aFa	aJa	aZa	aVa
aPa	98%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%
aTa	2%	97%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%
aKa	0%	3%	100%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%
aBa	0%	0%	0%	100%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%
aDa	0%	0%	0%	0%	100%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	3%	0%
aGa	0%	0%	0%	0%	0%	100%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%
aMa	0%	0%	0%	0%	0%	0%	100%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%
aNa	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	100%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%
aLa	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	100%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%
aRa	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	100%	0%	0%	0%	0%	0%	0%
aCHa	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	100%	0%	0%	0%	0%	0%
aSa	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	100%	7%	0%	0%	0%
aFa	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	93%	0%	0%	0%
aJa	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	100%	2%	0%
aZa	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	95%	0%
aVa	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	100%
Malentendants (n=37) en condition : Amplifié et filtré passe bas à 4000Hz																
Réponses\Lus	aPa	aTa	aKa	aBa	aDa	aGa	aMa	aNa	aLa	aRa	aCHa	aSa	aFa	aJa	aZa	aVa
aPa	86%	5%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%
aTa	2%	49%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%
aKa	1%	45%	100%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	3%	1%	0%	0%	0%
aBa	0%	0%	0%	100%	3%	0%	1%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%
aDa	0%	0%	0%	0%	77%	1%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	1%	1%
aGa	0%	0%	0%	0%	20%	99%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%
aMa	0%	0%	0%	0%	0%	0%	75%	1%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%
aNa	0%	0%	0%	0%	0%	0%	24%	99%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%
aLa	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	100%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%
aRa	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	100%	0%	0%	0%	0%	0%	0%
aCHa	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	100%	16%	10%	0%	0%	0%
aSa	5%	1%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	76%	28%	0%	0%	0%
aFa	5%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	5%	60%	0%	0%	0%
aJa	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	1%	100%	2%	2%
aZa	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	97%	48%
aVa	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	49%
Différence Normo-Entendants - Malentendants																
Réponses\Lus	aPa	aTa	aKa	aBa	aDa	aGa	aMa	aNa	aLa	aRa	aCHa	aSa	aFa	aJa	aZa	aVa
aPa	12%	-5%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%
aTa	0%	48%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%
aKa	-1%	-42%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	-3%	-1%	0%	0%	0%
aBa	0%	0%	0%	0%	-3%	0%	-1%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%
aDa	0%	0%	0%	0%	23%	-1%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	3%	-1%
aGa	0%	0%	0%	0%	-20%	1%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%
aMa	0%	0%	0%	0%	0%	0%	25%	-1%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%
aNa	0%	0%	0%	0%	0%	0%	-24%	1%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%
aLa	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%
aRa	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%
aCHa	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	-16%	-10%	0%	0%	0%
aSa	-5%	-1%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	24%	-21%	0%	0%	0%
aFa	-5%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	-5%	33%	0%	0%	0%
aJa	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	-1%	0%	0%	-2%
aZa	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	-2%	-48%
aVa	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	51%

Annexe 1C : Matrices de confusions NE Vs ME pour le filtre passe-bas 4000 Hz

	MATRICE CONFUSIONS NON-FILTRE (%)															
	Normo-Entendants (n=15) en condition : non filtré															
Réponses\Lus	aPa	aTa	aKa	aBa	aDa	aGa	aMa	aNa	aLa	aRa	aCHa	aSa	aFa	aJa	aZa	aVa
aPa	100%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%
aTa	0%	95%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%
aKa	0%	5%	100%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%
aBa	0%	0%	0%	100%	0%	0%	2%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%
aDa	0%	0%	0%	0%	100%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%
aGa	0%	0%	0%	0%	0%	100%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%
aMa	0%	0%	0%	0%	0%	0%	98%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%
aNa	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	100%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%
aLa	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	100%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%
aRa	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	100%	0%	0%	0%	0%	0%	0%
aCHa	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	100%	0%	0%	0%	0%	0%
aSa	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	100%	0%	0%	0%	0%
aFa	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	100%	0%	0%	0%
aJa	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	100%	0%	0%
aZa	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	100%	0%
aVa	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	100%
	Malentendants (n=37) en condition : Amplifié et non filtré															
Réponses\Lus	aPa	aTa	aKa	aBa	aDa	aGa	aMa	aNa	aLa	aRa	aCHa	aSa	aFa	aJa	aZa	aVa
aPa	86%	4%	1%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%
aTa	3%	53%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	1%	0%	0%	0%
aKa	0%	42%	99%	0%	0%	0%	0%	1%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%
aBa	0%	0%	0%	97%	8%	1%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	1%
aDa	0%	0%	0%	2%	75%	2%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	1%	1%
aGa	0%	0%	0%	0%	17%	97%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%
aMa	0%	0%	0%	0%	0%	0%	76%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%
aNa	0%	0%	0%	0%	0%	0%	24%	99%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%
aLa	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	98%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%
aRa	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	100%	0%	0%	0%	0%	0%	0%
aCHa	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	99%	15%	10%	0%	0%	0%
aSa	5%	1%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	1%	82%	21%	0%	0%	0%
aFa	4%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	3%	68%	0%	0%	0%
aJa	1%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	99%	11%	3%
aZa	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	1%	88%	31%
aVa	0%	0%	0%	1%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	64%
	Différence Normo-Entendants - Malentendants															
Réponses\Lus	aPa	aTa	aKa	aBa	aDa	aGa	aMa	aNa	aLa	aRa	aCHa	aSa	aFa	aJa	aZa	aVa
aPa	14%	-4%	-1%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%
aTa	-3%	42%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	-1%	0%	0%	0%
aKa	0%	-37%	1%	0%	0%	0%	0%	-1%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%
aBa	0%	0%	0%	3%	-8%	-1%	2%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	-1%
aDa	0%	0%	0%	-2%	25%	-2%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	-1%	-1%
aGa	0%	0%	0%	0%	-17%	3%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%
aMa	0%	0%	0%	0%	0%	0%	22%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%
aNa	0%	0%	0%	0%	0%	0%	-24%	1%	-2%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%
aLa	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	2%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%
aRa	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%
aCHa	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	1%	-15%	-10%	0%	0%	0%
aSa	-5%	-1%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	-1%	18%	-21%	0%	0%	0%
aFa	-4%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	-3%	32%	0%	0%	0%
aJa	-1%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	1%	-11%	-3%
aZa	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	-1%	12%	-31%
aVa	0%	0%	0%	-1%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	36%

Annexe 1D : Matrices de confusions NE Vs ME en condition non filtrée

MATRICES DE CONFUSIONS AMP-LP-1000 (%)																
Malentendants sans ZIC en condition : amplifié et filtré passe bas à 1000Hz (n = 20)																
Réponses \ Lus	aPa	aTa	aKa	aBa	aDa	aGa	aMa	aNa	aLa	aRa	aCHa	aSa	aFa	aJa	aZa	aVa
aPa	76%	18%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%
aTa	14%	54%	13%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	1%	0%	0%	0%
aKa	0%	26%	85%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	1%	0%	0%	0%	0%
aBa	0%	0%	0%	98%	21%	5%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	1%	0%
aDa	0%	0%	0%	3%	74%	25%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	1%	1%
aGa	0%	0%	0%	0%	5%	68%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	3%	0%
aMa	0%	0%	0%	0%	0%	0%	38%	5%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%
aNa	0%	0%	0%	0%	0%	0%	63%	95%	0%	1%	0%	0%	0%	0%	0%	0%
aLa	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	100%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%
aRa	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	98%	1%	0%	3%	0%	0%	0%
aCHa	1%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	16%	21%	18%	0%	0%	0%
aSa	8%	3%	3%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	69%	70%	64%	0%	0%	0%
aFa	1%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	13%	8%	15%	0%	0%	0%
aJa	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	1%	0%	0%
aZa	0%	0%	0%	0%	0%	3%	0%	0%	0%	1%	0%	0%	0%	88%	93%	78%
aVa	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	1%	0%	0%	11%	3%	21%
Malentendants avec ZIC en condition : amplifié et filtré passe bas à 1000Hz (n = 17)																
Réponses \ Lus	aPa	aTa	aKa	aBa	aDa	aGa	aMa	aNa	aLa	aRa	aCHa	aSa	aFa	aJa	aZa	aVa
aPa	76%	26%	6%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	1%	0%	0%	0%	0%
aTa	16%	59%	21%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%
aKa	0%	0%	72%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	1%	0%	0%	0%
aBa	0%	0%	0%	94%	22%	4%	0%	0%	0%	0%	1%	0%	0%	0%	1%	0%
aDa	0%	0%	0%	6%	76%	49%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	1%	6%	0%
aGa	0%	0%	0%	0%	1%	41%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	1%	0%
aMa	0%	0%	0%	0%	0%	0%	38%	9%	0%	0%	0%	1%	0%	0%	0%	0%
aNa	0%	0%	0%	0%	0%	0%	62%	91%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%
aLa	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	100%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%
aRa	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	94%	0%	0%	0%	0%	0%	0%
aCHa	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	13%	13%	15%	0%	0%	0%
aSa	6%	12%	1%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	66%	71%	62%	0%	0%	0%
aFa	1%	3%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	19%	13%	22%	0%	0%	0%
aJa	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	4%	3%	0%
aZa	0%	0%	0%	0%	0%	4%	0%	0%	0%	1%	0%	0%	0%	87%	82%	81%
aVa	0%	0%	0%	0%	0%	1%	0%	0%	0%	4%	0%	0%	0%	7%	6%	19%
Différence ME sans ZIC - ME avec ZIC																
Réponses \ Lus	aPa	aTa	aKa	aBa	aDa	aGa	aMa	aNa	aLa	aRa	aCHa	aSa	aFa	aJa	aZa	aVa
aPa	0%	-9%	-6%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	-1%	0%	0%	0%	0%
aTa	-2%	-5%	-8%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	1%	0%	0%	0%
aKa	0%	26%	13%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	1%	-1%	0%	0%	0%
aBa	0%	0%	0%	3%	-1%	1%	0%	0%	0%	0%	-1%	0%	0%	0%	0%	0%
aDa	0%	0%	0%	-3%	-3%	-24%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	-1%	-5%	1%
aGa	0%	0%	0%	0%	4%	26%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	1%	0%
aMa	0%	0%	0%	0%	0%	0%	-1%	-4%	0%	0%	0%	-1%	0%	0%	0%	0%
aNa	0%	0%	0%	0%	0%	0%	1%	4%	0%	1%	0%	0%	0%	0%	0%	0%
aLa	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%
aRa	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	3%	1%	0%	3%	0%	0%	0%
aCHa	1%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	3%	8%	3%	0%	0%	0%
aSa	2%	-9%	1%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	3%	-1%	2%	0%	0%	0%
aFa	0%	-3%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	-7%	-6%	-7%	0%	0%	0%
aJa	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	-3%	-3%	0%
aZa	0%	0%	0%	0%	0%	-2%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	1%	10%	-3%
aVa	0%	0%	0%	0%	0%	-1%	0%	0%	0%	-4%	1%	0%	0%	4%	-3%	2%

Annexe 2A : Matrices de confusions groupe ZIC Vs groupe ØZIC pour le filtre passe-bas 1000 Hz

MATRICES DE CONFUSIONS AMP-LP-2000 (%)																
Malentendants sans ZIC en condition : amplifié et filtré passe bas à 2000Hz (n = 20)																
Réponses\Lus	aPa	aTa	aKa	aBa	aDa	aGa	aMa	aNa	aLa	aRa	aCHa	aSa	aFa	aJa	aZa	aVa
aPa	88%	5%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%
aTa	3%	41%	1%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%
aKa	0%	53%	99%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	3%	3%	1%	1%	0%	0%
aBa	0%	0%	0%	100%	5%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%
aDa	0%	0%	0%	0%	78%	6%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	4%	4%	0%
aGa	0%	0%	0%	0%	18%	94%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%
aMa	0%	0%	0%	0%	0%	0%	83%	0%	0%	0%	1%	0%	0%	0%	0%	0%
aNa	0%	0%	0%	0%	0%	0%	18%	100%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%
aLa	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	100%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%
aRa	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	100%	0%	0%	0%	0%	0%	0%
aCHa	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	64%	21%	11%	0%	0%	0%
aSa	10%	1%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	30%	73%	23%	0%	0%	0%
aFa	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	3%	4%	65%	0%	0%	0%
aJa	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	39%	6%	1%
aZa	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	56%	89%	36%
aVa	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	1%	63%
Malentendants avec ZIC en condition : amplifié et filtré passe bas à 2000Hz (n = 17)																
Réponses\Lus	aPa	aTa	aKa	aBa	aDa	aGa	aMa	aNa	aLa	aRa	aCHa	aSa	aFa	aJa	aZa	aVa
aPa	78%	10%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%
aTa	9%	60%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%
aKa	0%	28%	100%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	1%	0%	0%	0%	0%	0%
aBa	0%	0%	0%	97%	10%	1%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%
aDa	0%	0%	0%	1%	78%	15%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	1%	0%
aGa	0%	0%	0%	0%	10%	84%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%
aMa	0%	0%	0%	0%	0%	0%	62%	1%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%
aNa	0%	0%	0%	0%	0%	0%	38%	99%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%
aLa	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	100%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%
aRa	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	100%	0%	0%	0%	0%	0%	0%
aCHa	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	63%	25%	15%	0%	0%	0%
aSa	6%	1%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	29%	71%	40%	0%	0%	0%
aFa	7%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	6%	4%	46%	0%	0%	0%
aJa	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	46%	7%	3%
aZa	0%	0%	0%	0%	1%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	47%	85%	49%
aVa	0%	0%	0%	1%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	7%	6%	49%
Différence ME sans ZIC - ME avec ZIC																
Réponses\Lus	aPa	aTa	aKa	aBa	aDa	aGa	aMa	aNa	aLa	aRa	aCHa	aSa	aFa	aJa	aZa	aVa
aPa	10%	-5%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%
aTa	-6%	-19%	1%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%
aKa	0%	25%	-1%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	1%	3%	1%	1%	0%	0%
aBa	0%	0%	0%	3%	-5%	-1%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%
aDa	0%	0%	0%	-1%	0%	-8%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	4%	2%	0%
aGa	0%	0%	0%	0%	7%	10%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%
aMa	0%	0%	0%	0%	0%	0%	21%	-1%	0%	0%	1%	0%	0%	0%	0%	0%
aNa	0%	0%	0%	0%	0%	0%	-21%	1%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%
aLa	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%
aRa	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%
aCHa	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	1%	-4%	-3%	0%	0%	0%
aSa	4%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	1%	2%	-17%	0%	0%	0%
aFa	-7%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	-3%	-1%	19%	0%	0%	0%
aJa	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	-7%	-1%	-2%
aZa	0%	0%	0%	0%	-1%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	9%	3%	-12%
aVa	0%	0%	0%	-1%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	-7%	-5%	14%

Annexe 2B : Matrices de confusions groupe ZIC Vs groupe ØZIC pour le filtre passe-bas 2000 Hz

MATRICES DE CONFUSIONS AMP-LP-4000 (%)																
Malentendants sans ZIC en condition : amplifié et filtré passe bas à 4000Hz (n = 20)																
Réponses\Lus	aPa	aTa	aKa	aBa	aDa	aGa	aMa	aNa	aLa	aRa	aCHa	aSa	aFa	aJa	aZa	aVa
aPa	89%	3%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%
aTa	1%	38%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%
aKa	0%	59%	100%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	4%	3%	0%	0%	0%
aBa	0%	0%	0%	100%	4%	0%	1%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%
aDa	0%	0%	0%	0%	74%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	1%
aGa	0%	0%	0%	0%	23%	100%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%
aMa	0%	0%	0%	0%	0%	0%	81%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%
aNa	0%	0%	0%	0%	0%	0%	18%	100%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%
aLa	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	100%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%
aRa	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	100%	0%	0%	0%	0%	0%	0%
aCHa	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	100%	14%	6%	0%	0%	0%
aSa	9%	1%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	76%	28%	0%	0%	0%
aFa	1%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	6%	64%	0%	0%	0%
aJa	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	100%	1%	1%
aZa	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	99%	35%
aVa	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	63%
Malentendants avec ZIC en condition : amplifié et filtré passe bas à 4000Hz (n = 17)																
Réponses\Lus	aPa	aTa	aKa	aBa	aDa	aGa	aMa	aNa	aLa	aRa	aCHa	aSa	aFa	aJa	aZa	aVa
aPa	84%	7%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%
aTa	3%	62%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%
aKa	3%	29%	100%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	1%	0%	0%	0%	0%
aBa	0%	0%	0%	100%	3%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%
aDa	0%	0%	0%	0%	81%	3%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	1%	0%
aGa	0%	0%	0%	0%	16%	97%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%
aMa	0%	0%	0%	0%	0%	0%	68%	1%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%
aNa	0%	0%	0%	0%	0%	0%	32%	99%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%
aLa	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	100%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%
aRa	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	100%	0%	0%	0%	0%	0%	0%
aCHa	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	100%	18%	15%	0%	0%	0%
aSa	1%	1%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	76%	28%	0%	0%	0%
aFa	9%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	4%	56%	0%	0%	0%
aJa	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	1%	100%	3%	3%
aZa	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	96%	63%
aVa	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	34%
Différence ME sans ZIC - ME avec ZIC																
Réponses\Lus	aPa	aTa	aKa	aBa	aDa	aGa	aMa	aNa	aLa	aRa	aCHa	aSa	aFa	aJa	aZa	aVa
aPa	5%	-5%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%
aTa	-2%	-24%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%
aKa	-3%	29%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	2%	3%	0%	0%	0%
aBa	0%	0%	0%	0%	1%	0%	1%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%
aDa	0%	0%	0%	0%	-7%	-3%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	-1%	1%
aGa	0%	0%	0%	0%	6%	3%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%
aMa	0%	0%	0%	0%	0%	0%	14%	-1%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%
aNa	0%	0%	0%	0%	0%	0%	-15%	1%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%
aLa	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%
aRa	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%
aCHa	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	-4%	-8%	0%	0%	0%
aSa	7%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%
aFa	-8%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	2%	8%	0%	0%	0%
aJa	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	-1%	0%	-2%	-2%
aZa	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	3%	-28%
aVa	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	29%

Annexe 2C : Matrices de confusions groupe ZIC Vs groupe ØZIC pour le filtre passe-bas 4000 Hz

	MATRICES DE CONFUSIONS AMP-TOT (%)															
	Malentendants sans ZIC en condition : amplifié et non filtré (n = 20)															
Réponses\Lus	aPa	aTa	aKa	aBa	aDa	aGa	aMa	aNa	aLa	aRa	aCHa	aSa	aFa	aJa	aZa	aVa
aPa	86%	1%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%
aTa	1%	54%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	1%	0%	0%	0%
aKa	0%	44%	100%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%
aBa	0%	0%	0%	95%	5%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	3%
aDa	0%	0%	0%	4%	73%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	3%	1%
aGa	0%	0%	0%	0%	23%	100%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%
aMa	0%	0%	0%	0%	0%	0%	81%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%
aNa	0%	0%	0%	0%	0%	0%	19%	100%	4%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%
aLa	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	96%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%
aRa	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	100%	0%	0%	0%	0%	0%	0%
aCHa	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	100%	4%	3%	0%	0%	0%
aSa	9%	1%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	93%	19%	0%	0%	0%
aFa	3%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	4%	78%	0%	0%	0%
aJa	1%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	100%	1%	0%
aZa	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	96%	19%
aVa	0%	0%	0%	1%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	78%
	Malentendants avec ZIC en condition : amplifié et non filtré (n = 17)															
Réponses\Lus	aPa	aTa	aKa	aBa	aDa	aGa	aMa	aNa	aLa	aRa	aCHa	aSa	aFa	aJa	aZa	aVa
aPa	87%	7%	1%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%
aTa	6%	53%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%
aKa	0%	40%	99%	0%	0%	0%	0%	1%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%
aBa	0%	0%	0%	99%	12%	1%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%
aDa	0%	0%	0%	0%	78%	4%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%
aGa	0%	0%	0%	0%	10%	94%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%
aMa	0%	0%	0%	0%	0%	0%	71%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%
aNa	0%	0%	0%	0%	0%	0%	29%	99%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%
aLa	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	100%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%
aRa	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	100%	0%	0%	0%	0%	0%	0%
aCHa	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	99%	28%	19%	0%	0%	0%
aSa	1%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	1%	71%	24%	0%	0%	0%
aFa	6%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	1%	57%	0%	0%	0%
aJa	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	99%	22%	6%
aZa	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	1%	78%	46%
aVa	0%	0%	0%	1%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	49%
	Différence ME sans ZIC - ME avec ZIC															
Réponses\Lus	aPa	aTa	aKa	aBa	aDa	aGa	aMa	aNa	aLa	aRa	aCHa	aSa	aFa	aJa	aZa	aVa
aPa	-1%	-6%	-1%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%
aTa	-5%	1%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	1%	0%	0%	0%
aKa	0%	4%	1%	0%	0%	0%	0%	-1%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%
aBa	0%	0%	0%	-4%	-7%	-1%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	3%
aDa	0%	0%	0%	4%	-5%	-4%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	3%	1%
aGa	0%	0%	0%	0%	12%	6%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%
aMa	0%	0%	0%	0%	0%	0%	11%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%
aNa	0%	0%	0%	0%	0%	0%	-11%	1%	4%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%
aLa	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	-4%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%
aRa	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%
aCHa	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	1%	-24%	-17%	0%	0%	0%
aSa	7%	1%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	-1%	22%	-5%	0%	0%	0%
aFa	-3%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	2%	20%	0%	0%	0%
aJa	1%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	1%	-21%	-6%
aZa	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	-1%	18%	-27%
aVa	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	29%

Annexe 2D : Matrices de confusions groupe ZIC Vs groupe ØZIC en condition non filtrée

	MATRICE DE CONFUSIONS :AMPTOT															
Réponses\Lus	aPa	aTa	aKa	aBa	aDa	aGa	aMa	aNa	aLa	aRa	aCHa	aSa	aFa	aJa	aZa	aVa
aPa	4	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
aTa	0	2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
aKa	0	1	4	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
aBa	0	0	0	4	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
aDa	0	0	0	0	4	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
aGa	0	0	0	0	0	3	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
aMa	0	0	0	0	0	0	4	0	0	0	0	0	0	0	0	0
aNa	0	0	0	0	0	0	0	4	0	0	0	0	0	0	0	0
aLa	0	0	0	0	0	0	0	0	4	0	0	0	0	0	0	0
aRa	0	0	0	0	0	0	0	0	0	4	0	0	0	0	0	0
aCHa	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	4	3	1	0	0	0
aSa	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	2	0	0	0
aFa	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	1	0	0	0
aJa	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	4	3	1
aZa	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0
aVa	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	3
	MATRICE DE CONFUSIONS : AMP4000															
Réponses\Lus	aPa	aTa	aKa	aBa	aDa	aGa	aMa	aNa	aLa	aRa	aCHa	aSa	aFa	aJa	aZa	aVa
aPa	4	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
aTa	0	4	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
aKa	0	0	4	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
aBa	0	0	0	4	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
aDa	0	0	0	0	4	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
aGa	0	0	0	0	0	4	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
aMa	0	0	0	0	0	0	4	0	0	0	0	0	0	0	0	0
aNa	0	0	0	0	0	0	0	4	0	0	0	0	0	0	0	0
aLa	0	0	0	0	0	0	0	0	4	0	0	0	0	0	0	0
aRa	0	0	0	0	0	0	0	0	0	4	0	0	0	0	0	0
aCHa	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	4	3	0	0	0	0
aSa	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0
aFa	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	4	0	0	0
aJa	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	4	1	0
aZa	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	3	0
aVa	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	4
	MATRICE DE CONFUSIONS : Différence AMPTOT - AMP4000 (%)															
Réponses\Lus	aPa	aTa	aKa	aBa	aDa	aGa	aMa	aNa	aLa	aRa	aCHa	aSa	aFa	aJa	aZa	aVa
aPa	0%	25%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%
aTa	0%	-50%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%
aKa	0%	25%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%
aBa	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%
aDa	0%	0%	0%	0%	0%	25%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%
aGa	0%	0%	0%	0%	0%	-25%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%
aMa	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%
aNa	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%
aLa	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%
aRa	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%
aCHa	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	25%	0%	0%	0%
aSa	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	-25%	50%	0%	0%	0%
aFa	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	25%	-75%	0%	0%	0%
aJa	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	50%	25%
aZa	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	-50%	0%
aVa	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	-25%

Annexe 3 : Matrice de confusions AMPTOT Vs AMP-LP-4000 chez M. A

	MATRICE DE CONFUSIONS :AMPTOT															
Réponses\Lus	aPa	aTa	aKa	aBa	aDa	aGa	aMa	aNa	aLa	aRa	aCHa	aSa	aFa	aJa	aZa	aVa
aPa	2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
aTa	0	3	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
aKa	0	1	4	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
aBa	0	0	0	3	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
aDa	0	0	0	0	4	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
aGa	0	0	0	0	0	4	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
aMa	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0
aNa	0	0	0	0	0	0	3	4	0	0	0	0	0	0	0	0
aLa	0	0	0	0	0	0	0	0	4	0	0	0	0	0	0	0
aRa	0	0	0	0	0	0	0	0	0	4	0	0	0	0	0	0
aCHa	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	4	0	1	0	0	0
aSa	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	4	0	0	0	0
aFa	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	3	0	0	0
aJa	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	4	0	0
aZa	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	4	3
aVa	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1
	MATRICE DE CONFUSIONS : AMP4000															
Réponses\Lus	aPa	aTa	aKa	aBa	aDa	aGa	aMa	aNa	aLa	aRa	aCHa	aSa	aFa	aJa	aZa	aVa
aPa	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
aTa	1	2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
aKa	0	2	4	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
aBa	0	0	0	4	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
aDa	0	0	0	0	4	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
aGa	0	0	0	0	0	4	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
aMa	0	0	0	0	0	0	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0
aNa	0	0	0	0	0	0	3	3	0	0	0	0	0	0	0	0
aLa	0	0	0	0	0	0	0	0	4	0	0	0	0	0	0	0
aRa	0	0	0	0	0	0	0	0	0	4	0	0	0	0	0	0
aCHa	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	4	0	0	0	0	0
aSa	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	3	0	0	0	0
aFa	3	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	4	0	0	0
aJa	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	4	1	0
aZa	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	3	4
aVa	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	MATRICE DE CONFUSIONS : Différence AMPTOT - AMP4000 (%)															
Réponses\Lus	aPa	aTa	aKa	aBa	aDa	aGa	aMa	aNa	aLa	aRa	aCHa	aSa	aFa	aJa	aZa	aVa
aPa	50%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%
aTa	-25%	25%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%
aKa	0%	-25%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%
aBa	0%	0%	0%	-25%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%
aDa	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%
aGa	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%
aMa	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	-25%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%
aNa	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	25%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%
aLa	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%
aRa	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%
aCHa	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	25%	0%	0%	0%
aSa	25%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	25%	0%	0%	0%	0%
aFa	-50%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	-25%	-25%	0%	0%	0%
aJa	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	-25%	0%
aZa	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	25%	-25%
aVa	0%	0%	0%	25%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	25%

Annexe 4 : Matrice de confusions AMPTOT Vs AMP-LP-4000 chez M. D

	MATRICE DE CONFUSIONS : AMPTOT															
Réponses\Lus	aPa	aTa	aKa	aBa	aDa	aGa	aMa	aNa	aLa	aRa	aCHa	aSa	aFa	aJa	aZa	aVa
aPa	4	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
aTa	0	4	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
aKa	0	0	4	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
aBa	0	0	0	4	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
aDa	0	0	0	0	4	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
aGa	0	0	0	0	0	4	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
aMa	0	0	0	0	0	0	4	0	0	0	0	0	0	0	0	0
aNa	0	0	0	0	0	0	0	4	0	0	0	0	0	0	0	0
aLa	0	0	0	0	0	0	0	0	4	0	0	0	0	0	0	0
aRa	0	0	0	0	0	0	0	0	0	4	0	0	0	0	0	0
aCHa	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	4	0	0	0	0	0
aSa	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	4	0	0	0	0
aFa	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	4	0	0	0
aJa	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	4	1	0
aZa	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	3	2
aVa	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	2
	MATRICE DE CONFUSIONS : AMP4000															
Réponses\Lus	aPa	aTa	aKa	aBa	aDa	aGa	aMa	aNa	aLa	aRa	aCHa	aSa	aFa	aJa	aZa	aVa
aPa	4	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
aTa	0	2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
aKa	0	2	4	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
aBa	0	0	0	4	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
aDa	0	0	0	0	3	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
aGa	0	0	0	0	1	4	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
aMa	0	0	0	0	0	0	4	0	0	0	0	0	0	0	0	0
aNa	0	0	0	0	0	0	0	4	0	0	0	0	0	0	0	0
aLa	0	0	0	0	0	0	0	0	4	0	0	0	0	0	0	0
aRa	0	0	0	0	0	0	0	0	0	4	0	0	0	0	0	0
aCHa	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	4	0	2	0	0	0
aSa	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	4	2	0	0	0
aFa	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
aJa	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	4	1	1
aZa	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	3	3
aVa	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	MATRICE DE CONFUSIONS : Différence AMPTOT - AMP4000 (%)															
Réponses\Lus	aPa	aTa	aKa	aBa	aDa	aGa	aMa	aNa	aLa	aRa	aCHa	aSa	aFa	aJa	aZa	aVa
aPa	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%
aTa	0%	50%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%
aKa	0%	-50%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%
aBa	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%
aDa	0%	0%	0%	0%	25%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%
aGa	0%	0%	0%	0%	-25%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%
aMa	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%
aNa	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%
aLa	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%
aRa	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%
aCHa	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	-50%	0%	0%	0%
aSa	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	-50%	0%	0%	0%
aFa	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	100%	0%	0%	0%
aJa	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	-25%
aZa	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	-25%
aVa	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	50%

Annexe 5 : Matrice de confusions AMPTOT Vs AMP-LP-4000 chez M. I