

**INSTITUT DES SCIENCES ET TECHNIQUES DE LA
READAPTATION**

Directeur Professeur Jacques LUAUTE

**Étude d'impact de la dégradation du stéréo-équilibre sur
l'intelligibilité dans le bruit à voix moyenne**

MEMOIRE présenté pour l'obtention du

**DIPLOME D'ETAT
D'AUDIOPROTHESISTE**

par

DUBUC Jean-Christophe

Autorisation de reproduction

LYON, le

17 octobre 2025

David COLIN
Responsable de l'Enseignement

N° 1060

Président
Pr Bruno LINA

Vice-président CA
Mme Sandrine CHARLES

Vice-président CFVU
Mme Julie-Anne CHEMELLE

Vice-président Commission de
Recherche
M. Arnaud BRIOUDE

Directeur Général des Services par intérim
M. Gaël ASTIER

Secteur Santé

U.F.R. de Médecine Lyon Est
Directeur
Pr. RODE Gilles

U.F.R de Médecine Lyon-Sud
Charles Mérieux
Directeur
Pr PAPAREL Philippe

Comité de Coordination des
Etudes Médicales (CCEM)
Pr PAPAREL Philippe

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

U.F.R d'Odontologie
Directeur
Pr. MAURIN Jean-Christophe

Institut des Sciences Pharmaceutiques
et Biologiques
Directeur
Pr DUSSART Claude

Institut des Sciences et Techniques de
Réadaptation
Directeur
Pr LUAUTE Jacques

Secteur Sciences et Technologies

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

M. ROBERT Christian

Institut National Supérieur du Professorat et de l'éducation (INSPé)

Directeur

M. CHAREYRON Pierre

UFR de Sciences

Directeur

M. DEZLUS Olivier

POLYTECH LYON

Directeur

Pr PERRIN Emmanuel

IUT LYON 1

Directeur

M. MASSENZIO Michel

Observatoire astronomique de Lyon

Directeur

M. GUIDERDONI Bruno

UFR Biosciences

Directrice

Mme GIESELER Kathrin

Département Génie Electrique et des procédés (GEP)

Directrice

Mme CAVASSILA Sophie

Département informatique

Directrice

Mme BOUAKAZ BRONDEL Saida

Département Mécanique

Directeur

M. BUFFAT Marc

Remerciements

Je remercie tout particulièrement mon maître de stage, David Tran pour l'excellence de son encadrement, la qualité des échanges que nous avons eus, ses conseils avisés, le partage de son expertise et sa volonté de transmettre ainsi que son soutien lors de mon stage de troisième année.

Merci également à Yoann Schmitt pour son aide précieuse et son implication pour m'adresser ses patients qui rentraient dans les critères d'inclusion de mon protocole.

Je remercie Jonathan Flament et Hervé Bishoff, audioprothésistes experts qui ont contribué à alimenter ma réflexion et m'ont aidé à réaliser ce mémoire.

Je souhaite remercier l'équipe pédagogique de l'ISTR de Lyon pour la qualité de l'enseignement dispensé tout au long des trois années de scolarité.

Merci également à David Colin et Fabien Seldran de l'école d'audioprothèse de Lyon pour leur disponibilité et leur accompagnement pendant le cursus et ce mémoire.

Je n'oublie pas mes camarades d'école, Hélène, Camille, Antoine pour nos moments d'échange, de partage et de motivation pendant le cursus scolaire ainsi que Louis mon co-stagiaire du LEA Audika.

Pour terminer, je tiens à remercier tout particulièrement Charlotte mon épouse, Camille et Clara mes deux filles qui ont fait partie de l'aventure de cette reconversion en me motivant et en acceptant sans hésitation que je déménage à Lyon en les laissant seules à Meudon. Sans ce soutien, je n'aurais pas pu réaliser ce rêve de devenir audioprothésiste.

Résumé

Force est de constater les difficultés qu'ont les malentendants à comprendre un signal de parole dans des milieux complexes, ce d'autant plus dans des conditions de pertes asymétriques. Bien que l'on ne trouve pas d'études sur le stéréo-équilibre, il y a dans la littérature plusieurs articles montrant que l'audition binaurale est un facteur clé pour le traitement des indices acoustiques, permettant en autres le démasquage binaural et d'augmenter la compréhension dans le bruit.

Partant de l'hypothèse que la restauration de l'audition binaurale est effectuée grâce à un réglage des appareils auditifs stéréo-équilibré, nous avons cherché à comparer les scores de compréhension dans le bruit avec un réglage stéréo-équilibré et en appliquant une dégradation contrôlée de ce réglage en augmentant le gain de la meilleure oreille et en diminuant celui de la plus mauvaise avec deux cas de figure : 6 et 12 dB de dégradation globale.

L'étude d'impact de la dégradation contrôlée effectuée sur 30 patients présentant des pertes bilatérales a révélé, dès que l'on applique une dégradation, des écarts significatifs d'augmentation du SIB 50 avec le test Frasimat, des écarts significatifs de perception de latéralisation et une diminution significative des scores de reconnaissance des mots des listes dissyllabiques de Lafon présentées avec un bruit de cocktail party lorsque le RSB est défavorable.

Nous concluons de ce fait qu'il peut être opportun de privilégier dans la pratique un réglage stéréo-équilibré plutôt que d'augmenter le gain de la meilleure oreille pour améliorer la compréhension dans le bruit.

Glossaire

SIB50 :	Seuil d'intelligibilité de 50%
RSB :	Rapport signal sur bruit
dB SPL :	dB Sound pressure level
dB HL :	dB Hearing level
ST :	Réglage stéréo-équilibré
D-3 :	Réglage dégradé +3 dB sur la bonne oreille et -3 dB sur la moins bonne oreille
D-6 :	Réglage dégradé +6dB sur la bonne oreille et -6 dB sur la moins bonne oreille
MCL :	Most Comfortable Level

Mots clés

Audition binaurale – Démasquage Binaural – Equilibre Binaural – Equilibre interaural-

Stéréo-équilibrage –

Compréhension de la parole dans le bruit – Intelligibilité -

Table des matières

1	Revue de littérature.....	11
2	Méthodologie	17
2.1	Design de l'étude.....	17
2.2	Participants à l'étude	17
2.2.1	Critère d'inclusion.....	17
2.2.2	Critère de non-inclusion des sujets	17
2.2.3	Description de l'échantillon.....	18
2.3	Procédure.....	18
2.3.1	Matériel utilisé	18
2.3.2	Organisation du protocole.....	19
3	Résultats	25
3.1	Analyse de dégradation contrôlée et Tests Frasimat.....	25
3.1.1	Statistiques descriptives.....	25
3.1.2	ANOVA.....	26
3.1.3	Régression linéaire	28
3.2	Test de latéralisation.....	30
3.2.1	Résultats du test de latéralisation	30
3.2.2	Analyse statistique du test de latéralisation.....	31
3.2.3	Conclusion	31
3.3	Listes dissyllabiques de Lafon avec des RSB fixes.....	32
3.3.1	Analyse d'écart de score par réglage en fonction du RSB	32
3.3.2	Analyse d'écart de score par situation de RSB vs réglages.....	33
3.3.3	Conclusion	35

4	Discussion.....	35
4.1	Interprétation des résultats.....	35
4.2	Limites de l'étude	38
4.2.1	Test de dégradation contrôlée et Frasimat.....	38
4.2.2	Test de latéralisation	38
4.2.3	Test de listes de mots.....	39
4.3	Implications cliniques	39
4.4	Perspectives futures.....	40
5	Conclusion	40
6	Bibliographie	42
7	Annexes	46

Introduction

La législation encadre l'adaptation et le réglage des aides auditives dans le but de garantir une prise en charge optimale des personnes malentendantes. Dans ce cadre, plusieurs tests sont obligatoires et parmi eux, on retrouve le stéréo-équilibre ou équilibre interaural ainsi que le test d'efficacité prothétique dans le bruit (annexe 1).

Il est fréquent que les personnes malentendantes, même appareillées, expriment des difficultés à comprendre des conversations dans des environnements bruyants.

Ce phénomène est souvent lié à la capacité du patient à effectuer le démasquage binaural. C'est ici que le stéréo-équilibre joue un rôle crucial pour permettre de percevoir les indices binauraux, de bien localiser le son en profitant d'une augmentation de sonie au seuil et également de séparer les bruits de fond des signaux de paroles utiles.

La restauration de l'audition binaurale contribue donc à améliorer la compréhension dans le bruit en renforçant la capacité du malentendant à différencier les sources sonores dans les environnements bruyants (Avan et al., 2015).

La problématique de ce mémoire est d'appréhender l'affirmation précédente en testant la sensibilité du stéréo-équilibre en condition diotique à voix moyenne dans le bruit, en mesurant la compréhension dans le bruit lorsque le réglage est stéréo-équilibré et lorsqu'il n'est plus stéréo-équilibré avec plus de gain sur la meilleure oreille.

Pour cela nous procéderons par une dégradation contrôlée du stéréo-équilibre en amplifiant la meilleure oreille et en diminuant la moins bonne avec deux niveaux de réglage. Nous soumettrons les patients à des tests de compréhension dans le bruit adaptatifs, puis avec des RSB fixes et enfin à un test de sensation de latéralisation.

Nous nous interrogerons sur ce qui pourrait être le plus efficace lors d'un réglage afin d'améliorer la compréhension dans le bruit : privilégier le stéréo-équilibre ou augmenter le gain de la meilleure oreille ?

Est-ce qu'une faible dégradation du stéréo-équilibre affecte le seuil d'intelligibilité ?

Est-ce que la compréhension dans le bruit est détériorée ou améliorée avec un réglage stéréo-équilibré ou dégradé avec augmentation du gain de la meilleure oreille ?

Nous nous interrogerons également sur l'effet de cette dégradation sur la sensation de latéralisation et de stéréo-équilibre des patients.

L'hypothèse de résultat choisie dans le cadre de ce mémoire est que plus nous nous rapprochons des conditions d'écoute binaurale et équilibrée, plus nous rétablissons les indices acoustiques et la capacité de les traiter, et plus les patients ont de chance de mieux traiter l'information et d'améliorer la compréhension dans les milieux bruyants.

1 Revue de littérature

Force est de constater qu'il n'y a pas d'articles scientifiques en littérature internationale sur le stéréo-équilibrage ni de recommandations de sociétés savantes. Le sujet est traité régulièrement dans des revues spécialisées, comme par exemple dans le premier numéro des Cahiers de L'Audition de 2025 (Gallégo et al., 2025).

En revanche, la littérature regorge d'articles attestant des difficultés de compréhension des malentendants dans des environnements bruyants et de la supériorité de compréhension lorsque l'on a une audition binaurale (Hawley et al., 1999), à savoir équilibrée entre les deux oreilles.

Les difficultés d'intelligibilité des malentendants en milieu bruyant sont mentionnées par exemple par van Schijndel et al. qui relatent la réduction de l'intelligibilité dans le bruit même si les sons sont supérieurs à leurs seuils auditifs (van Schijndel et al., 2001) en raison des difficultés d'extraction des signaux de parole dans cet environnement (Avan et al., 2015).

Concernant les situations de compréhension dans des milieux bruyants avec des signaux sans intérêt mélangés à de la parole, plusieurs auteurs se sont penchés sur les problématiques d'interactions sociales lors de réunions avec plusieurs locuteurs. Bronkhorst conclut son étude en prouvant que les malentendants non appareillés ont des scores d'intelligibilité très inférieurs à des normo-entendants dans des situations où il y a plusieurs signaux de parole (Bronkhorst, 2000).

Les recherches convergent sur le constat que, outre le fait d'être malentendant, ne pas entendre de manière équilibrée avec deux oreilles dégrade significativement l'intelligibilité et la compréhension desdits sujets (Cox et al., 1981).

Les études comparent très souvent des personnes avec des surdités asymétriques avec des normaux entendants possédant leurs deux oreilles et la possibilité de traiter des indices acoustiques avec chacune.

Ainsi, Cherry décrit les difficultés liées à la compréhension dans des situations où plusieurs locuteurs s'expriment. Il identifie le problème « cocktail party », problème avec des causes multifactorielles repris et documenté par nombre de chercheurs (Cherry, 1953).

Dans la même veine, Giolas et al. concluent qu'une personne avec une surdité asymétrique est particulièrement désavantagée dans un grand nombre de situations sociales (Giolas & Wark, 1967).

Les chercheurs s'accordent à dire qu'une personne bénéficiant d'une écoute binaurale aura une intelligibilité supérieure à celle qui n'en bénéficie pas. Ces études convergent vers l'importance de l'audition binaurale comme le décrivent Avan et al. qui mettent en avant ses avantages, comme la reconnaissance de la parole dans le bruit lorsque que ces derniers proviennent de sources différentes (Avan et al., 2015).

Akeroyd décrit l'audition binaurale par la capacité de tirer parti de la comparaison des signaux reçus par les deux oreilles, permettant de détecter et d'analyser le signal d'intérêt dans des conditions beaucoup plus défavorables qu'en audition monaurale (Akeroyd, 2006).

Avan et *al.* décrivent le mécanisme de l'audition binaurale comme étant un processus d'intégration et d'analyse par les voies auditives centrales des sons qui arrivent aux deux cochlées, avec pour résultante la localisation et la ségrégation des signaux et par voie de conséquence, qui permettent de séparer les signaux cibles des signaux concurrents (Avan et al., 2015).

L'audition binaurale et ses avantages ont été étudiés depuis plusieurs décennies.

Par comparaison, les voix auditives permettent la localisation de la source sonore grâce à une reconnaissance temporelle et spectrale.

La localisation s'effectue grâce à des indices binauraux (ITD et ILD) et à des indices monauraux :

Reprenant les études de Thompson (Thompson, 1878) qui explique le phénomène de la localisation grâce à une différence de perception – de phase – entre les deux oreilles, Lord Raleigh 1907 (Rayleigh, 1907) les complète et développe la théorie du « duplex » selon laquelle la localisation sur le plan horizontal est le fruit de la combinaison de différences interaurales de temps ITD et d'intensité ILD.

Woodworth étudie les ITD et propose une méthode de calcul en considérant la tête comme une sphère parfaite (Robert S.woodworth, 1938), calculs complétés par Feddersen et *al.* (Feddersen et al., 1957) qui arrivent à des résultats très similaires du premier. La conclusion est que l'ITD maximale est atteinte pour un azimut de 90° avec un délai de 700 μ s.

La différence interaurale d'intensité est une résultante de l'effet d'ombre acoustique de la tête entre les deux oreilles qui augmente avec la fréquence. Cette différence d'intensité peut être de 15 dB pour des hautes fréquences lorsque le son vient de côté (Avan et al., 2015).

Si les ITD ne sont pas perceptibles pour les hautes fréquences, en raison du phénomène de phase locking qui peut avoir lieu pour des fréquences basses (Joris, 1996), les ILD le sont et inversement (Avan et al., 2015).

En ce qui concerne les indices monauraux, ils proviennent de l'effet pavillonnaire qui crée des pics et des creux spectraux, donnant des indices de localisation (Mehrgardt & Mellert, 1977).

Il conviendra de noter que la localisation s'effectue dans un plan bi-dimensionnel sur les plans verticaux et horizontaux (Middlebrooks & Green, 1991). La dimension de localisation verticale peut être rétablie avec des aides auditives de type intras grâce à l'effet pavillonnaire et peut s'avérer compliquée avec des contours d'oreille.

Feuerstein souligne que les scores de compréhension sont très sensibles à l'orientation vers le signal de parole (Feuerstein, 1992). En d'autres termes, et pour résumer, la localisation est un avantage incontestable pour la compréhension et n'est possible qu'avec une audition binaurale.

Cela amène à conclure que l'audition spatiale, soit la capacité de localiser les sons dans l'espace, est partie intégrante de la fonction auditive et permet d'accroître l'intelligibilité, que les sources de parole et de bruit soient séparées ou non (Noble et al., 1997).

Notons les avantages supplémentaires de l'audition binaurale en faveur du stéréo-équilibre :

D'une part, le mécanisme central de sommation binaurale, étudié par Hirsh (Hirsh, 1948) qui augmente la sensation de sonie grâce à la stimulation des deux oreilles (Marks, 1978) en permettant un gain de 3 dB (Fletcher & Munson, 1933).

D'autre part, l'effet squelch ou démasquage binaural étudié par Licklider qui est clé pour la compréhension dans le bruit (Licklider, 1948). Ce phénomène permet de détecter un son dans un environnement bruyant (Avan, 2006). Cox et *al.* ont montrés que plus la source de bruit et celle de parole sont séparées, plus l'avantage binaural est important comparé au monaural (Cox et al., 1981).

En conclusion, ne pas bénéficier d'écoute binaurale revient à dire qu'il s'agit d'une asymétrie auditive et ne pas tirer parti de ses avantages.

Les auteurs sont unanimes pour mettre en avant les avantages de l'écoute binaurale, ce qui nous incite à penser que le stéréo-équilibre est clé, ne serait-ce que pour redonner les indices acoustiques, permettre la localisation et profiter des avantages binauraux évoqués ci-dessus.

On trouve plusieurs procédures de stéréo-équilibre dans la littérature ou de stéréaudiométrie, terme proposé par Decroix et Dehaussy (Decroix & Dehaussy, 1966).

Le test de Hirsh (1950) qui évalue la capacité de discrimination de la parole dans le bruit en appliquant un traitement binaural. Les tests consistent à présenter son et bruit

en diotique puis parole coté pathologique et bruit de face. On cherchera un score supérieur de 10 à 25% pour considérer que la fonction binaurale est rétablie (Gallego et al., 2006).

Le test de localisation sonore de Decroix Dehaussy 1966 effectué avec 7 haut-parleurs de face et au maximum à 90° du patient, espacés avec des angles de 30° (Gallego et al., 2006).

L'épreuve de Dehaussy 1975, qui nécessite 8 haut-parleurs espacés de 45° permettant de mesurer le gain prothétique multidirectionnel et d'équilibrer les seuils de perception (Gallego et al., 2006).

L'affinement Post appareillage (logiciel APA) de Léon et David Dodelé (2002).

Un premier test pour vérifier si l'appareillage auditif restitue au malentendant un bon équilibre inter-auriculaire en localisation le son et un second test qui permet de vérifier si l'appareillage auditif restitue correctement les intensités en évaluant la sonie avec une échelle de sensation sonore (DODELE et al., 2007a).

Le balance test d'équilibrage inter-auriculaire de Decroix Dehaussy s'inscrit dans les techniques classiques d'adaptation et de contrôle de l'efficacité des appareillages stéréophoniques. La tête du malentendant est placée entre 2 haut-parleurs d'un « stéréo-équilibreur » diffusant un bruit blanc à 55 dB modulé et on cherche l'impression que le bruit se localise derrière la tête (DODELE et al., 2007b).

2 Méthodologie

2.1 Design de l'étude

Pour rappel, l'objet de ce mémoire est une étude d'impact de la dégradation du stéréo-équilibrage sur l'intelligibilité dans le bruit à voix moyenne.

Il s'agit d'une étude expérimentale qui va consister, à partir d'un réglage stéréo-équilibré à voix moyenne, à dégrader cet équilibre en le contrôlant, et à faire passer pour chaque patient une série de tests en champ libre dans le bruit. Le choix de stéréo-équilibrer de cette manière est motivé par le fait qu'au quotidien et dans les interactions sociales, nous sommes exposés en majorité à la voix moyenne.

Nous sommes dans la configuration d'un échantillon apparié dans la mesure où chaque patient passera la même série de tests avec trois réglages différents.

2.2 Participants à l'étude

Tous les patients ayant une perte d'audition bilatérale, capables de répondre et d'évaluer les niveaux de confort « MCL ».

2.2.1 Critère d'inclusion

Sujets adultes presbycousiques ou atteints de surdités bilatérales légères à sévères, appareillés depuis plusieurs mois.

2.2.2 Critère de non-inclusion des sujets

Les sujets acouphéniques et nouvellement appareillés.

Sujets ayant une surdité unilatérale, surdité asymétrique avec distorsion d'oreille, neuropathie, troubles centraux de l'audition, surdité profonde, patients ayant une vocale trop dégradée dans le calme, troubles cognitifs ou d'attention.

Enfin, les enfants ou personnes incapables d'appréhender la notion de confort.

2.2.3 Description de l'échantillon

L'échantillon testé est composé de 30 patients dont 17 femmes (57%) et 13 hommes (43%) avec un âge moyen de 77,6 ans (âge médian 80 ans) (annexes 2 et 3).

Tous les patients ont une perte bilatérale, de type presbyacousie pour 70% des cas et plate pour 30% des autres. La perte moyenne tonale est de 52,4 dB HL avec un écart interaural de 5,5 dB HL (annexes 4 et 5).

La répartition des marques d'aides auditives est de 77% Oticon, 13% Phonak, et respectivement 3% pour Signia, GN et Starkey.

2.3 Procédure

2.3.1 Matériel utilisé

Le matériel utilisé pour cette étude est le suivant :

- Une cabine insonorisée calibrée
- Un audiomètre OTOSuite de Otometrics
- 5 haut-parleurs Elipson Planet « M »
- Les logiciels fabricants
- Un otoscope

- Listes dissyllabiques de Lafon
- Test Frasimat

2.3.2 Organisation du protocole

2.3.2.1 Prérequis

Chaque patient est placé à un mètre et en face du haut-parleur central, et au centre des quatre autres haut-parleurs.

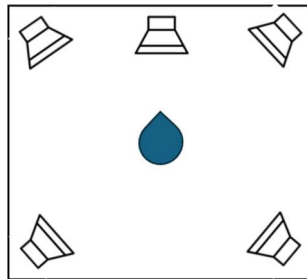


Figure 1 : Positionnement du patient pour les tests

Le protocole est expliqué en amont puis chaque patient est accompagné pas à pas à chaque étape de la procédure.

Pour la procédure de dégradation du stéréo-équilibre, nous avons choisi d'augmenter les gains de la meilleure oreille et de diminuer ceux de la moins bonne, pour le premier réglage avec +3 dB et -3 dB, soit un déséquilibre global de 6 dB, et pour le second réglage, de +6 dB et -6 dB, soit un déséquilibre global de 12 dB.

Pour la suite de l'étude, nous nommerons le réglage stéréo-équilibré « ST », le premier réglage dégradé « D-3 » et le second réglage dégradé « D-6 ».

En cas de perte tonale moyenne égale, nous avons choisi d'augmenter les gains de l'oreille droite et de diminuer ceux de l'oreille gauche.

La dégradation s'effectue par le biais des logiciels fabricants.

Nous avons vérifié en amont grâce à la chaîne de mesure que les valeurs de dégradations effectuées sur les logiciels fabricants sont exactes.

A l'issue des tests, nous rétablirons les réglages d'origine du patient.

2.3.2.2 Méthode de stéréo-équilibrage

La méthode de stéréo-équilibrage qui a été choisie dans le cadre de ce mémoire s'inspire de la technique classique d'adaptation et de contrôle de l'efficacité des appareillages stéréophoniques et du Balance-Test d'équilibrage inter-auriculaire de Decroix et Dehaussy décrit dans le précis d'audioprothèse du Collège National d'audioprothèse tome III p 130.

Il s'effectue à l'aide d'un « stéréo-équilibreur » en supra liminaire grâce à deux haut-parleurs placés à 45° de la tête du patient, connectés à un générateur de son pur vobulé afin de limiter l'activation des filtres anti-bruit des aides auditives et avec une intensité d'émission de 55 dB SPL correspondant à un niveau sonore de voix moyenne.

Il est demandé au patient d'indiquer si le son est plus important d'un côté ou de l'autre et le stéréo-équilibrage est effectif lorsqu'il a la sensation que le bruit provient de face.

Le stéréo-équilibrage est réalisé par un balayage des fréquences de 250Hz à 4000Hz : (250Hz, 500Hz, 750Hz, 1000Hz, 1500Hz, 2000Hz, 3000Hz et 4000Hz).

2.3.2.3 Choix du test Frasimat

Le test Frasimat de la société HörTech fait partie des tests normés de vocale dans le bruit comme les tests FraMatix, le HINT, et le VRB.

Il s'agit d'une procédure adaptative où le RSB varie en fonction des réponses du sujet afin de déterminer le SIB 50.

Le patient doit comprendre et répéter des groupes de trois mots issus des phrases du test FraMatrix. La phrase est composée d'un nombre, d'un objet et d'une couleur.

A l'issue du test, nous avons un score de SIB 50.

La norme pour les adultes normo-entendants est de -7,1 (+/- 1,4) dB.

Nous réglons le passage du test Frasimat à 65 dB SPL pour le niveau de bruit que l'on fixe en continu sur le logiciel.

Ce test a l'avantage de se dérouler plus rapidement que le test du FraMatrix et était parfaitement adapté à la procédure qui comporte plusieurs tests qui devaient se dérouler en une séance de 30 minutes.

Par ailleurs, la cabine ne disposait pas d'autre licence de tests normés dans le bruit.

2.3.2.4 Choix du test dans le bruit

Le parti pris que nous avions était de reproduire autant que faire se peut des conditions de la vie réelle et courante comme être en face d'un locuteur dans un environnement bruyant. L'exemple classique est celui du dialogue dans un restaurant avec une personne.

Ainsi, nous avons choisi d'émettre des mots issus des listes dissyllabiques de Lafon (voix d'homme) (annexe 6) à 60 dB SPL par un haut-parleur situé en face du patient pour reproduire le locuteur, et d'émettre un bruit type cocktail party sur les quatre autres haut-parleurs placés à 45° en avant et en arrière de la tête du patient.

Nous avons testé trois situations avec des RSB de +3 dB, 0dB et -3 dB.

Rappelons qu'un RSB de +3 dB signifie que le signal de parole est supérieur de 3 dB par rapport au signal de bruit.

Ainsi, pour chaque réglage - ST, D-3, D-6 - le patient faisait une vocale dans le bruit en binaural appareillé dans les trois situations de RSB. Un score était relevé pour chaque liste et chaque configuration.

Neuf listes ont donc été nécessaires pour le passage de ce test.

2.3.2.5 Choix du test de latéralisation lors du déséquilibre

A chaque réglage, nous avons souhaité relever le ressenti de l'effet squelch induit par la dégradation du stéréo-équilibre et apprécier si les patients avaient la sensation d'un déséquilibre.

Pour ce faire, nous avons choisi d'exposer le patient en diotique à un signal ISTS émis à 60 dB SPL sur le haut-parleur de face.

L'objectif de ce test est de permettre de ne pas se concentrer sur la signification du signal de parole pour se focaliser sur la sensation d'équilibre binaural d'un signal de parole.

La question posée était « selon vous, d'où vient le signal de parole que vous entendez ? »

2.3.2.6 Protocole de passage des tests

Les différents tests étant décrits ci-dessus, voici le déroulement de la séance :

- Explication du déroulé de la séance et de ses objectifs.
- Signature du formulaire de consentement (annexe 7).
- Installation du patient au centre des HP face au HP émettant le signal de parole.
- Otoscopie.
- Ouverture du logiciel OtoSuite.
- Vérification des seuils liminaires en conduction aérienne aux inserts.
- Connexion des aides auditives via Noah sur le logiciel fabricant.
- Stéréo-équilibre : vérification et réglage le cas échéant.
- Entraînement dans le silence : Vocale liste 10 de Lafon dans le silence.

Passage des tests de compréhension dans le bruit :

Passage du test Frasimat

- Entraînement (effectué une seule fois sur les trois passages).
- Test Frasimat.

Test de latéralisation

- Emission en champ libre du signal ISTS a 60db SPL.

Vocales dans le bruit

- Vocale 1 à 60 dB SPL avec RSB +3.
- Vocale 2 à 60 dB SPL avec RSB 0.
- Vocale 3 à 60 dB SPL avec RSB -3.

Entre chaque batterie de tests, un réglage parmi les trois étudiés (Stéréo-équilibré, Déséquilibré +3 -3 dB et Déséquilibré +6 -6) est appliqué de manière aléatoire.

Ainsi, on peut commencer les tests en étant déséquilibré ou non.

Lors des tests, nous nous assurons que le patient va bien pour, le cas échéant, arrêter la séance ou faire une pause.

En fin de session, les réglages initiaux des patients sont rétablis.

L'ensemble des scores ont été analysés par les logiciels Excel et JASP et BiosTGV.

3 Résultats

3.1 Analyse de dégradation contrôlée et Tests Frasimat

3.1.1 Statistiques descriptives

Dans un premier temps, nous avons analysé les scores des tests en fonction des trois réglages ST, D-3 et D-6.

Les statistiques descriptives nous montrent différents points :

Le test de Shapiro-Wilk montre que pris séparément, les scores constatés avec les trois réglages suivent une loi normale : pour le réglage ST $p=0,198$, pour le réglage D-3 $p=0,154$ et pour le réglage D-6 $p=0,649$.

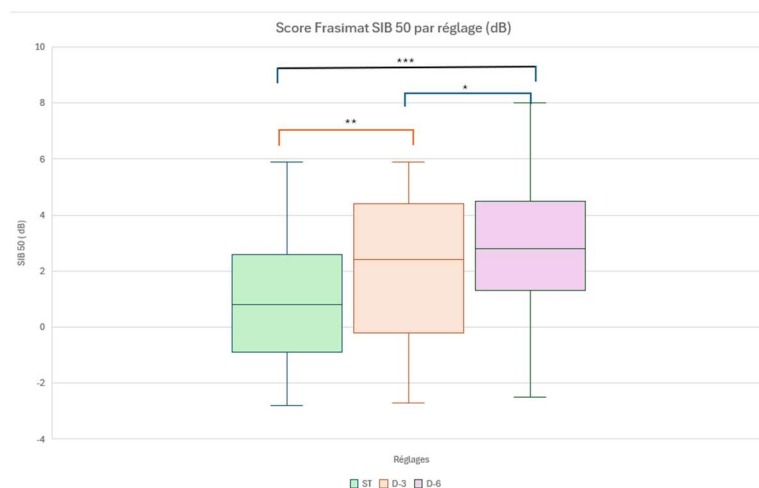


Figure 2 : Score Frasimat SIB 50 pour les trois réglages

Pour le réglage ST, le SIB 50 a une moyenne de 0,97 dB et un écart type de 2,43 dB.

Pour le réglage D-3, le SIB 50 a une moyenne de 2,09 dB et un écart type de 2,55 dB.

Pour le réglage D-6, le SIB 50 a une moyenne de 2,89 dB et un écart type de 2,76 dB.

Rappelons que le standard obtenu du SIB 50 pour un normo entendant est de -7,1 (+/- 1,4) dB.

Force est de constater que, malgré l'appareillage, les résultats obtenus avec appareils auditifs sont tous supérieurs de plus de 3dB par rapport à la norme du test pour le normo-entendant.

3.1.2 ANOVA

Pour analyser les scores du test Frasimat, nous avons effectué une analyse aux variances répétées ANOVA puisque nous comparons trois séries de scores pour un échantillon apparié.

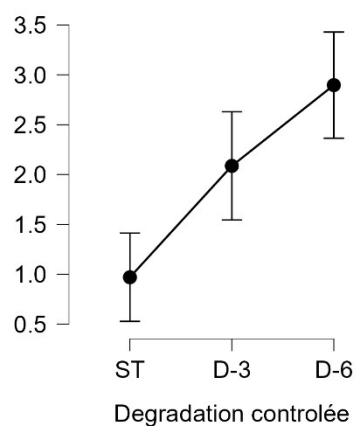


Figure 3 : Scores Frasimat en fonction des réglages

Le test de Mauchly atteste de la sphéricité avec $p=0,429 > 0,05$ et W proche de 1 (0,941).

Une analyse aux variances répétées indique une différence significative entre au minimum une paire de scores ($F(2,58)=15,187 ; p < 0,001$) $p < 0,05$.

En conclusion, l'effet de la dégradation sur le résultat du score du SIB 50 Frasimat est significatif entre au moins une paire.

Nous effectuons alors le test Post Hoc qui montre des différences significatives de score du Frasimat entre les paires de réglage ST- D-3, ST et D-6 et D-3 D-6.

En effet, si on privilégie la correction Holm, les trois paires présentent des différences statistiquement significatives : $P_{\text{holm}} = 0,005$ pour la paire ST D-3, $P_{\text{holm}} < 0,001$ pour la paire ST D-6 et $P_{\text{holm}} = 0,047 < 0,05$ pour la paire D-3 D-6.

Notons que la troisième paire D-3 D-6 est significative uniquement avec la correction de Holm et pas avec celle de Bonferroni.

En effet, les *p values* obtenues avec la correction de Bonferroni sont de :

$P_{\text{bonf}} = 0,007$ pour la paire ST D-3, $P_{\text{bonf}} < 0,001$ pour la paire ST D-6 et enfin, $P_{\text{bonf}} = 0,142 > 0,05$ pour la paire D-3 D-6.

Bien que la correction de Bonferroni n'indique pas de différence significative pour la troisième paire, la correction de Holm ($p = 0,047$) révèle une différence significative.

L'utilisation de Holm étant moins conservatrice, plus équilibrée et plus adaptée à des petits échantillons, nous concluons qu'il existe une différence significative entre les trois paires.

En conclusion, il y a une différence significative des scores de SIB 50 entre les trois situations, le réglage stéréo-équilibré offre donc une meilleure compréhension dans le bruit et une dégradation de ce dernier a une conséquence immédiate sur l'intelligibilité.

3.1.3 Régression linéaire

Nous avons cherché à analyser les corrélations des scores en fonction des réglages dans le but de modéliser les effets de la dégradation.

3.1.3.1 Régression linéaire et prédiction de scores du réglage D-3 à partir du ST

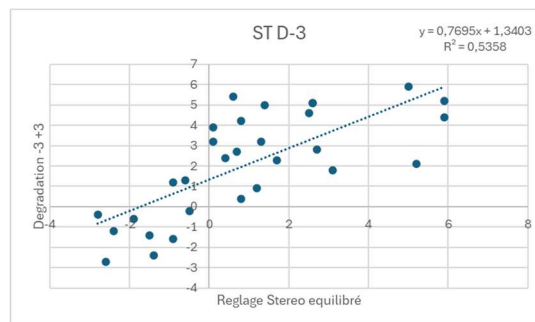


Figure 4 : Régression linéaire et prédiction D-3 à partir de ST

Nous constatons une forte corrélation entre les variables : $R=0,732$. $R^2=0,536$.

Sur le tableau des coefficients, on trouve :

1- Une valeur d'intercept (1,340) significative avec $p<0,001$.

Cela signifie que lorsque la variable prédictive (réglage équilibré) est nulle, la valeur prédite du réglage équilibré est de + 1,340 ; cette estimation statistique est fiable.

2 – Une variable prédictive (réglage équilibré) (0,769) hautement significative $p<0,001$

Avec X score réglage équilibré et Y score réglage D-3 (dépendant variable de X), on établit une droite de corrélation dont l'équation est $Y=0,769 X +1,340$.

3.1.3.2 Régression linéaire et prédiction de scores du réglage D-6 à partir du ST

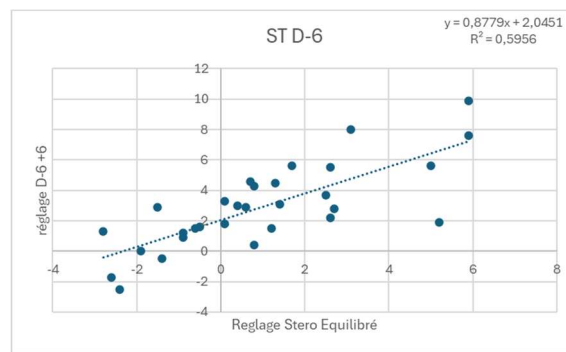


Figure 5 : Régression linéaire et prédiction D-6 à partir de ST

En faisant la même démarche, nous constatons une forte corrélation entre les variables : $R=0,772$. $R^2=0,596$, ce qui est solide.

L'intercept (2,045) est significatif : $p<0,001$ et la variable prédictive (0,878) est hautement significative $p<0,001$.

Nous en déduisons comme précédemment l'équation de la droite de corrélation suivante : Y (score D-6) $=0,878 X + 2,045$

3.1.3.3 Régression linéaire et prédiction de scores du réglage D-6 à partir du D-3

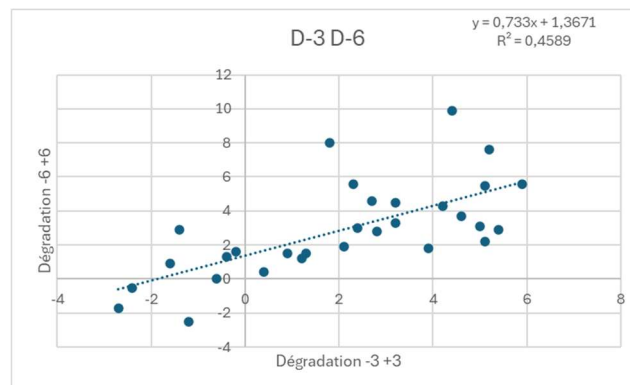


Figure 6 : Régression linéaire et prédiction D-6 à partir de D-3

Enfin, avec le même mode opératoire, nous trouvons une forte corrélation entre les variables : $R=0,677$. $R^2=0,459$.

L'intercept (1,367) est significatif : $p<0,001$ et la variable prédictive (0,733) est hautement significative $p<0,001$.

Nous en déduisons comme précédemment l'équation de la droite de corrélation suivante : $Y (\text{score D-6}) = 0,733 X + 1,367$.

3.1.3.4 Conclusion

Nous constatons une forte corrélation lorsque les réglages sont dégradés, affectant le score global de SIB 50 et avec pour conséquence une baisse de compréhension dans le bruit. L'estimation statistique est fiable et les modèles de prédiction solides.

3.2 Test de latéralisation

3.2.1 Résultats du test de latéralisation

A chaque type de réglage, nous avons présenté un signal ISTS en face du sujet et nous lui avons demandé selon lui, d'où provenait ce son. L'objectif de la question est de mesurer si un décalage de stéréo-équilibre est perceptible pour le malentendant.

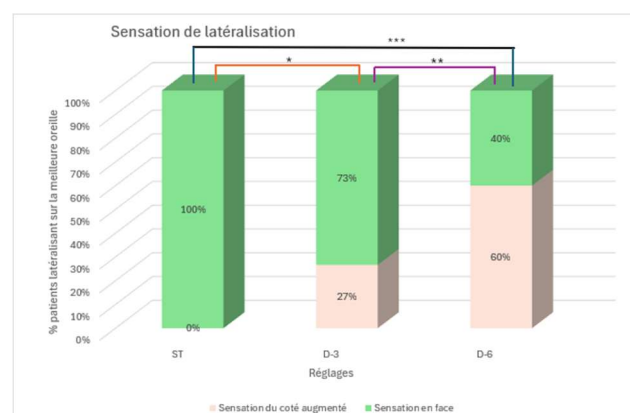


Figure 7 : sensation de localisation du locuteur en fonction des réglages

La figure indique que 100% des patients ont la sensation que le locuteur parle en face de lui pour le réglage stéréo-équilibré, 73% pour le réglage D-3 et 40% pour le réglage D-6.

27% ont la sensation que le locuteur parle du côté augmenté pour le réglage D-3 et 60% pour le réglage D-6.

3.2.2 Analyse statistique du test de latéralisation

Nous avons cherché à analyser si la perception auditive du patient en termes de latéralisation change lorsque l'on dégrade le stéréo-équilibrage en augmentant la meilleure oreille. Pour ce faire, étant dans le cas d'échantillon apparié, nous avons effectué des tests de McNemar par paire dans le but d'évaluer si les changements de perceptions auditives en termes de latéralisation sont significatifs entre les réglages.

Pour la paire ST D-3, il existe une différence significative ($p=0,0133 < 0,05$)

Pour la paire ST D-6, il existe une différence significative ($p=6,15 \cdot 10^{-5} < 0,05$)

Pour la paire D-3 D-6, il existe une différence significative ($p=0,0044 < 0,05$)

3.2.3 Conclusion

Les tests de McNemar montrent qu'une dégradation du stéréo-équilibrage, en augmentant le gain de la meilleure oreille et en diminuant la moins bonne, entraîne des changements significatifs de la perception de latéralisation par les patients appareillés.

3.3 Listes dissyllabiques de Lafon avec des RSB fixes

Nous avons présenté neuf listes dissyllabiques de Lafon avec, pour chaque réglage ST, D-3 et D-6 un bruit de cocktail party que l'on trouve sur les disques du collègue et trois RSB différents par réglage : RSB +3, RSB 0 et RSB -3.

Pour les analyses d'écarts, nous avons réalisé des ANOVA aux mesures répétées et puis en cas d'écart significatif des tests Post Hoc de Conover et lorsque la sphéricité était violée nous avons effectué le test non paramétrique de Friedman puis en cas d'écart significatif, des tests Post hoc associés de Conover

3.3.1 Analyse d'écart de score par réglage en fonction du RSB

Les graphiques de scores sont les suivants :

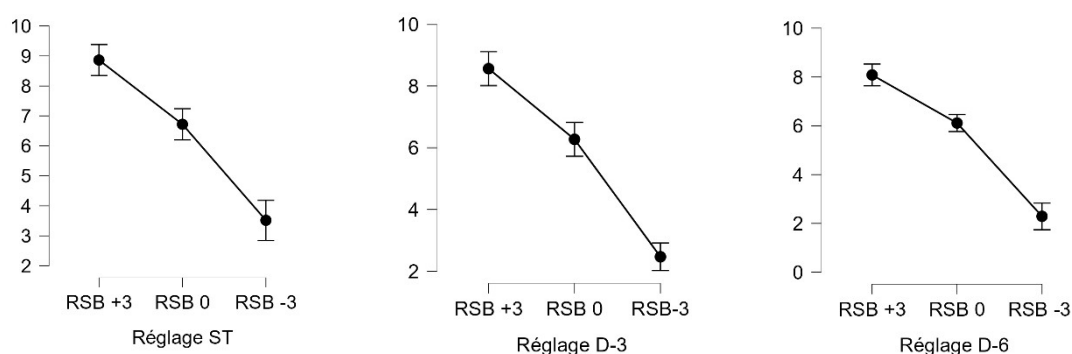


Figure 8 : Scores des listes de mots dans le bruit en fonction des RSB pour chaque réglage

Dans tous les cas de figure, nous avons constaté des différences significatives de scores lorsque le RSB varie.

Les analyses aux variances répétées indiquent des différences significatives pour au moins une paire dans les situations de réglage ST ($F(2,58)=217,210$; $p < 0,001$) $p < 0,05$, réglage D-3 paire ($F(2,58)=148,075$; $p < 0,01$) $p < 0,05$, et réglage D-6 où la sphéricité est violée (Mauchly $p = 0,019 < 0,05$), au test de Friedman $p < 0,001$.

Pour le réglage stéréo-équilibré, les trois p values au Post Hoc de Conover entre les scores des 3 RSB $<.001$, attestant de différences significatives. Les moyennes de scores sont pour le RSB+3 de 89%, pour le RSB 0 de 67% et pour le RSB -3 de 35%.

Pour le réglage D-3, les trois p values au Post Hoc de Conover entre les scores des 3 RSB $<.001$, attestant de différences significatives. Les moyennes de scores sont pour le RSB+3 de 86%, pour le RSB 0 de 63% et pour le RSB -3 de 25%.

Enfin, pour le réglage D-6, nous avons dû faire un test non paramétrique de Friedman puis le test Post Hoc associé de Conover avec également les trois p values entre les scores des 3 RSB $<.001$, attestant de différences significatives. Les moyennes de scores sont pour le RSB+3 de 81%, pour le RSB 0 de 61% et pour le RSB -3 de 23%.

Les scores décroissent de manière significative pour tous les réglages si on dégrade le RSB, ce qui paraît assez logique puisque l'on augmente la difficulté de compréhension.

3.3.2 Analyse d'écart de score par situation de RSB vs réglages.

Les graphiques sont les suivants :

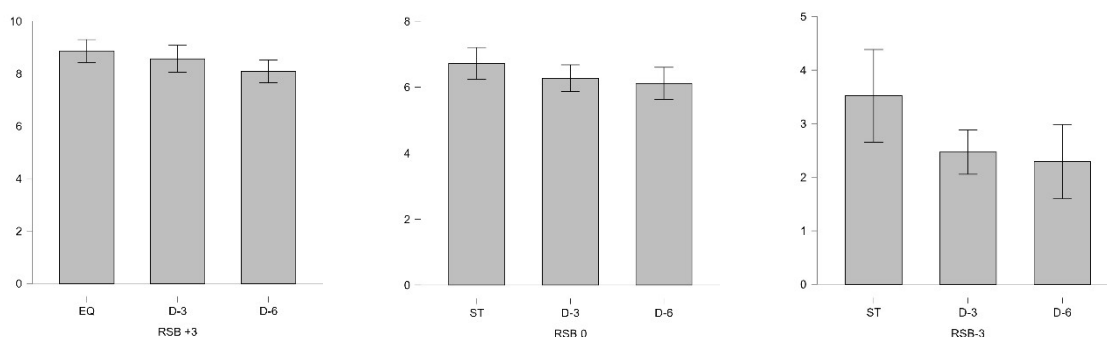


Figure 9 : Scores des listes de mots dans le bruit en fonction des réglages pour chaque RSB.

Notons que nous avons fait au préalable une audiométrie vocale dans le calme avec un score de 99%.

Pour la configuration ou le RSB +3 donc un signal plus fort que le bruit, nous avons des résultats pour les réglages ST de 89%, D-3 de 86% et D-6 de 81%.

Une analyse aux variances répétées indique qu'il n'y a pas de différence significative entre les paires ($F(2,58)=3,034$; $p < 0,056$) $p > 0,05$.

Pour la configuration ou le RSB est à 0 donc un signal aussi fort que le bruit, nous avons des résultats pour les réglages ST de 67%, D-3 de 63% et D-6 de 61%.

Une analyse aux variances répétées indique qu'il n'y a pas de différence significative entre les paires ($F(2,58)=1,950$; $p=0,151$) $p > 0,05$.

Pour la configuration ou le RSB est à -3 donc un signal moins fort que le bruit, nous avons des résultats pour les réglages ST de 35%, D-3 de 25% et D-6 de 23%.

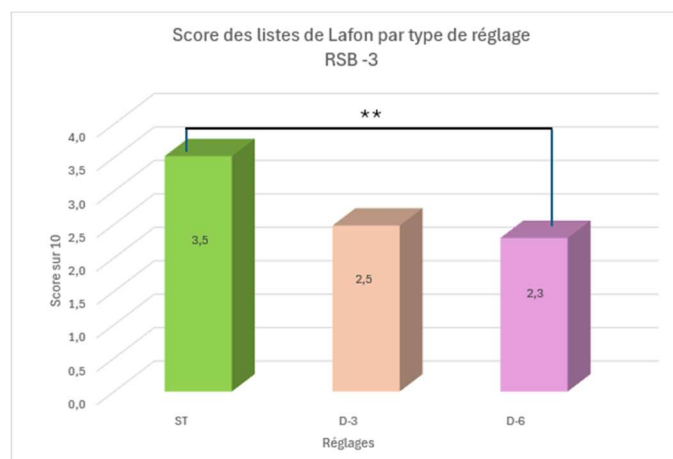


Figure 10 : Scores des listes de mots dans le bruit en fonction des réglages pour chaque RSB

Pour cette configuration, nous avons effectué un test de Friedman qui indique une différence significative $p=0,008$, puis un test Post Hoc qui montre une différence de score significative pour la paire réglage ST et D-6 $p_{\text{bonf}} = 0,005$, $p_{\text{holm}} = 0,005$. Entre les réglages ST et D-3 la p value brute $p = 0,04$. Si on applique la correction de Bonferroni $p = 0,119$ et celle de Holm, $p = 0,079$. Nous resterons prudents sur l'affirmation de différence significative dans ce cas.

3.3.3 Conclusion

Nous avons un écart significatif entre le réglage ST et D-6, et nous constatons qu'il n'y a pas d'écart significatif de scores pour les situations de RSB +3 ou RSB 0. Nous interprétons ce résultat comme étant logique dans la mesure où la voix est supérieure ou égale au bruit et que le patient n'est pas en grande difficulté de compréhension.

En revanche, lorsque le bruit est supérieur de 3 dB à la parole, nous constatons une supériorité de score pour le réglage équilibré et des écarts significatifs entre le réglage ST et les réglages D-6, et dans une moindre mesure entre le réglage ST et D-3.

Nous concluons que lorsque le RSB devient défavorable, le réglage ST offre une meilleure chance de compréhension dans le bruit.

4 Discussion

4.1 Interprétation des résultats

Pour rappel, l'hypothèse de résultat qui a été choisie dans le cadre de ce mémoire est de se rapprocher des conditions d'écoute binaurale et équilibrée, pour accroître le rétablissement des indices acoustiques et la capacité de les traiter, et permettre ainsi

de mieux traiter l'information pour améliorer la compréhension dans les milieux bruyants.

Les résultats de cette étude d'impact de la dégradation du stéréo-équilibrage montrent plusieurs éléments par rapport à nos questions préliminaires et aux hypothèses posées en introduction.

La première question était de nous interroger sur ce qui pourrait être le plus efficace lors d'un réglage afin d'améliorer la compréhension dans le bruit : privilégier le stéréo-équilibrage ou augmenter la meilleure oreille.

Le Test Frisimat nous a montré qu'un réglage qui privilégie une augmentation de gain du côté de la bonne oreille va dégrader le SIB 50 et ce, à partir d'une dégradation assez minime du stéréo équilibrage de 6dB. A contrario, un réglage équilibré va améliorer le SIB 50 et de ce fait, accroître l'intelligibilité dans le bruit.

Nous nous étions posé la question de la sensibilité de l'impact de la dégradation du stéréo-équilibrage sur le SIB 50. Nous avons constaté une sensibilité importante de la dégradation du SIB avec un faible écart de dégradation, en l'occurrence seulement 6 dB : +3 dB sur la bonne oreille et -3 dB sur la moins bonne oreille). Pour rappel, les scores de SIB 50 sont de 0,97 dB pour un réglage stéréo-équilibré, qu'il passe à 2,09 dB lorsque l'on dégrade ce stéréo-équilibrage en augmentant la meilleure oreille de 3 dB et lorsque l'on diminue de 3dB la moins bonne et passe à 2,89 dB en faisant +6 dB sur la bonne oreille et -6 dB sur la moins bonne. Nous avons également constaté une forte corrélation lorsque les réglages sont dégradés, affectant le score global de SIB 50 et une baisse de compréhension dans le bruit.

En revanche, même si les tests des listes de Lafon dans le bruit corroborent ce constat, les écarts sont moins sensibles que pour les scores Frasimat.

Les écarts de score ne sont pas significatifs lorsque la parole est plus forte ou égale en intensité que le bruit. Il faut noter qu'ils deviennent visibles et significatifs à deux conditions : à partir du moment où le RSB est défavorable, c'est-à-dire que le bruit est supérieur au signal de parole, et si au niveau du réglage le déséquilibre est plus important (12dB).

A la question de savoir si la compréhension dans le bruit est détériorée ou améliorée avec un réglage stéréo-équilibré ou dégradé avec augmentation du gain de la meilleure oreille, la réponse est positive avec un RSB défavorable et une dégradation du stéréo-équilibrage avec une augmentation du gain de 6 dB sur la meilleure oreille et -6 dB sur la moins bonne.

Nous nous interrogeons également sur l'effet de cette dégradation sur la perception de latéralisation et de stéréo-équilibrage des patients. Notre étude a montré que la dégradation contrôlée du stéréo-équilibrage entraîne des changements significatifs de perception de la latéralisation. Malgré ce résultat, nous avons observé que ce n'est pas être stéréo-équilibré est loin d'être perçu pour un petit écart de 6 dB avec 27% des patients qui le remarquent et somme toute encore peu perceptible avec 12 dB d'écart avec 60% de patients qui le constatent. Il n'est donc pas évident qu'un patient indique qu'il n'est pas stéréo-équilibré au quotidien. Notre conclusion est qu'il est préférable de privilégier un réglage stéréo-équilibré plutôt que d'augmenter le gain de la meilleure oreille pour contribuer à améliorer la compréhension dans des milieux bruyants.

Notre hypothèse est donc que le stéréo-équilibrage contribue bien à rétablir une audition binaurale. Cela est cohérent avec la littérature et des études qui montrent que la fonction d'écoute binaurale, grâce au traitement des indices acoustiques, permet l'audition spatiale et le démasquage binaural.

4.2 Limites de l'étude

Différentes remarques peuvent être effectuées sur cette étude :

4.2.1 Test de dégradation contrôlée et Frasimat

Bien que le protocole classique du Frasimatest soit normé avec la présentation conjointe de la parole et du bruit pour tester l'intelligibilité dans le bruit, il n'en reste pas moins que ce n'est pas une configuration écologique. Nous avons effectué le test en diotique avec 1 HP au regard de la configuration de la cabine mais il serait intéressant, sans remettre en cause le protocole, de tester en condition écologique.

D'autre part, même si la reproductibilité des scores du test a été testée, il aurait pu être intéressant de faire plusieurs passages du test afin d'affiner les scores grâce à l'effet d'entraînement. Nous avons bien sûr effectué un test d'entraînement mais au regard du nombre de tests à réaliser dans le protocole en 30 minutes, nous avons choisi de faire un seul passage par situation de réglage.

4.2.2 Test de latéralisation

Ce test est un test subjectif et il est parfois compliqué pour les patients de comprendre les consignes. Les résultats peuvent peut-être être altérés si le patient n'a pas bien intégré ce que nous attendons de lui. Nous aurions également pu proposer une option supplémentaire « ne sais pas », et choisir un test de sonie pour les consignes à la place de la latéralisation.

4.2.3 Test de listes de mots

Nous avons prêté une attention toute particulière au fait d'éviter l'effet d'apprentissage. Nous avons eu recours au passage aléatoire des situations de réglages, et utilisé 9 listes différentes pour les 9 configurations de réglages combinés aux situations de RSB.

La principale remarque est que pour chaque configuration, par exemple réglage D-3 et RSB 0 dB, la même liste a été présentée pour les 30 sujets. Nous pouvons avoir un effet de liste car certaines semblent plus simples que d'autres. Il pourrait être judicieux de mélanger les listes dans le protocole pour gommer cet effet de liste.

Par ailleurs, nous avons constaté qu'il y avait peu d'écart entre les situations où le RSB est à +3 dB ou à 0 dB. Il eut été certainement judicieux d'étudier des situations avec un RSB inférieur à -3 dB et étudier l'effet de la dégradation du stéréo-équilibre dans des situations très bruyantes et comparer les résultats avec un groupe de normaux-entendants.

4.3 Implications cliniques

Au regard des résultats observés, les deux implications cliniques dans la pratique quotidienne de l'audioprothésiste sont, dans l'optique d'améliorer la compréhension dans le bruit, de privilégier un réglage de stéréo-équilibre à 55 dB SPL, soit au niveau de la voix normale, et de ne pas privilégier une augmentation de gain sur une oreille qui serait meilleure.

Cette pratique est plus facilement réalisable dans le cas de pertes symétriques de type presbyacousie que sur de fortes pertes asymétriques.

4.4 Perspectives futures

Nous pouvons reprendre les remarques citées ci-dessus :

Concernant les tests par encadrement, effectuer plusieurs passages de Frasimat, ou utiliser un autre type de test normé dans le bruit.

Proposer une option « ne sais pas » au test de latéralisation.

Effectuer un test de sonie à la place du test de latéralisation.

Concernant les tests de listes, faire passer les listes de manière aléatoire et tester des situations avec des RSB inférieurs à -3 dB, par exemple -6 dB, -9 dB.

Concernant les sujets testés, investiguer l'impact des réglages pour les surdités asymétriques avec des niveaux de surdités catégorisées et sur de plus grands échantillons.

5 Conclusion

La question principale de ce mémoire était de nous interroger sur ce qui pourrait être le plus efficace lors d'un réglage afin d'améliorer la compréhension dans le bruit, à savoir privilégier le stéréo-équilibre ou augmenter le gain de la meilleure oreille en prenant pour hypothèse que le stéréo-équilibre à voix moyenne reconstitue dans la mesure du possible une audition binaurale, permettant de traiter les indices acoustiques en améliorant le démasquage binaural et la compréhension dans le bruit.

Nous avons choisi des tests dans le bruit par encadrement, avec des RSB fixes et subjectifs par dégradation contrôlée du stéréo-équilibre.

Les principaux résultats observés attestent que notre hypothèse de départ est la plus efficace et aide significativement la compréhension dans des milieux complexes.

Nous avons noté des différences significatives sur les scores du SIB 50 dès que nous appliquons une petite dégradation, en l'occurrence de 6 dB en augmentant le gain de la meilleure oreille et en diminuant celui de la moins bonne, impactant de facto la compréhension dans le bruit.

De même, nous avons constaté des différences significatives sur les scores de compréhension des listes de mots dans le bruit dès lors que nous avons un RSB inférieur à 0 dB, avec une différence significative si on dégrade le stéréo-équilibre de 12 dB en augmentant la meilleure oreille de 6 dB et en diminuant la moins bonne de 6 dB.

Malgré des différences significatives au test de latéralisation, les patients ne se rendent pas forcément compte qu'ils ne sont pas globalement stéréo-équilibrés lorsqu'ils se retrouvent en situation de présentation d'un signal en diotique. Nous pensons que c'est un item à prendre en considération lorsque l'audioprothésiste échange avec eux.

Il nous semble opportun dans la pratique courante dans les cas de surdités bilatérales légères à moyennes ou de type presbyacousie de privilégier un stéréo-équilibre plutôt que de proposer plus de gain sur la meilleure oreille pour espérer améliorer l'intelligibilité dans les milieux bruyants.

6 Bibliographie

- Akeroyd, M. A. (2006). The psychoacoustics of binaural hearing. *International Journal of Audiology*, 45 Suppl 1, S25-33. <https://doi.org/10.1080/14992020600782626>
- Avan, P. (2006). Mécanismes neurophysiologiques de la binauralité. *Georric*, 15(Mars 2006), 32-34.
- Avan, P., Giraudet, F., & Büki, B. (2015). Importance of binaural hearing. *Audiology & Neuro-Otology*, 20 Suppl 1, 3-6. <https://doi.org/10.1159/000380741>
- Bronkhorst, A. W. (2000). The cocktail party phenomenon : A review of research on speech intelligibility in multiple-talker conditions. *Acta acustica united with acustica*, 86(1), 117-128.
- Cherry, E. C. (1953). Some experiments on the recognition of speech, with one and with two ears. *Journal of the acoustical society of America*, 25, 975-979.
- Cox, R. M., DeChicchis, A. R., & Wark, D. J. (1981). Demonstration of binaural advantage in audiometric test rooms. *Ear and Hearing*, 2(5), 194-201.
- Decroix, G., & Dehaussy, J. (1966). Restauration de l'audition binaurale par appareillages stéréophoniques. Stéréaudiométrie, mesure de l'audition binaurculaire. *Revue de Laryng., Otol., Rhinol. NSpécial de Phono-Audiol*, 9-10, 747-764.
- DODELE, L., ESTOPPEY, P., SCHWOB, C., & DODELE, D. (2007a). L'appareillage de l'adulte, le contrôle d'efficacité prothétique, Précis d'Audioprothèse, tome III.

Chapitre VII: le contrôle immédiat d'efficacité prothétique, A. Mesures subjectives, Les Editions du Collège National d'Audioprothèse, 193-206.

DODELE, L., ESTOPPEY, P., SCHWOB, C., & DODELE, D. (2007b). L'appareillage de l'adulte, Précis d'Audioprothèse, tome III. *Chapitre V: le contrôle immédiat d'efficacité prothétique, B. Mesures subjectives, Les Editions du Collège National d'Audioprothèse, 130-132.*

Feddersen, W. E., Sandel, T. T., Teas, D. C., & Jeffress, L. A. (1957). Localization of high-frequency tones. *the Journal of the Acoustical Society of America*, 29(9), 988-991.

Feuerstein, J. F. (1992). Monaural versus binaural hearing : Ease of listening, word recognition, and attentional effort. *Ear and hearing*, 13(2), 80-86.

Fletcher, H., & Munson, W. A. (1933). Loudness, Its Definition, Measurement and Calculation*. *Bell System Technical Journal*, 12(4), 377-430.
<https://doi.org/10.1002/j.1538-7305.1933.tb00403.x>

Gallego, S., Collet, L., Truy, E., & Dubreuil, C. (2006). Réhabilitation des patients ayant une (sub)cophose unilatérale. *Ouïe Magazine*, 4, 38-44.

Gallégo, S., Gerbeau, G., & Seldran, F. (2025, janvier). Surdit  bilatérale asymétrique et st reo-équilibre. *Les Cahiers de l'Audition*, 45-48.

Giolas, T. G., & Wark, D. J. (1967). Communication Problems Associated with Unilateral Hearing Loss. *Journal of Speech and Hearing Disorders*, 32(4), 336-343. <https://doi.org/10.1044/jshd.3204.336>

- Hawley, M. L., Litovsky, R. Y., & Colburn, H. S. (1999). Speech intelligibility and localization in a multi-source environment. *The Journal of the Acoustical Society of America*, 105(6), 3436-3448. <https://doi.org/10.1121/1.424670>
- Hirsh, I. J. (1948). The influence of interaural phase on interaural summation and inhibition. *The Journal of the Acoustical Society of America*, 20(4), 536-544.
- Joris, P. X. (1996). Envelope coding in the lateral superior olive. II. Characteristic delays and comparison with responses in the medial superior olive. *Journal of Neurophysiology*, 76(4), 2137-2156. <https://doi.org/10.1152/jn.1996.76.4.2137>
- Licklider, J. C. R. (1948). The influence of interaural phase relations upon the masking of speech by white noise. *The Journal of the Acoustical Society of America*, 20(2), 150-159.
- Marks, L. E. (1978). Binaural summation of the loudness of pure tones. *The Journal of the Acoustical Society of America*, 64(1), 107-113.
- Mehrgardt, S., & Mellert, V. (1977). Transformation characteristics of the external human ear. *The Journal of the Acoustical Society of America*, 61(6), 1567-1576.
- Middlebrooks, J. C., & Green, D. M. (1991). Sound localization by human listeners. *Ann Rev Psychol*, 42, 135-159.
- Noble, W., Byrne, D., & Ter-Horst, K. (1997). Auditory localization, detection of spatial separateness, and speech hearing in noise by hearing impaired listeners. *The Journal of the Acoustical Society of America*, 102(4), 2343-2352.

- Rayleigh, Lord. (1907). XII. *On our perception of sound direction*. *The London, Edinburgh, and Dublin Philosophical Magazine and Journal of Science*, 13(74), 214-232. <https://doi.org/10.1080/14786440709463595>
- Robert S.woodworth. (1938). *Experimental Psychology* (robert S.woodworth). <http://archive.org/details/in.ernet.dli.2015.188225>
- Thompson, S. P. (1878). L. *Phenomena of binaural audition—Part II*. *The London, Edinburgh, and Dublin Philosophical Magazine and Journal of Science*, 6(38), 383-391. <https://doi.org/10.1080/14786447808639528>
- van Schijndel, N. H., Houtgast, T., & Festen, J. M. (2001). The effect of intensity perturbations on speech intelligibility for normal-hearing and hearing-impaired listeners. *The Journal of the Acoustical Society of America*, 109(5 Pt 1), 2202-2210. <https://doi.org/10.1121/1.1358301>

7 Annexes

1 Extrait du JORF Arrêté du 14 novembre 2018 portant modification des modalités de prise en charge des aides auditives et prestations associées

16 novembre 2018

JOURNAL OFFICIEL DE LA RÉPUBLIQUE FRANÇAISE

Texte 7 sur 95

L'aide auditive pré choisie par le patient avec l'aide de l'audioprothésiste doit faire l'objet d'un essai systématique. Sa durée minimale est de 30 jours. Cette période peut être prolongée à la demande écrite du prescripteur dans les situations où l'aide auditive s'inscrit dans différentes solutions thérapeutiques, isolées ou en association, dans la limite de 45 jours. Au moins deux séances sont effectuées pour chaque essai. A l'issue de la période d'adaptation probatoire, le patient est libre s'il le souhaite de demander une nouvelle période d'adaptation probatoire avec une autre aide auditive en cas d'échec de la première. L'audioprothésiste a alors l'obligation de répondre à la demande du patient.

Un compte rendu de l'adaptation probatoire est adressé au prescripteur dans les 7 jours suivant la facturation.

Le compte rendu doit contenir les informations suivantes :

- caractéristiques de l'audiométrie de la personne : un résumé succinct doit rappeler l'importance de la surdité, et son type (transmission, perception, mixte) ;
- descriptif de sa motivation : le profil de motivation du patient doit être défini de façon à mieux prédire d'éventuelles difficultés ultérieures (la motivation peut notamment être décrite à l'aide des termes suivants : opposition, peu motivé participation passive, participation active, etc.) ;
- types d'aides auditives préconisées : la classe de l'aide auditive renseignée en indiquant le modèle et le type général (intra-auriculaire, contour d'oreille ou à écouteur déporté) et le gain acoustique de l'appareil ;
- les audiométries de gain : différence en champ libre avec appareils en tonal et en vocal adaptés à la personne (milieu silencieux et/ou milieu bruyant, type de matériel vocal) ;
- le nombre d'heures moyen quotidien d'utilisation de l'aide auditive lors de cet essai doit être systématiquement indiqué ;
- des situations et tests particuliers réalisés, de type tests dans le bruit, la localisation sonore spatiale, les questionnaires autres, les courbes de réponse des appareils en oreille artificielle ou in vivo seront jointes systématiquement.

4) L'accompagnement à l'utilisation des aides auditives

L'accompagnement consiste essentiellement à faire comprendre et accepter les étapes et la progressivité de la détection et de la discrimination de l'environnement sonore modifié (parole ou bruits). Il comprend les conseils d'adaptation, de manipulation de l'appareil, l'information sur le changement des piles le cas échéant, sur les conditions d'utilisation de l'aide auditive en fonction des situations sonores, et des extensions possibles dans divers lieux (dispositifs communicants avec l'appareil auditif : bobine d'induction magnétique, Bluetooth le cas échéant) ainsi que l'information du patient sur l'entretien de l'aide auditive.

5) le suivi initial et le contrôle permanent de l'appareil sont nécessaires. Pendant les douze premiers mois de l'appareillage, doivent être proposés au minimum :

- des séances de contrôle de l'efficacité de l'appareillage au 3^e, 6^e mois, et 12^e mois après la délivrance de l'aide auditive ;
- une évaluation de l'évolution de la perte auditive et de la satisfaction à 6 mois ;
- le bilan audiométrique suivant sera réalisé lors des séances de contrôle au 3^e, 6^e et au 12^e mois :
 - le gain audiométrique tonal en champ libre ;
 - le gain audiométrique vocal en champ libre à des niveaux d'intensité allant de la voix forte à la voix chuchotée ;
 - l'audiométrie vocale en présence de bruit ;
 - selon les cas, et dans tous les cas au moins une fois dans l'année lors des séances de contrôle : localisation spatiale ou équilibrage inter-aural, réglages in-vivo ou coupleur des courbes de réponses, taux de compression, et niveau maximum de sortie.

6) la gestion administrative du dossier du patient, et notamment l'envoi du (ou des) compte(s) rendu(s) d'appareillage au médecin prescripteur et au médecin traitant.

Lors de la dernière séance réalisée dans le cadre de la période d'adaptation probatoire de 30 jours, l'audioprothésiste déclenche l'envoi du questionnaire « Evaluation R – partie 2 » (par voie électronique ou postale selon le choix du patient).

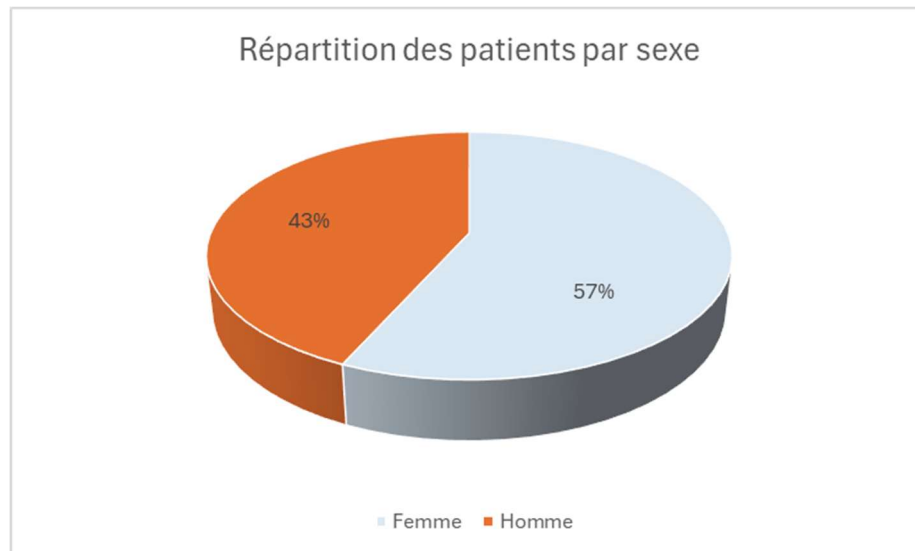
VI.2. Prestation de suivi

Les prestations de suivi ont pour objectifs l'amélioration continue des réglages de l'aide auditive et l'optimisation de l'observance. L'audioprothésiste doit pour cela prévoir des séances régulières au cours desquelles il assure l'adaptation technique de l'aide auditive. La fréquence minimale recommandée du suivi est bi-annuelle, après la première année. Les prestations de suivies sont enregistrées via télétransmission.

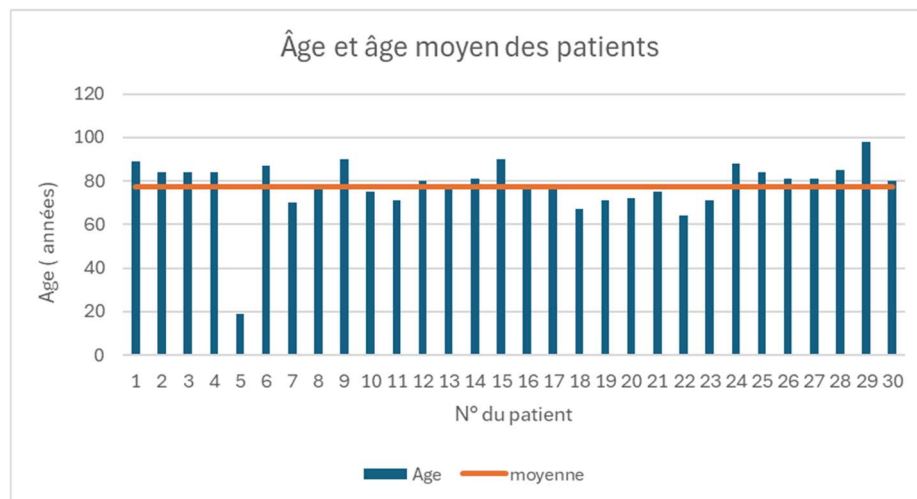
Les contrôles effectués lors de ce suivi comportent les tests nécessaires à la vérification de l'efficacité de l'appareillage (contrôle de l'audition et courbes de l'appareillage), la modification des réglages de l'aide auditive si les besoins du patient le nécessitent, ainsi que l'entretien nécessaire afin d'obtenir chaque année l'ensemble des éléments suivants :

- réglages in-vivo ou au coupleur des courbes de réponses, taux de compression et niveau maximum de sortie ;
- gain ;

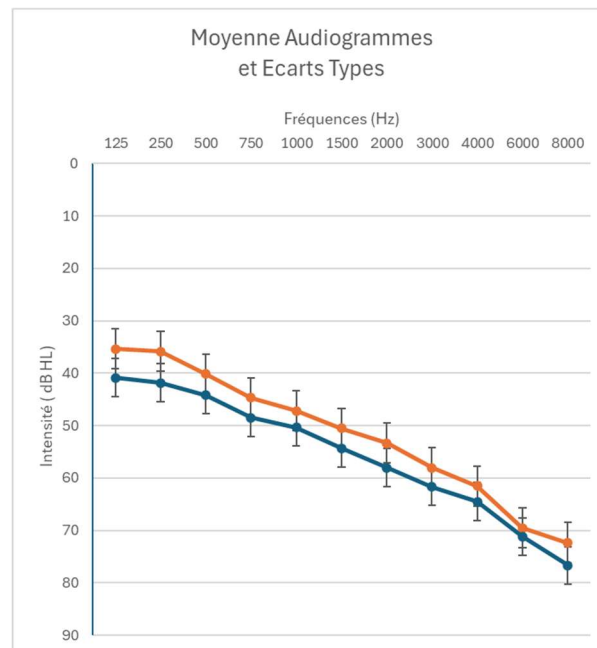
2 Répartition des patients par sexe



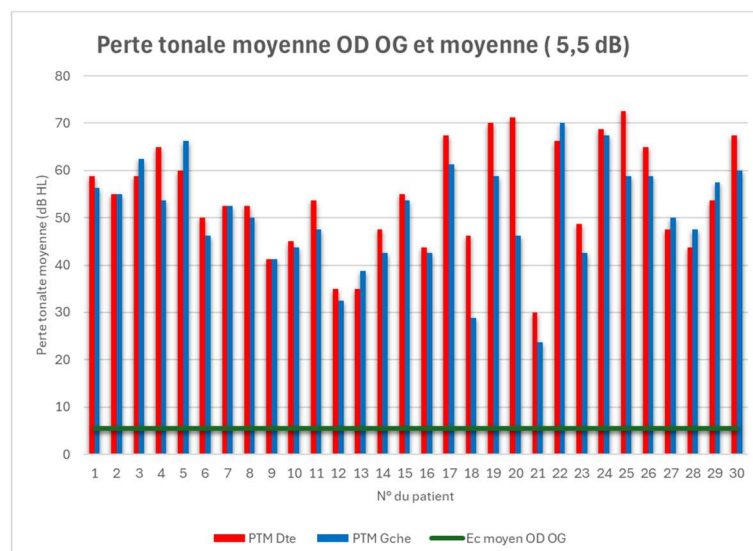
3 Âge et âge moyen des patients de l'étude



4 Moyenne des audiogrammes des patients et écarts types



5 Perte tonale moyenne par oreille et écart OD OG



6 Listes dissyllabiques de Lafon

AUDIOMETRIE VOCALE

Listes dissyllabiques

Test phonétique de J.-C. Lafon

Patient

Date	Voix		Voix		Voix		Voix		Voix	
	M		M		M		M		M	
Audiomètre	F		F		F		F		F	
	E		E		E		E		E	
Opérateur	CD 2									
	piste									
Observations	1		2		3		4		5	
	3 13 23		4 14 24		5 15 25		6 16 26		7 17 27	
	devant		genou		repas		volcan		cheval	
	facteur		lundi		milieu		refrain		parfum	
	bassin		sommeil		sapin		tailleur		sabot	
	citron		cerceau		sourcil		tissu		concert	
	dossier		buffet		museau		signal		poussin	
	jumeau		ballon		talon		soldat		muguet	
	caillou		patron		cadeau		départ		noyau	
	galop		mendiant		réveil		boucher		dîner	
	prénom		voisin		bouquet		berger		métal	
	poulain		rôti		grenier		moineau		désert	
	/ 10		/ 10		/ 10		/ 10		/ 10	

Voix		Voix		Voix		Voix		Voix	
M		M		M		M		M	
F		F		F		F		F	
E		E		E		E		E	
CD 2									
piste									
6		7		8		9		10	
8 18 28		9 19 29		10 20 30		11 21 31		12 22 32	
velours		maillot		repos		renard		neveu	
jeudi		docteur		cheveu		meunier		moteur	
chausson		palais		tunnel		salon		salut	
costume		dessert		serpent		pinceau		français	
dessin		buvard		sifflet		sommier		ruisseau	
balai		chagrin		cadran		ruban		début	
carré		journal		bourgeon		hangar		printemps	
fagot		filet		métier		visage		lilas	
lampion		maçon		canard		couteau		canon	
traîneau		secours		moulin		billet		bijou	
/ 10		/ 10		/ 10		/ 10		/ 10	

7 Formulaire d'information et de consentement

FORMULAIRE D'INFORMATION ET DE CONSENTEMENT

N° d'identification du participant :

Mémoire de fin d'étude sur le stéréo-équilibrage

RECHERCHE QUALITATIVE

Introduction: Mémoire de fin d'étude sur le stéréo-équilibrage, Tests dans le bruit

.....
.....
.....
.....
.....
.....
.....

Les objectifs de ce projet sont d'explorer :

Enumérer les objectifs :

.....
.....
.....
.....

La finalité est.....
.....

Réalisation de l'entretien :

Cet entretien sera réalisé par *Jean Christophe DUBUC* suivant vos disponibilités, dans les locaux
AUDIKA LEA PARIS ETOILE 24 avenue de Friedland 75008 Paris

Il durera de 30 minutes et sera enregistré de façon anonyme.

Qu'est ce qui se passe si je participe?

Vous participerez à un entretien individuel où l'on vous posera des questions et un test
audiométrique.

Vous avez la possibilité d'arrêter à n'importe quel moment sans fournir d'explication.

Comment sera traitée l'information recueillie ?

Les enregistrements seront retranscrits mot à mot de façon anonyme et confidentielle.

Une fois transcrits, les enregistrements seront détruits. Les transcriptions seront gardées de façon sécurisée.

L'analyse des données sera réalisée par Jean Christophe DUBUC et en collaboration avec David TRAN

Les résultats seront utilisés dans le cadre du mémoire auprès de l'école et peuvent éventuellement être publiés.

Merci de noter vos initiales dans chaque case :

1. Je confirme avoir lu et compris l'information ci-dessus et que j'ai eu la possibilité de poser des questions. ☐
2. Je comprends que la participation est entièrement basée sur le volontariat et que je suis libre de changer d'avis à n'importe quel moment. Je comprends que ma participation est totalement volontaire et que je suis libre de sortir de l'étude à tout moment, sans avoir à fournir de raison. ☐
3. Je donne mon consentement à l'enregistrement et à la transcription mot à mot de cet entretien. ☐
4. Je donne mon consentement à l'utilisation éventuelle mais totalement anonyme de certaines citations de l'entretien dans une thèse ou dans une publication. ☐
5. Je suis d'accord pour participer à l'étude. ☐

Signature (participant)_____

Signature (investigateur)_____

Date_____

Date_____

Nom_____

Nom_____