

UNIVERSITÉ DE LILLE

UFR3S – DÉPARTEMENT FACULTAIRE HENRI WAREMBOURG

Année Universitaire : **2022/2023**

MEMOIRE DE RECHERCHE POUR LE DIPLÔME D'ETAT
D'AUDIOPROTHESE

**Influence du stéréo-équilibrage dans la compréhension dans le bruit et la
satisfaction-patient grâce à un questionnaire**

Présenté et soutenu publiquement
au Pôle Formation
par **Maélis ORMANCEY**

Nom du Maître de mémoire de recherche : Charles-Édouard SONNET

Remerciements

Je voudrais commencer par saluer mon maître de mémoire et maître de stage de troisième année, Charles-Édouard SONNET, pour la transmission à la fois de sa passion et de son expérience, qui a contribué pleinement à alimenter ma réflexion.

Je remercie également toute l'équipe pédagogique de l'université de Lille et les intervenants professionnels rencontrés :

Pour la part audiologique et audioprothétique, je pense entre-autre au Professeur Christophe VINCENT et à Messieurs Vincent KRAUSE, Christian RENARD, Paul-Édouard WATERLOT, Thibault BÉAL et pour la part statistique, je remercie Messieurs Nicolas VANSSON et Arnaud COEZ, ainsi que Madame Julie BESTEL.

J'apporte une grande importance à remercier les patients qui ont accepté de m'accorder leur temps pour réaliser les tests et me permettre de mettre en œuvre cette étude.

Je tiens à témoigner toute ma reconnaissance aux personnes suivantes, pour leur aide dans la réalisation de ce mémoire :

Mesdames Pauline CNIGNIET et Marie-Sophie JANSSEN pour mes stages de première et deuxième année,

Quentin JABOULET ainsi que Claire PROST pour une partie de mon stage de troisième année,

Babacar DIEYE pour la réalisation de certains des protocoles de l'étude,

L'ensemble de l'équipe des centres Amplifon Dijon Brosses et Nuits-Saint-Georges pour le soutien et l'organisation des rendez-vous

Romain SIRDEY pour la conception de mes statistiques

Un remerciement tout particulier pour Éric RAUBER, référent mémoire Amplifon, qui m'a aidé, accompagné et guidé tout au long de la rédaction de ce mémoire. Je n'oublie pas non plus Catherine BOITEUX qui m'a orienté sur ce sujet.

Mes proches et mes camarades, pour leur aide à la rédaction, à la réflexion mais également pour leur soutien sans faille durant ces trois dernières années, et bien plus encore !

Et pour finir, un grand merci à mes parents et mon grand-père qui m'ont permis d'appréhender sereinement ces trois années d'études grâce à leur accompagnement et leur soutien, sans jamais compter le temps qu'ils m'ont accordé.

Engagement sur l'honneur de non-plagiat

Je soussignée **ORMANCEY Maélis, étudiante n°42029759**, inscrite à l'examen conduisant à la délivrance du diplôme d'État d'audioprothésiste, certifie sur l'honneur être pleinement consciente que le plagiat de documents ou d'une partie d'un document publié sur toutes formes de supports, y compris électronique, constitue une violation des droits d'auteur ainsi qu'une fraude caractérisée (Articles L335-2 et L335-3 du Code la propriété intellectuelle).

Je déclare être informée que dans le cas où un plagiat serait constaté dans un de mes travaux écrits, celui-ci conduirait à la nullité de l'examen et serait passible de sanctions pénales.

En conséquence, je m'engage à citer toutes les sources que j'ai utilisées pour produire et écrire ce document.

Fait à Dijon

Le 20 mai 2023

ORMANCEY Maélis

A handwritten signature in blue ink, appearing to read 'Maélis Ormancey', with a stylized flourish underneath.

Table des illustrations

- Figure 1 : Tri-dimensions de la localisation sonore spatiale
- Figure 2 : Schématisation de la différence d'intensité et de temps interaurale
- Figure 3 : Localisation sur le plan vertical
- Figure 4 : Le démasquage binaural
- Figure 5 : Critères d'inclusion - Figure 5 bis : Critères d'inclusion 2
- Figure 6 : Répartition des sexes
- Figure 7 : Comparaison des âges
- Figure 8 : Comparaison des PTA moyennes
- Figure 9 : Comparaison du delta OG/OD
- Figure 10 : Répartition des marques selon les groupes
- Figure 11 : Rapport Signal sur Bruit (RSB), par niveau de perte tonale
- Figure 12 : Disposition requise pour le test de SPIN
- Figure 13 : Disposition requise pour le test de SE
- Figure 14 : Schématisation du protocole d'étude
- Figure 15 : Différence d'utilisation des UCL entre les méthodologies
- Figure 16 : Comparaison en box-plot des statistiques descriptives par catégories de l'ensemble des sujets
- Figure 17 : Comparaison des moyennes des réponses aux questionnaires de l'ensemble des sujets
- Figure 18 : Comparaison des résultats au SSQ15 avec et sans stéréo-équilibre
- Figure 19 : Évolution de la compréhension dans le bruit de l'ensemble des sujets
- Figure 20 : Comparaison en box-plot des statistiques descriptives par groupe et par catégories
- Figure 21 : Comparaison des réponses au SSQ15 selon les groupes
- Figure 22 : Comparaison de la compréhension dans le bruit selon les groupes

Table des abréviations

AA : Appareils auditifs

ANL : Acceptable Noise Level (en français, Niveau de Tolérance au Bruit)

COSI : Client Oriented Scale of Improvement (en français, Échelle d'amélioration axée sur le client)

dB : Décibel

G1 : Groupe 1

G2 : Groupe 2

HINT : Hearing in Noise Test

HP : Haut-parleur

Hz : Hertz

IC : Intervalle de Confiance

IID et **ILD** : différence d'intensité interaurale (aussi appelé ILD, pour Intensity Level Difference, en anglais)

ITD : différence de temps interaurale

LTASS : Long Term Average Speech Spectrum

MPO : Maximum Power Output (en français, Niveau de Sortie Maximum)

PTA : Pure Tone Average (en français, Perte tonale Moyenne)

RSB : Rapport Signal sur Bruit

SE : Stéréo-équilibre

SNR : Signal-to-Noise Ratio (terme anglais du RSB)

SPIN : Speech in Noise (en français, parole dans le bruit)

SPIQ : Speech in Quiet

SPL : Sound Pressure Level

SSQ : Speech, Spatial and Qualities of Hearing Scale

UCL : Uncomfortable Level (en français, seuil d'inconfort)

Sommaire

Remerciements	ii
Engagement sur l'honneur de non-plagiat	iii
Table des illustrations	iv
Table des abréviations	v
Sommaire	vi
Introduction	1
Matériel et méthodes	9
Type d'études	9
Critères d'inclusions et d'exclusions de la population	9
Population testée.....	10
Matériel.....	14
Méthodes.....	19
Résultats	27
Statistiques descriptives	27
Satisfaction-patient : compréhension de la parole, audition spatiale et qualité de l'audition	30
Satisfaction-patient, en globalité	31
Compréhension dans le bruit.....	32
Influence du déroulement du protocole.....	33
Discussion	37
Compréhension de la parole.....	37
Audition spatiale	37
Qualité de l'audition.....	38
Satisfaction-patient	39
Compréhension dans le bruit.....	40
Influence du déroulement du protocole.....	40
Biais et limites.....	41
Conclusion	43
Bibliographie	45
Annexes	47
Résumé	53

Introduction

La détection et la prise en charge de la surdité constituent un enjeu primordial en matière de santé publique, car leur négligence peut entraîner des retards de développement chez les enfants et accroître les risques de complications de pathologies dégénératives chez les adultes (Nevoux, Coez, & Truy, 2017). Pour cela, l'audioprothèse est une discipline en constante évolution, visant à améliorer la qualité de vie des personnes souffrant de troubles de l'audition. L'une des principales préoccupations des professionnels de l'audioprothèse est de trouver des solutions efficaces pour améliorer la compréhension dans le bruit, qui est la difficulté la plus souvent citée lors du COSI par les patients. Afin d'atteindre cet objectif, le stéréo-équilibre est un test essentiel réalisé lors de l'adaptation audioprothétique et à intervalles réguliers qui vise à équilibrer la perception de l'audition entre les deux oreilles, ce qui peut potentiellement améliorer la compréhension dans le bruit et la satisfaction des patients.

C'est pourquoi ce mémoire se propose d'explorer l'influence du stéréo-équilibre en menant une étude pratique auprès d'un groupe. Celle-ci pourrait contribuer à mieux comprendre l'intérêt du stéréo-équilibre dans la compréhension dans le bruit et la satisfaction auditive des patients dans leur quotidien et dans différents paramètres. L'étude cherchera également à montrer si la réalisation du protocole peut avoir un impact sur les résultats.

Le confort de vie des patients atteints de troubles de l'audition est essentiel pour leur bien-être. Les technologies modernes de corrections auditives ont révolutionné la façon dont les personnes atteintes de perte auditive peuvent interagir avec le monde qui les entoure. Grâce à ces technologies, les patients peuvent profiter d'un confort auditif accru dans leur vie quotidienne, que ce soit au travail, à l'école, en famille ou dans les loisirs. Les dispositifs auditifs modernes sont conçus pour être discrets et confortables, offrant une qualité sonore agréable et une réduction du bruit ambiant, ce qui permet aux patients de se concentrer sur les sons importants. Le confort de vie peut être défini comme la mesure dans laquelle une personne se sent à l'aise dans son environnement quotidien. De plus, une scène auditive déformée peut également affecter l'effort d'écoute. L'effort d'écoute fait référence à la quantité d'énergie mentale et d'attention que nous devons investir pour comprendre et

interpréter ce que nous entendons. Lorsque le signal est déformé, cela demande un effort supplémentaire pour compenser la distorsion et extraire les informations pertinentes, ce qui peut augmenter la charge cognitive et entraîner une fatigue auditive importante. (Edwards, 2016)

Le questionnaire SSQ (Speech, Spatial and Qualities of Hearing Scale) est un outil de mesure qui évalue la qualité de l'audition dans différentes situations auditives. Il existe un lien entre le confort de vie et l'audition car une mauvaise audition peut affecter la capacité d'une personne à communiquer efficacement avec les autres et à interagir avec son environnement. Cela peut entraîner des difficultés à comprendre les instructions, à suivre les conversations, à entendre les alarmes de sécurité et à apprécier les sons de l'environnement naturel. L'utilisation du questionnaire SSQ peut aider à évaluer la qualité de l'audition dans différentes situations et à identifier les domaines dans lesquels une personne peut avoir des difficultés. En somme, le questionnaire SSQ peut être un outil utile pour identifier les domaines dans lesquels une personne peut avoir des difficultés auditives et pour améliorer son confort de vie en prenant des mesures pour améliorer sa qualité d'audition.

La compréhension dans le bruit est un défi auditif courant qui affecte de nombreuses personnes, en particulier celles ayant une perte auditive. Les environnements bruyants, tels que les restaurants bondés ou les événements sportifs, peuvent rendre difficile la compréhension des conversations. Les personnes atteintes de perte auditive ont souvent davantage de difficulté à comprendre dans ces situations car les sons environnants peuvent masquer les voix des interlocuteurs. Ce phénomène s'explique par le spectre du bruit et des basses fréquences masquant les hautes fréquences et altérant donc la compréhension. La compréhension dans le bruit dépend de plusieurs facteurs, notamment la capacité de l'audition à séparer les signaux pertinents des signaux parasites et la capacité du cerveau à traiter efficacement ces signaux. Les personnes ayant une perte auditive peuvent avoir des difficultés à comprendre dans le bruit en raison de la réduction de la qualité du signal sonore qui atteint leur cerveau. Des technologies telles que les aides auditives, les implants cochléaires et les systèmes de boucle à induction peuvent aider à améliorer la compréhension dans le bruit en amplifiant les signaux pertinents et en réduisant les signaux parasites.

Cependant, la localisation sonore joue également un rôle important dans la compréhension dans le bruit.

En utilisant la technique de l'écoute binaurale, on distingue l'écoute diotique, qui implique une stimulation similaire des deux oreilles, de l'écoute dichotique, qui implique une stimulation différente des deux oreilles. Dans l'environnement quotidien, seule l'écoute dichotique est présente et elle permet à la fonction binaurale de s'exercer. Si les deux oreilles recevaient en permanence la même information, il serait difficile de suivre une conversation dans des environnements bruyants, de localiser les sources sonores et de déterminer l'environnement sonore qui nous entoure : il serait impossible de discerner la parole et le bruit.

La symétrie entre les deux oreilles est d'autant plus importante pour permettre de se repérer. Une ancienne étude de Decroix et Dehaussy de 1964 avait montré l'utilisation préférentielle des aides auditives binaurales par rapport aux aides auditives monaurales, même chez les patients ayant une perte auditive asymétrique. Dans le cas d'une perte de d'audition bilatérale, l'étude a démontré qu'un appareillage symétrique a permis une amélioration d'environ 7 dB en utilisant des aides auditives binaurales par rapport à une seule aide auditive. (Decroix et Dehaussy, 1964)

Également, la capacité de 87 personnes malentendantes a été testée, pour localiser des sons provenant de différentes positions horizontales et verticales, à différents niveaux de volume et avec deux orientations par rapport aux haut-parleurs (face et de côté). Certains participants portaient des aides auditives contour d'oreille (BTE), tandis que d'autres portaient des aides auditives intra-auriculaires (ITE). Certains participants avaient des aides auditives des deux côtés, tandis que d'autres n'en avaient qu'une seule. Les résultats ont clairement montré que l'ajustement des aides auditives des deux côtés était très bénéfique pour les personnes ayant une perte auditive modérée à sévère. Cependant, pour ceux ayant une légère perte auditive, ceux qui portaient une seule aide auditive ont obtenu des résultats aussi bons en moyenne que ceux qui portaient des aides auditives des deux côtés. (Byrne, Noble, et LePage, 1992)

La localisation spatiale permet à l'auditeur de se repérer dans l'espace, de suivre et de comprendre la parole dans des environnements bruyants, en particulier dans des situations où plusieurs locuteurs parlent simultanément ou lorsque le bruit ambiant est élevé. Le système auditif permet de décoder les informations pour évaluer les signaux interauraux et monauraux. (Blauert, 1982). La localisation spatiale implique le pavillon de l'oreille, les différentiels d'intensités et de temps, le démasquage binaural, la sonie et la tonie.

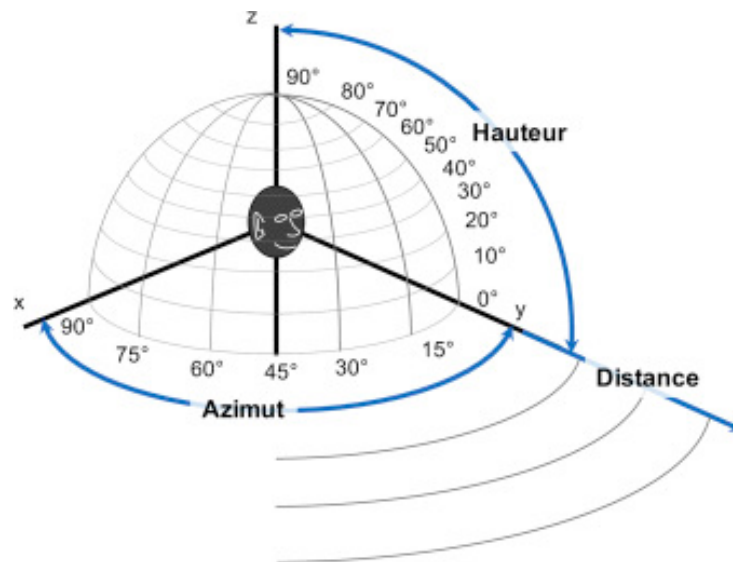


Figure 1 : Tri-dimension de la localisation sonore spatiale (Risoud, 2018)

Le pavillon de l'oreille, également appelé pinna, est la partie externe de l'oreille qui est visible sur la tête. Il joue également un rôle dans la localisation sonore spatiale en modifiant les caractéristiques des sons avant qu'ils n'atteignent le conduit auditif externe. Plus précisément, le pavillon aide à diriger les sons vers le conduit auditif externe en fonction de la position de la source sonore. La forme du pavillon est conçue pour capturer les sons provenant de différentes directions et angles d'arrivée et les orienter vers le conduit auditif externe, tout en atténuant les sons provenant de l'arrière. Les caractéristiques spécifiques de la forme du pavillon de l'oreille peuvent également donner des indications spectrales précieuses. Le Professeur Paul Avan,, a décrit ces indices comme étant le résultat de la réflexion des différents sons sur les reliefs du pavillon. La combinaison subtile de ces reliefs crée des trous spectraux très fins, qui modifient légèrement le timbre sonore et fournissent des indices sur l'emplacement de la source sonore.

Une étude antérieure a analysé l'importance des signaux sonores dans différentes fréquences en demandant aux auditeurs de localiser des sons dans le plan horizontal en utilisant leurs deux oreilles, avec ou sans obstruction partielle des oreilles externes. La découverte principale était que les fréquences élevées étaient nécessaires pour obtenir de bonnes performances de localisation. Cette découverte a été attribuée à l'influence des signaux sonores provenant des pavillons de l'oreille. Lorsque les fréquences élevées étaient présentes dans les sons, l'obstruction des pavillons entraînait une baisse importante de la précision de la localisation. De nombreuses confusions ont été observées dans la détermination de la position avant-arrière des sons. De plus, la capacité à distinguer les sons provenant de la même zone a également été affectée négativement. (Musicant et Butler, 1984)

Le démasquage binaural est un mécanisme qui repose sur la comparaison des signaux auditifs reçus par chaque oreille. En effet, la position de la source sonore par rapport à la tête induit des différences de temps d'arrivée et d'intensité entre les deux oreilles, ce qui permet au cerveau de déterminer la direction de la source sonore. Ainsi, les sons qui arrivent de manière similaire aux deux oreilles sont perçus comme étant situés dans la zone médiane, tandis que les sons qui arrivent avec un décalage temporel et/ou une différence d'intensité sont perçus comme étant situés dans une direction spécifique. La sonie, quant à elle, est une mesure de sensation sonore permettant de déterminer la distance de la source sonore en se basant sur le spectre fréquentiel du signal. En effet, les sons aigus sont atténués plus rapidement que les sons graves lorsqu'ils se propagent dans l'air. Ainsi, plus la source sonore est éloignée, plus les sons aigus sont atténués par rapport aux sons graves. Le cerveau peut alors utiliser cette information pour estimer la distance de la source sonore. En combinant le démasquage binaural et la sonie, le cerveau peut fournir une estimation précise de la position d'une source sonore.

Localisation sur le plan horizontal :

La localisation sur le plan horizontal est partagée en deux indices : la différence de temps interaurale (ITD) et la différence d'intensité interaurale (IID, aussi appelé ILD, pour Interaural Level Difference).

- ITD :

La différence de temps entre l'arrivée d'un son dans une oreille puis dans l'autre permet au cerveau d'analyser et de localiser la provenance du son. En effet, un son provenant de la gauche du sujet arrivera en premier à l'oreille gauche puis, par effet d'ombre de la tête, atteindra l'oreille droite en second temps.

- IID ou ILD :

La différence d'intensité entre l'arrivée d'un son dans une oreille puis dans l'autre permet également au cerveau de localiser un son. Un son provenant de gauche arrivera plus fort à l'oreille gauche qu'à l'oreille droite du patient, par effet d'ombre de la tête.

Une expérience a évalué comment les différences de temps interaurales (ITD), les différences de niveau interaurales (ILD) et les différences spectrales monaurales influencent la localisation des sources sonores. Elle a également mesuré leur importance dans la capacité à distinguer des séquences de bruits en forme de parole. Les résultats ont montré que les différences binaurales et monaurales liées à différentes positions spatiales ont augmenté les seuils de discrimination, ce qui indique que les signaux spatiaux peuvent aider à distinguer les différentes sources sonores. (David, Lavandier, et Grimault, 2015)

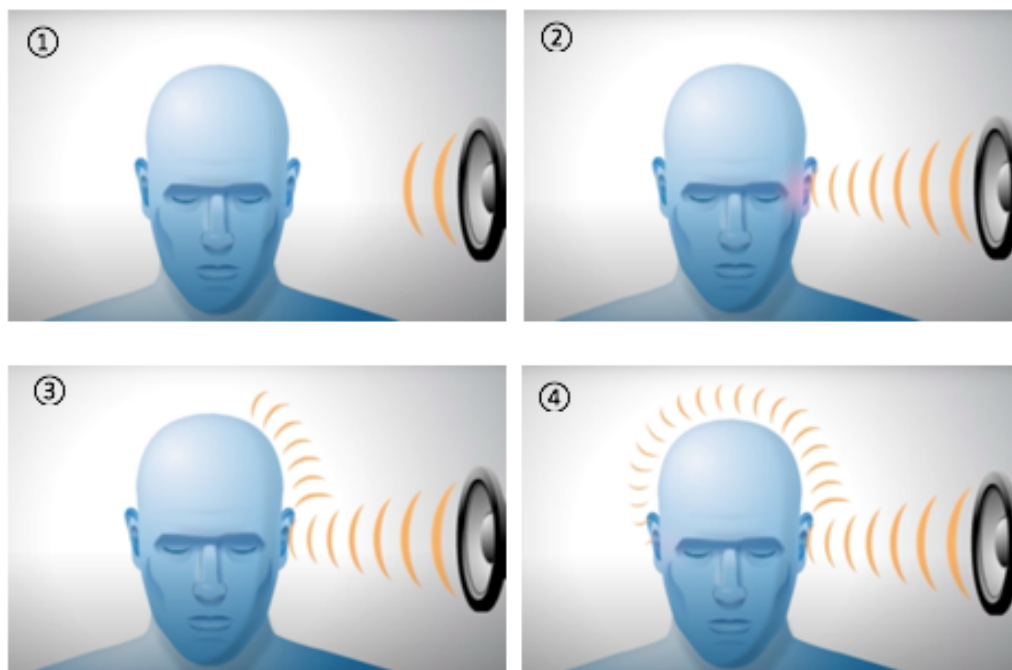


Figure 2 : Schématisation de la différence d'intensité et de temps interaurale (issu d'une vidéo Youtube, 2016)

Localisation sur le plan vertical :

La capacité à localiser une source sonore dans un plan vertical (en haut ou en bas) est due aux modifications spectrales du signal sonore que chaque oreille reçoit. Lorsqu'une onde sonore atteint une structure comme l'épaule ou le pavillon, elle est réfléchiée et interagit avec les ondes entrant dans le conduit auditif. Ces interactions produisent des modifications dans les fréquences du son, soit un renforcement (pics spectraux) ou une dégradation (trous spectraux) de certaines zones fréquentielles, qui permettent à notre cerveau de localiser la source sonore dans l'espace vertical.

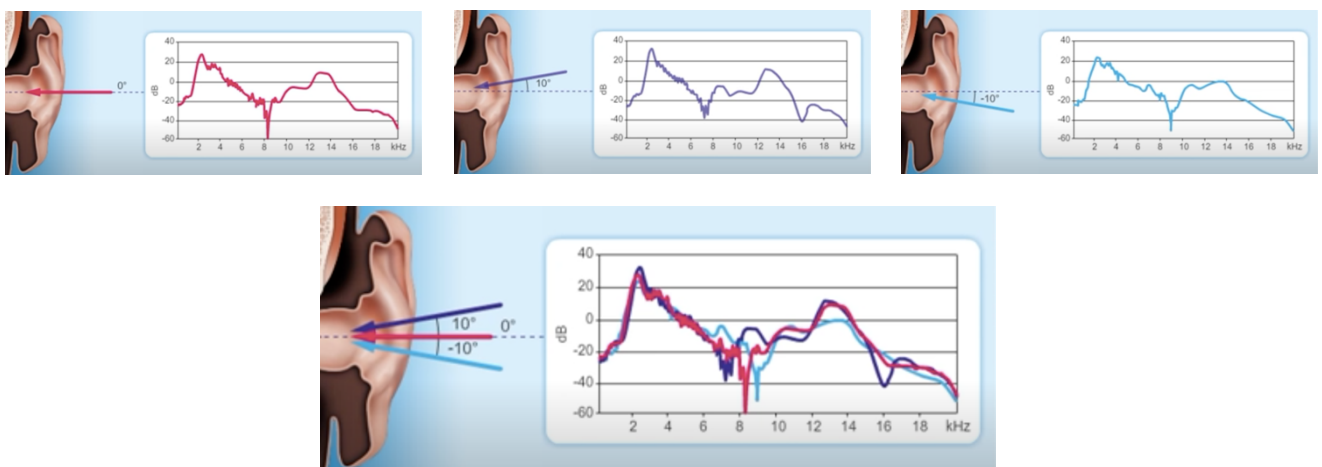


Figure 3 : Localisation sur le plan vertical (issu d'une vidéo Youtube, 2016)

Le schéma illustre comment le spectre de l'onde originelle est altéré en fonction de l'azimut de la source. Les trois positions représentées sont : -10° , 0° et 10° . Une observation importante est que le trou spectral se déplace vers la droite lorsque l'azimut augmente. Cependant, il convient de noter que la détermination de la position de la source dans le plan vertical est moins précise que dans le plan horizontal.

Lorsqu'il s'agit de déterminer la position avant-arrière d'un son, les informations provenant des petites variations dans les basses fréquences (moins de 2 kHz) ainsi que des schémas plus généraux dans les hautes fréquences semblent être utilisées. Pour évaluer l'angle d'élévation d'un son, les indices principaux se trouvent principalement dans les hautes fréquences au-dessus de 5 kHz. (Asano, Suzuki, et Sone, 1990)

Le démasquage binaural, connu également sous le nom d'effet de masquage, permet à une personne d'identifier un son dans un environnement bruyant grâce à un traitement cérébral. En comparant les scènes sonores captées par les deux oreilles, il devient possible de distinguer la parole. Des études ont démontré qu'en exposant un individu à un signal vocal (une liste de mots de Fournier) et à un bruit de cocktail dans une seule oreille, avec un faible rapport signal sur bruit (RSB), la personne ne parvient pas à répéter les mots. En revanche, lorsque le bruit de cocktail est entendu des deux côtés (diotique) et que la parole reste dans une seule oreille, le sujet est capable de répéter les mots, même avec un faible RSB. On constate ainsi que le cerveau, lorsqu'il reçoit du bruit dans les deux oreilles, est capable de filtrer le bruit environnant afin de mettre en évidence la parole. Cependant, ces capacités sont altérées chez les personnes atteintes de problèmes auditifs.

L'équilibre binaural permet ce démasquage binaural (+ 5 dB de RSB) , et améliore donc l'intelligibilité dans le bruit, les 5 dB de RSB se traduisent par 48% d'amélioration de l'intelligibilité dans le bruit. (SIEMENS)

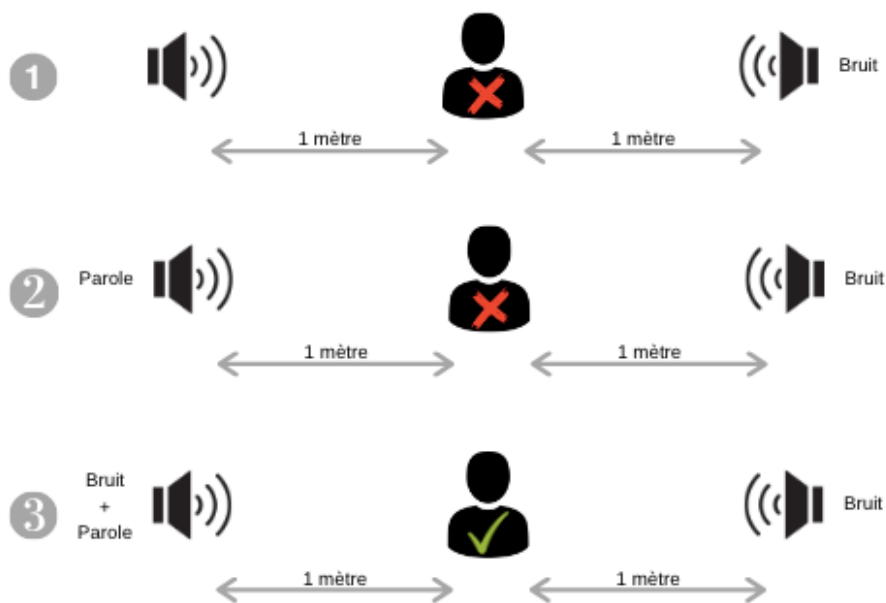


Figure 4 : Le démasquage binaural

Matériel et méthodes

Dans cette partie, nous développerons les caractéristiques de cette recherche. Tout d'abord, nous détaillerons le type d'étude (A), puis nous exposerons la population étudiée (B). Ensuite, nous évoquerons le choix du matériel utilisé (C) et la procédure de mise en œuvre (D). Pour terminer, nous commenterons l'analyse statistique (E) de ce travail.

Type d'études

Nous avons réalisé une étude prospective : les mesures et les tests que nous avons réalisés ont été prévus et organisés en amont pour mener à bien cet ouvrage.

Critères d'inclusions et d'exclusions de la population

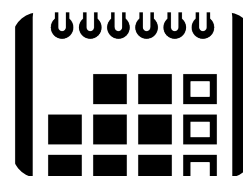
Pour sélectionner les sujets qui pourraient potentiellement être inclus dans l'étude, nous avons réalisé une extraction sur le logiciel Goal, recueillant l'ensemble des données des patients. Cette manipulation nous a permis de dresser une liste des patients qui remplissent une grande partie des critères d'inclusions suivants :



Appareillage
stéréophonique



Age du patient supérieur
à 20 ans



Aides auditives (AA)
datant de moins de 12
mois

Figure 5 : Critères d'inclusion

Cette extraction a permis de constituer un tableau de plusieurs centaines de patients. Nous avons dû, en aval, sélectionner les profils de patients qui répondaient à ces autres critères :

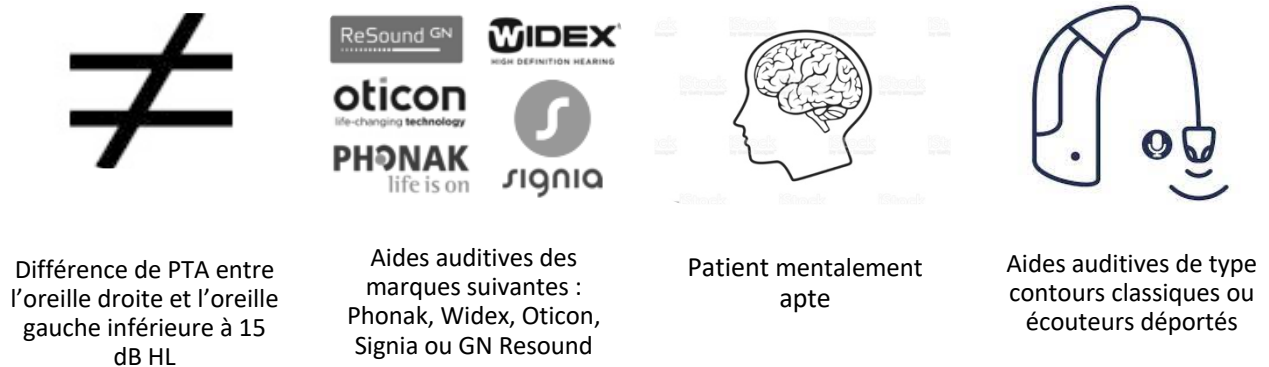


Figure 5 bis : Critères d'inclusion 2

Une fois cette liste terminée, nous avons pu appeler les patients concernés et leur suggérer de participer à cette recherche. Certains patients ont décliné cette proposition pour des raisons diverses et variées (temps, raisons médicales, manque d'envie, déplacement au laboratoire difficile).

L'échantillon final compte alors 24 patients, répartis en deux groupes, créés de façon aléatoire par le logiciel Excel.

Population testée

J'ai réalisé mon stage dans un centre équipé de quatre cabines insonorisées, dont une double cabine, utilisée lors de mes recherches. Le taux d'occupation des cabines étant important car six audioprothésistes travaillent sur ce centre, l'accès à celle-ci a été compliqué. C'est pour cela que la cohorte de patients n'a pu être plus importante.

La population est alors composée de 24 sujets, répartis en deux groupes aléatoires et indépendants.

Il y a 12 sujets dans le groupe 1 puis 12 sujets dans le groupe 2. La création de deux groupes a permis de réaliser cette étude de manière équitable, sous la forme d'un cross over. Avec ce système, nous pouvons espérer éliminer complètement le biais de l'habitude, ce qui signifie que les résultats et les réponses des patients ne seront pas influencés par leur familiarité avec les appareils auditifs.

Les groupes ayant été créés de façon aléatoire avec le logiciel Excel, les éléments suivants ont également été répartis de façon aléatoire :

- Sexe
- Age
- Surdité
- Marque des appareils

Voici quelques informations et quelques graphiques pour observer et analyser ces variables :

Répartition des sexes

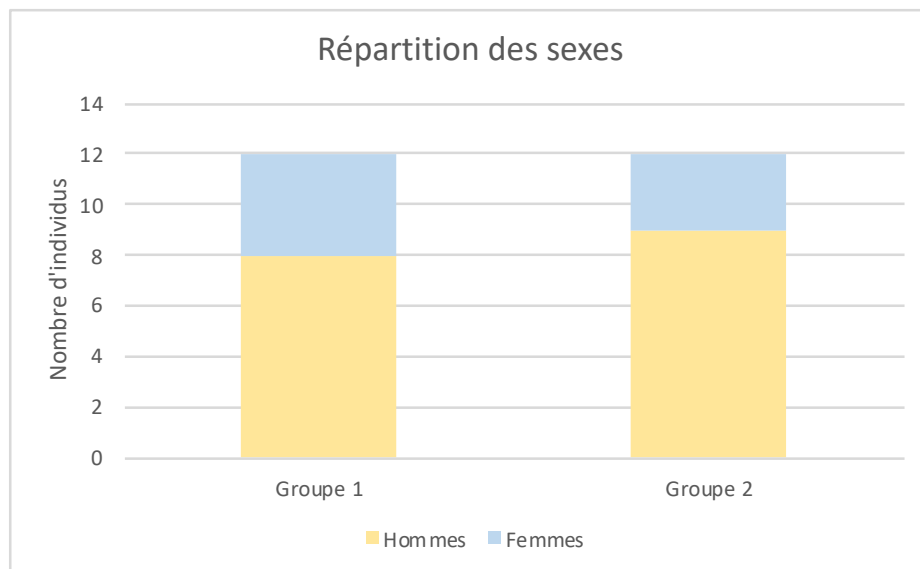


Figure 6 : Répartition des sexes

Le groupe 1 est composé de 4 femmes et 8 hommes.

Le groupe 2 est composé de 3 femmes et 9 hommes.

Répartition des âges

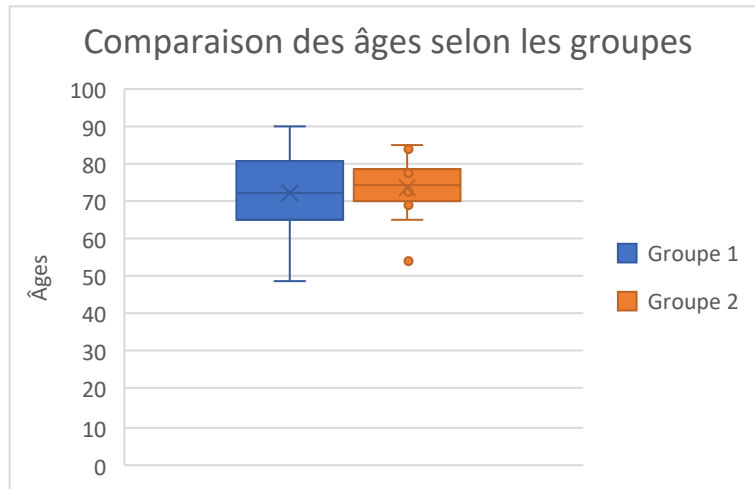


Figure 7 : Comparaison des âges

La répartition des âges selon les groupes est la suivante :

- Dans le groupe 1 : moyenne = 72,5 ans ; minimum = 49 ans ; maximum = 90 ans et médiane = 72,5 ans
- Dans le groupe 2 : moyenne = 73,7 ans ; minimum = 54 ans ; maximum = 85 ans et médiane = 74,5 ans

Répartition des surdités

a. Pertes moyennes

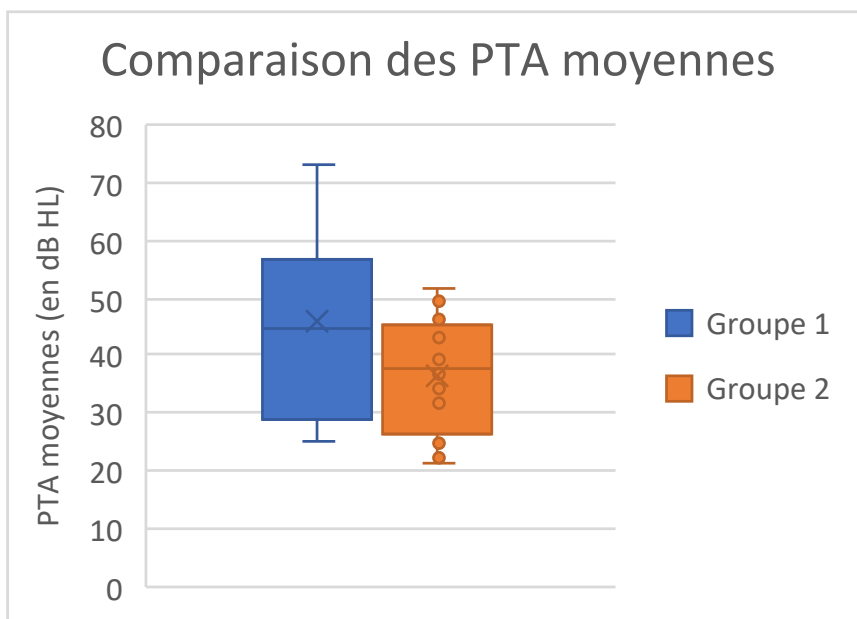


Figure 8 : Comparaison des PTA moyennes

La répartition des PTA selon les groupes est la suivante :

- Dans le groupe 1 : moyenne = 43,46 dB HL ; minimum = 25 dB HL ; maximum = 73,5 dB HL et médiane = 45 dB HL
- Dans le groupe 2 : moyenne = 36,67 dB HL ; minimum = 21 dB HL ; maximum = 51,5 dB HL et médiane = 74,5 dB HL

b. Delta OD/OG

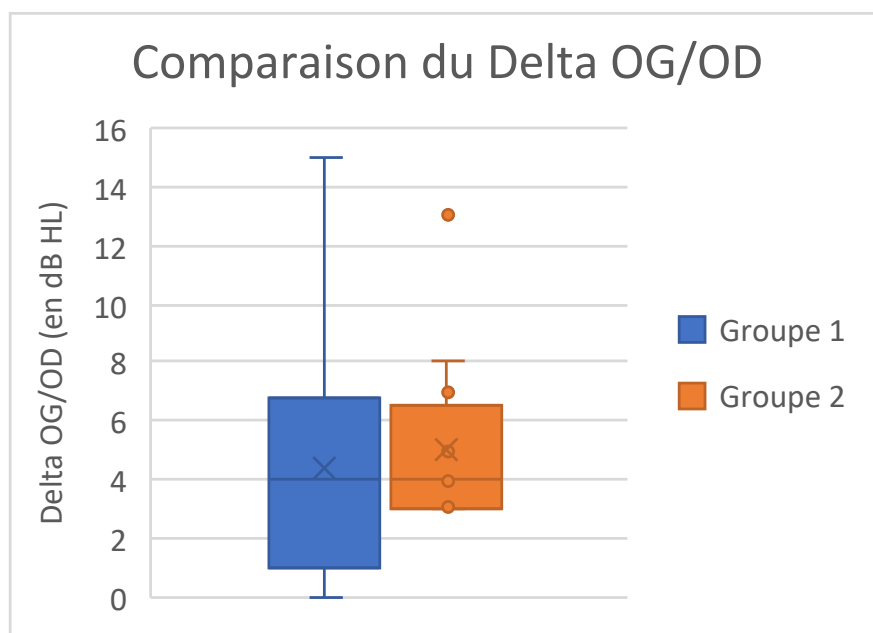


Figure 9 : Comparaison du delta OG/OD

La répartition de la différence entre la PTA OG et la PTA OD est la suivante :

- Dans le groupe 1 : moyenne = 4 ; minimum = 0 ; maximum = 15 et médiane = 4
- Dans le groupe 2 : moyenne = 5 ; minimum = 3 ; maximum = 13 et médiane = 4

Répartition des marques

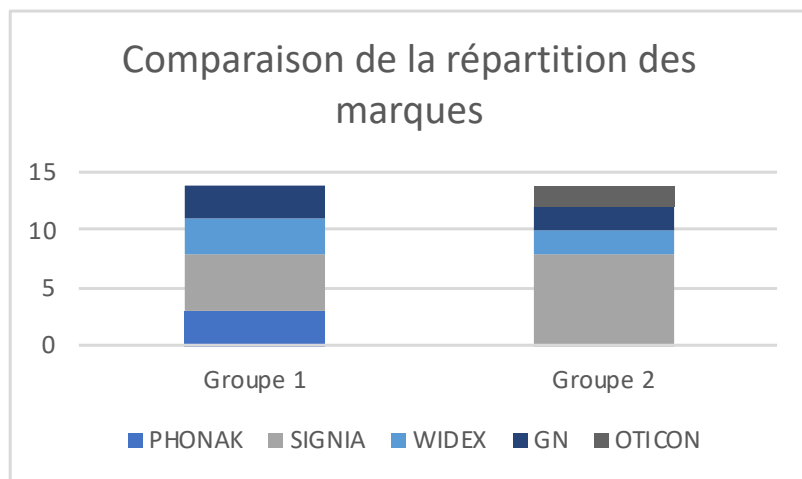


Figure 10 : Répartition des marques selon les groupes

La répartition des marques selon les groupes est la suivante :

- Dans le groupe 1 : 3 PHONAK, 5 SIGNIA, 2 WIDEX, 2 GN

Tous les AA des patients de cette étude sont de Classe 2.

Matériel

Lieu

Les différents tests nécessaires à l'étude prospective ont eu lieu dans le laboratoire Amplifon Dijon Brosses situé au 19 Boulevard de Brosses, à Dijon (21). Ils ont tous été réalisés dans une double cabine insonorisée répondant aux normes de 2005, selon le l'article D4361-19.

Matériel (liste de mots, logiciel)

Pour réaliser ce mémoire, nous avons à disposition le matériel le plus adapté :

- Une double cabine insonorisée
- Un vidéo-otoscope Aurical
- Un ordinateur équipé des logiciels des fabricants
- Un accès au module Ampli-Next
- Un haut-parleur calibré

SPIN : Speech In Noise « Parole dans le Bruit »

Le premier test dont nous avons eu besoin est le test d'audiométrie vocale dans le bruit spécifique de l'enseigne Amplifon. Il s'agit d'un test simple, rapide et reproductible. Le patient doit répéter les phrases qu'il comprend dans un environnement sonore. On obtient finalement un score de RSB (Rapport Signal/Bruit) ou SNR (Signal to noise Ratio), la différence de volume entre le bruit et la parole nécessaire à la compréhension du patient.

Ce score a une norme : un patient normo-entendant obtient un score de RSB compris entre -3 et 0 dB, la norme exacte étant -1 dB. Si un patient obtient un résultat supérieur de 3 dB à la norme, nous pouvons en déduire que le patient rencontre des difficultés de compréhension dans le bruit. Il reste important d'analyser le résultat par rapport à la perte tonale moyenne du sujet.

	Echantillon	RSB +3 vs norme	RSB +6 vs norme
PTA < 30	4133	42%	6%
PTA 30-40	3350	64%	15%
PTA 40-50	7092	78%	31%
PTA 50-60	5167	92%	58%
PTA 60-70	1806	97%	80%
TOTAL	21548	69%	30%

Figure 11 : Rapport Signal sur Bruit (RSB), par niveau de perte tonale (Fiche ANL SPIQ SPIN, Bailly-Masson, 2016)

Le matériel vocal utilisé est le test composé de phrases du type HINT et un bruit de masque Iera HINT dont le spectre est identique au spectre à long terme de la parole. (Bailly-Masson, 2016)

Pour comptabiliser les réponses, il est nécessaire que le patient répète correctement l'ensemble des mots de la phrase, à l'exception des articles. La procédure adaptative utilisée permet de réduire la durée du test.

Le protocole NEXT demande de faire une mesure en champ libre, le bruit et la voix étant émis sur le même HP (binaural), pour permettre au test d'être normé.

En émettant le signal de parole et le bruit dans le même haut-parleur, on met le patient dans la situation la plus difficile de la compréhension dans le bruit. « Cette configuration permet de mettre en avant les difficultés de compréhension liées à l’audibilité et le phénomène de masquage des graves sur les aigues. » (Bailly-Masson, 2016)

On évite alors de tester l’amélioration due à la directivité des AA et au démasquage binaural (ITD, différence de temps interaurale et ILD, différence d’intensité interaurale).



Figure 12 : Disposition requise pour le test de SPIN

Déroulement du test :

① Choix des paramètres acoustiques :

Lancer la voix et le bruit dans le même haut-parleur en champ-libre, azimuth 0°, à un mètre du patient.

② Phrases d’essai :

Par défaut 5 phrases d’essai seront lancées en RSB5 pour acclimater le patient donc aucune notation ne sera demandée. Le test débutera alors à la suite de ces 5 phrases d’essai. Ces phrases sont énoncées par défaut avec un RSB5 (phrases à 65 dB et bruit à 60 dB).

Le test d’essai peut également être réalisé avec un RSB10 ou bien ne pas être réalisé.

Pour le protocole de cette étude, les phrases d’essai ont été réalisées avec un RSB5 pour permettre aux AA de s’acclimater à l’environnement bruyant et d’activer de façon automatique les algorithmes permettant les réducteurs de bruits.

③ Mesure du SNR :

La notation des réponses est possible grâce à trois items différents : « Bon », « Mauvais » ou « Ignorer ».

Pour chaque phrase, l’audioprothésiste valide ou non les réponses du patient.

L'algorithme augmente le niveau de parole par des pas de 6 dB jusqu'à l'obtention d'une réponse juste validée par l'audioprothésiste. La phrase suivante sera alors émise à 3 dB de moins.

Pour une réponse correcte, le niveau de parole diminuera de 3 dB et il augmentera de 3 dB pour une réponse incorrecte. Lorsque les 8 derniers recueils sont stables, c'est-à-dire qu'ils fluctuent autour d'une valeur, le SRT est alors calculé sur la moyenne des 8 derniers niveaux et AmpliNext affiche le SNR.

(Bailly-Masson, 2016)

Stéréo-équilibre

Le test de stéréo-équilibre d'Amplifon est un test auditif qui vise à évaluer la capacité d'une personne à entendre de manière équilibrée dans les deux oreilles. Ce test est souvent utilisé pour aider les professionnels de l'audioprothèse à adapter les appareils auditifs en fonction des besoins de chaque patient. Le test de stéréo-équilibre consiste à présenter des sons en face du patient, grâce à un haut-parleur placé à un mètre du patient, à des niveaux différents, afin de déterminer le niveau d'équilibre entre les deux oreilles.

Le patient est équipé de ses appareils auditifs et se trouve dans une pièce insonorisée pour minimiser les distractions et les bruits extérieurs. Ensuite, des sons sont présentés à des niveaux différents dans chaque oreille, et le patient est invité à indiquer le côté où le son lui semble le plus fort. Le test est répété plusieurs fois avec des sons de fréquences différentes pour évaluer la capacité du patient à entendre de manière équilibrée sur l'ensemble de la plage de fréquences. (Cf. Annexe 1)

À la fin du test, l'audioprothésiste analyse les résultats pour déterminer si une correction est nécessaire pour rétablir un équilibre entre les deux oreilles. Cette correction est effectuée en ajustant les gains faibles, moyens et forts de chaque oreille séparément, sur chaque fréquence.

En somme, le test de stéréo-équilibre d'Amplifon est un outil utile pour évaluer la capacité d'une personne à entendre de manière équilibrée dans les deux oreilles, ce qui peut aider à fournir une correction auditive plus précise et personnalisée.

Il permet de retrouver le maximum d'indices acoustiques et de l'audition stéréophoniques, avec pour objectif d'obtenir un démasquage binaural optimum, et donc faciliter la compréhension dans le bruit.

(Bailly-Masson, 2018)

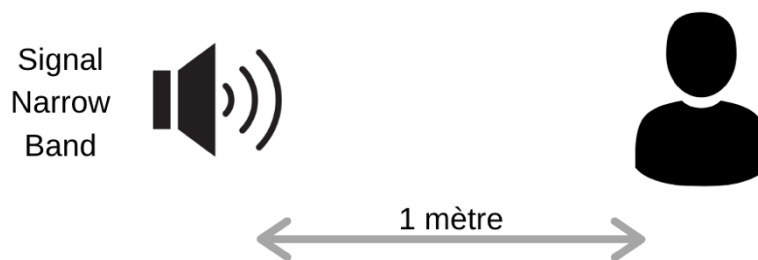


Figure 13 : Disposition requise pour le test de SE

Le test est réalisé avec un signal Narrow Band à différents niveaux :

- Pour les « sons faibles » : 10 dB au-dessus du seuil appareillé à 1 000 Hz en champ libre
- Pour les « sons moyens » : 60 dB en champ libre
- Pour les « sons forts » : 80 dB en champ libre

Les tests sont réalisés sur toutes les fréquences suivantes : 250, 500, 750, 1 000, 2 000, 3 000, 4 000, 6 000 Hz, et en option 8 000 Hz. (Cf. Annexe 1)

Selon le couplage acoustique, la différence de sensation entre les fréquences graves et aigues peut être très importante. En effet, l'équilibre des fréquences graves (< 1 000 Hz) n'est possible qu'avec des adaptations très peu ventilées.

(Bailly-Masson, 2016)

SSQ-15 (Speech, Spatial and Qualities of Hearing Scale)

Le questionnaire 15iSSQ est un questionnaire d'auto-évaluation de quinze questions utilisées par les professionnels de l'audition pour analyser le ressenti de leurs patients lors de l'adaptation prothétique. Les patients doivent se noter de 0 à 10, de « pas du tout » à « parfaitement ». Ces questions illustrent plusieurs situations auditives différentes que l'on demande au patient d'évaluer selon ses capacités. La version initiale possède 49 items au total mais cela aurait pu s'avérer très long et fatigant pour les patients. Ce questionnaire a été traduit et a conduit à validation d'une version francophone en 2016. (Moulin et al, 2016). Selon une étude de 2015, le temps de remplissage du questionnaire initial pouvait varier de dix minutes à presque une heure. Lors de cette même étude, une version de quinze items a été créée. C'est cette dernière qui a été proposée aux patients (Moulin et al., 2015). La forme courte présente une plus grande sensibilité à la perte auditive des sujets, c'est-à-dire, le score du SSQ baisse de 0.6 points contre 0.7 pour la forme courte SS15, lors d'une perte auditive de 10 dB de plus. (Ferschneider, 2022)

Les quinze questions sont organisées et réparties en trois catégories : compréhension de la parole, audition spatiale et qualité de l'écoute. Elles contiennent chacune cinq items. (Cf. Annexe 2)

Il existe également une case « Non applicable » pour les sujets n'ayant pas rencontré la situation décrite ou une similaire.

Pour ne pas les influencer, les patients ont été laissés en autonomie en cabine pendant qu'ils prenaient connaissance du questionnaire et le remplissaient.

Méthodes

Protocole de réalisation de l'étude

Pour contourner le biais de l'habituation, la cohorte des 24 patients a été délimitée en deux groupes de 12 sujets chacun. L'étude se déroulant sur 30 jours consécutifs, les deux groupes participent à deux phases de tests. L'étude a été réalisée sous la forme d'un cross-over. Le premier groupe (Groupe 1) s'essayera d'abord pendant quinze jours à un réglage sans stéréo-équilibre puis, à un réglage avec stéréo-équilibre pour les quinze jours suivants. Le

deuxième groupe (Groupe 2) se verra expérimenter le réglage avec le stéréo-équilibrage dans un premier temps durant quinze jours, puis le réglage sans stéréo-équilibrage durant la dernière quinzaine de l'étude.

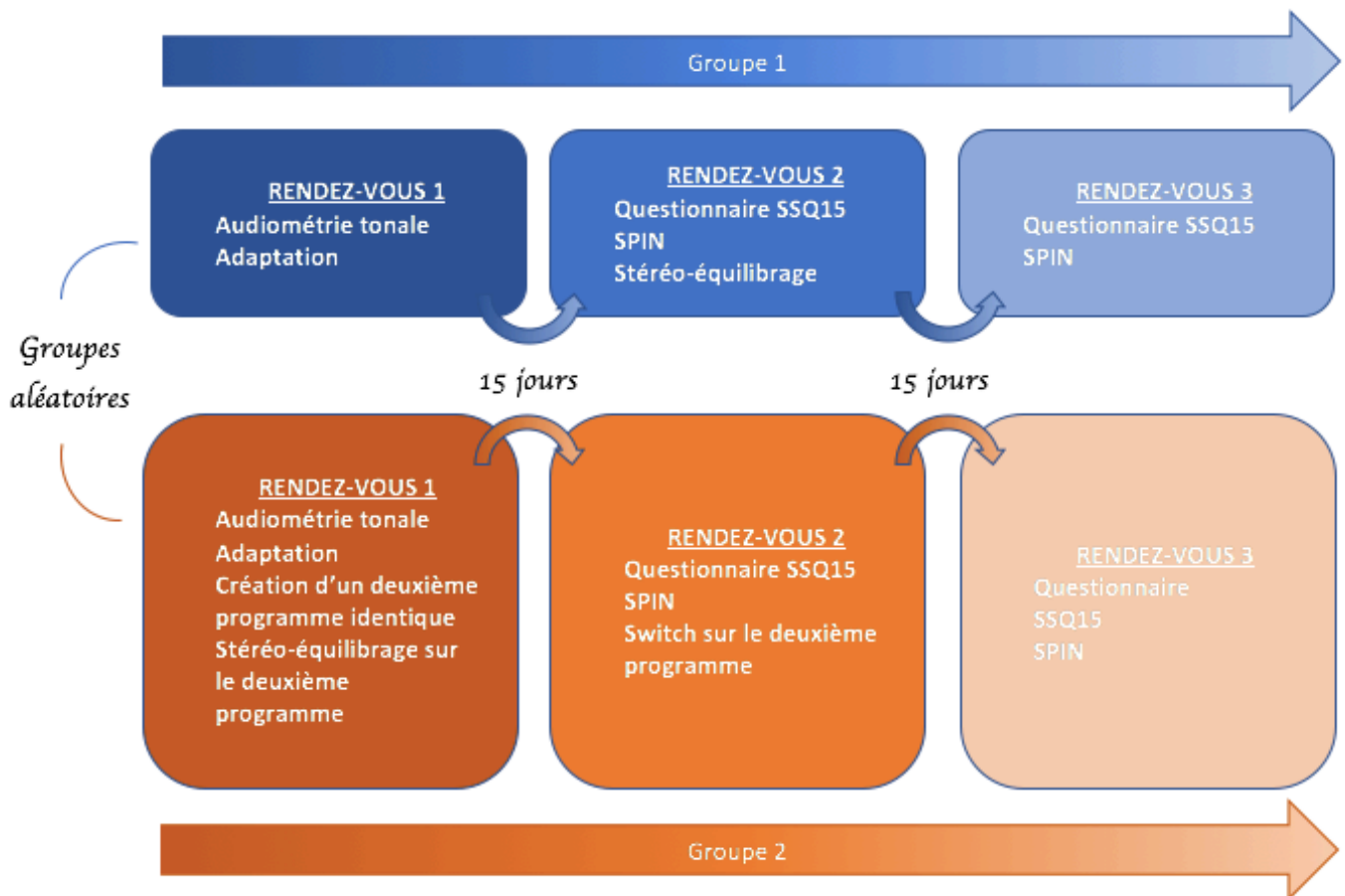


Figure 14 : Schématisation du protocole d'étude

Protocole Groupe 1

- 1^{er} rendez-vous :

Lors du premier rendez-vous, nous avons expliqué à nouveau le principe de l'étude et le déroulement des trois rendez-vous, planifiés à l'avance avec le patient.

On réalise une audiométrie tonale au casque afin d'obtenir des informations exactes et le plus récentes possible sur le profil auditif des patients : elle comprend les audiométries tonales liminaire et supraliminaire (seuils auditifs et seuils d'inconforts).

On procède alors à une nouvelle adaptation avec les appareils actuels du patient.

En ouvrant une session vierge du logiciel fabricant, on réalise le choix du couplage acoustique puis la calibration anti-larsen et enfin le choix des méthodologies.

On ajuste ensuite les réglages selon le ressenti du patient et les tests prothétiques (audiométrie tonale prothétique et audiométrie vocale dans le calme en champ libre).

- 2^{ème} rendez-vous :

Quinze jours plus tard, nous voyons le patient pour la deuxième fois. On procède dans un premier temps au recueil des ressentis du patient sur cette première période puis à l'entretien des AA. Pendant ce dernier, nous proposons au patient de remplir le questionnaire SSQ15 en autonomie, en prenant le temps de lui expliquer et de le mettre à l'aise avec cette étape.

La deuxième étape vise à réaliser le test de compréhension dans le bruit via le SPIN.

Ensuite, nous avons ajusté les réglages selon les ressentis du patient, en veillant à ajuster de façon symétrique les gains et les compressions des AA.

En un troisième temps, nous réalisons le test de stéréo-équilibre.

- 3^{ème} rendez-vous :

Un mois après le début de l'étude, on réalise à nouveau un entretien des appareils et un recueil des ressentis du patient.

Le dernier rendez-vous permet de remplir le questionnaire SSQ15 en lien avec la deuxième période de l'étude et également de réaliser un test SPIN avec un réglage stéréo-équilibré.

Les patients choisissent alors de garder ce réglage ou bien de réintégrer le réglage qu'ils avaient auparavant. Nous ajustons à nouveau les réglages si besoin.

Protocole Groupe 2 :

- 1^{er} rendez-vous :

Lors du premier rendez-vous, nous avons expliqué à nouveau le principe de l'étude et le déroulement des trois rendez-vous, planifiés à l'avance avec le patient.

On réalise une audiométrie tonale au casque afin d'obtenir des informations exactes et le plus récentes possible sur le profil auditif des patients : elle comprend les audiométries tonales liminaire et supraliminaire (seuils auditifs et seuils d'inconforts).

On procède alors à une nouvelle adaptation avec les appareils actuels du patient.

En ouvrant une session vierge du logiciel fabricant, on réalise le choix du couplage acoustique puis la calibration anti-larsen et enfin le choix des méthodologies.

On ajuste ensuite les réglages selon le ressenti du patient et les tests prothétiques (audiométrie tonale prothétique et audiométrie vocale dans le calme en champ libre).

Nous créons par la suite un nouveau programme, identique à celui qui vient d'être enregistré. Puis, sur le premier programme, nous réalisons le test de stéréo-équilibre et les ajustements sur les réglages. Le patient part donc pour la première période d'essai avec un programme stéréo-équilibré.

- 2^{ème} rendez-vous :

Quinze jours plus tard, nous voyons le patient pour la deuxième fois. Nous procédons dans un premier temps au recueil des ressentis du patient sur cette première période puis à l'entretien des AA. Pendant ce dernier, nous proposons au patient de remplir le questionnaire SSQ15 en autonomie, en prenant le temps de lui expliquer et de le mettre à l'aise avec cette étape.

La deuxième étape vise à réaliser le test de compréhension dans le bruit via le SPIN.

Pour pouvoir laisser le patient repartir avec un réglage non-stéréo-équilibré sur la deuxième partie de l'essai, nous intervertissons les deux programmes créés au premier rendez-vous. Le réglage sans stéréo-équilibre devient alors le premier programme et c'est sur celui-ci que

nous allons réaliser les ajustements demandés par le patient au début du rendez-vous. Nous veillons à bien réaliser ces changements sur les réglages des appareils symétriquement sur les deux oreilles. Ce qui est réalisé à gauche doit l'être aussi à droite pour ne pas biaiser le programme non-stéréo-équilibré.

- 3^{ème} rendez-vous :

Un mois après le début de l'étude, nous réalisons à nouveau un entretien des appareils et un recueil des ressentis du patient.

Le dernier rendez-vous permet de remplir le questionnaire SSQ15 en lien avec la deuxième période de l'étude et également de réaliser un test SPIN avec un réglage non stéréo-équilibré.

Les patients choisissent alors de garder ce réglage ou bien de réintégrer le réglage qu'ils avaient auparavant. Nous ajustons à nouveau les réglages si besoin.

Adaptation

Pour l'adaptations des AA de l'ensemble des sujets, nous avons décidé d'utiliser les méthodologies propres aux fabricants et de ne pas utiliser les audiométries in-situ.

Les méthodologies sont les suivantes :

- « Audiogram+ » pour les appareils du fabricant GN Resound
- « DVO » pour les appareils du fabricant Oticon
- « Phonak Digital Adaptive » pour les appareils du fabricant Phonak
- « PrecisionFit » pour les appareils du fabricant Widex
- « AXFit » pour les appareils du fabricant Signia

La réalisation des audiométries in-situ aurait influencé les résultats du stéréo-équilibrage. L'audiométrie in-situ permet la création des profils auditifs de manière très précise et adaptés au couplage acoustique. Nous avons choisi d'utiliser le stéréo-équilibrage pour nous orienter vers cette précision.

Certaines méthodologies prennent en compte les UCL pour proposer des cibles adaptées à la dynamique résiduelle du patient et d'autres ne les prennent en compte seulement pour les pré réglages des MPO. (Bailly Masson, 2015)



Figure 15 : Différence d'utilisation des UCL entre les méthodologies

Lors des adaptations, et selon le ressenti du patient nous avons eu besoin de modifier certains gains et certaines compressions. Pour ne pas fausser les résultats du stéréo-équilibre, nous avons veillé à toujours réaliser ces actions de façon symétrique sur l'AA droit et l'AA gauche. Aucune correction n'a été faite sur une seule oreille à la fois, sauf dans le cas des ajustements post-stéréo-équilibre.

Analyse statistique

Les données récoltées durant de cette étude, lors des tests SPIN et des réponses au questionnaire SSQ15, ont été inscrites et anonymisées dans Excel. Les graphiques de représentation ont également été créés grâce à Excel.

Les statistiques ont été effectuées sous Jamovi (version 2.3.21).

Dans les différentes catégories à analyser, la première étape a été de vérifier la normalité. Pour cela, dans le logiciel de statistiques, le test de Shapiro-Wilk est utilisé : un p supérieur à 0.05 démontre la normalité des effectifs. On dit que les données suivent une loi normale. Sur ces groupes-ci, les tests paramétriques peuvent être appliqués. Cependant, lorsque p est inférieur à 0.05, la normalité est rejetée, il faut donc appliquer des tests non-paramétriques pour vérifier les hypothèses émises.

Afin de choisir le type de tests à réaliser sur nos échantillons, il faut également prendre en compte la taille de ces derniers. En effet, lorsque la taille de l'échantillon est inférieure à 30 sujets, il est plus judicieux de réaliser des tests non-paramétriques.

Avant de commencer les statistiques, une hypothèse par test doit être émise.

Lors de ce mémoire, de nombreuses hypothèses ont été émises (avec H_0 , les hypothèses émises et leurs contraires, H_A les hypothèses alternatives) :

- H_{0A} : Le stéréo-équilibre améliore significativement la compréhension de la parole
- H_{0B} : Le stéréo-équilibre améliore significativement l'audition spatiale
- H_{0C} : Le stéréo-équilibre améliore significativement la qualité de l'écoute
- H_{01} : Le stéréo-équilibre améliore significativement la satisfaction auditive des patients
- H_{02} : Le stéréo-équilibre améliore significativement la compréhension dans le bruit
- H_{03} : Le groupe des sujets a une influence significative sur les résultats

On parlera de H_{A_A} , H_{A_B} , H_{A_C} , H_{A_1} , H_{A_2} et H_{A_3} , pour les hypothèses alternatives.

L'ensemble des tests réalisés lors de cette étude sont des tests non-paramétriques, la taille de l'échantillon étant inférieure à 30 ($N = 24$ et $N = 12$ pour les études entre les groupes).

Premièrement, pour analyser les sujets dans leur totalité, sans différencier les groupes 1 et 2, il s'agit d'un test t pour échantillons appariés. Il compare deux résultats à deux tests différents, pour la même population. Le test paramétrique correspondant est le test t de Student mais le test utilisé dans ces résultats est donc le test non-paramétrique de rangs signés de Wilcoxon.

Deuxièmement, pour analyser et comparer les deux groupes de sujets, il faut utiliser un test t pour échantillons indépendants. Le test paramétrique correspondant est le test t de Student mais le test utilisé dans ces résultats est donc le test non-paramétrique, U de Mann-Whitney.

Dans ces deux tests, le p-value doit être inférieure à 0.05 pour admettre qu'une hypothèse (H_0) est significative. Un p supérieur à 0.05, exclura l'hypothèse émise et validera alors l'hypothèse alternative (H_A).

Résultats

Lors de l'analyse des résultats de cette étude, les principaux questionnements seront :

- Le stéréo-équilibre améliore-t-il la compréhension des patients dans le bruit ?
Cette question sera divisée en deux analyses : par catégories d'items et en globalité
- Le stéréo-équilibre améliore-t-il le confort de vie des patients ?

De manière secondaire, les questions suivantes seront également abordées :

- Quelle influence a la réalisation du protocole sur les résultats des patients ?

Statistiques descriptives

Pour étudier les résultats de compréhension dans le bruit, nous avons utilisé le score du test SPIN.

Pour étudier le confort des patients, nous avons répartis les quinze items du questionnaire SSQ15 en trois sous-catégories afin d'analyser trois caractéristiques différentes :

- La compréhension de la parole : items 1 à 5
- L'audition spatiale : items 6 à 10
- La qualité de l'écoute : items 11 à 15

L'ensemble de ces résultats a été regroupé pour créer des moyennes, par sujet et par sous-catégories ; ce sont ces moyennes qui ont été analysées.

Toutes ces catégories ont été nommées de la manière suivante :

- SPIN sans : score du test SPIN sans stéréo-équilibre
- SPIN avec : score du test SPIN avec stéréo-équilibre
- A sans : moyenne des scores des items 1 à 5 du questionnaire SSQ15 sans le stéréo-équilibre
- A avec : moyenne des scores des items 1 à 5 du questionnaire SSQ15 avec le stéréo-équilibre

- B sans : moyenne des scores des items 6 à 10 du questionnaire SSQ15 sans le stéréo-équilibre
- B avec : moyenne des scores des items 6 à 10 du questionnaire SSQ15 avec le stéréo-équilibre
- C sans : moyenne des scores des items 11 à 15 du questionnaire SSQ15 sans le stéréo-équilibre
- C avec : moyenne des scores des items 11 à 15 du questionnaire SSQ15 avec le stéréo-équilibre
- SSQ sans : moyenne de l'ensemble des scores du questionnaire SSQ15 sans le stéréo-équilibre
- SSQ avec : moyenne de l'ensemble des scores du questionnaire SSQ15 avec le stéréo-équilibre

On notera G1 pour le groupe 1 et G2 pour le groupe 2.

Premièrement, nous allons étudier l'ensemble des sujets, sans distinguer les groupes. L'analyse descriptive des statistiques montre que les intervalles de confiance se chevauchent. Une grande partie des intervalles de confiance est en commun avec l'intervalle de confiance de la catégorie en comparaison : ceci indique que les résultats d'un test ou de l'autre se rejoignent, et prennent globalement les mêmes valeurs. Graphiquement, nous pouvons avancer qu'ils ne présenteront pas de différences significatives. Pour vérifier tout cela, les tests statistiques seront utilisés pour analyser des résultats de cette étude.

Moyennes, intervalles de confiance de la moyenne à 95% et médianes :

- A sans : moyenne = 6,40 ; IC = [5,48 ; 7,31] ; médiane = 6,80
- A avec : moyenne = 6,73 ; IC = [5,78 ; 7,68] et médiane = 6,45
- B sans : moyenne = 7,37 ; IC = [6,54 ; 8,20] et médiane = 8,00
- B avec : moyenne = 7,75 ; IC = [6,98 ; 8,52] et médiane = 7,75
- C sans : moyenne = 8,15 ; IC = [7,52 ; 8,77] et médiane = 8,60
- C avec : moyenne = 8,35 ; IC = [7,74 ; 8,95] et médiane = 8,59
- SPIN sans : moyenne = 2,50 ; IC = [1,22 ; 3,78] et médiane = 2,00
- SPIN avec : moyenne = 2,33 ; IC = [1,18 ; 3,49] et médiane = 1,50

- SSQ sans : moyenne = 7,34 ; IC = [6,65 ; 8,03] et médiane = 7,35
- SSQ avec : moyenne = 7,61 ; IC = [6,90 ; 8,31] et médiane = 7,49

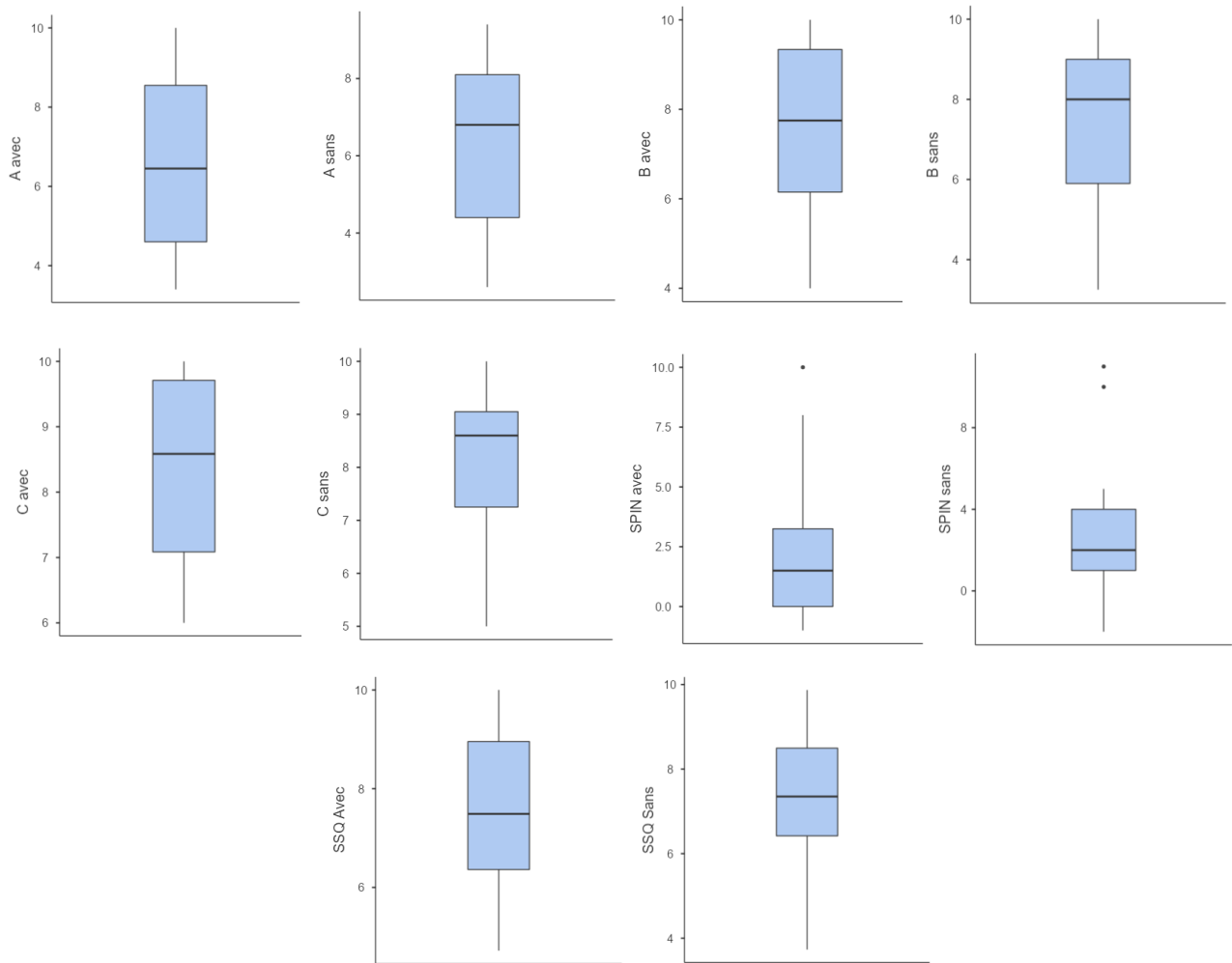


Figure 16 : Comparaison en box-plot des statistiques descriptives par catégories de l'ensemble des sujets

Dans l'ensemble des catégories, le nombre de sujets est de 24 (N = 24) à l'exception de « A sans » qui compte seulement 23 sujets (N = 23) : un des sujets du groupe 1 a coché la case « Non applicable » sur les cinq premières questions de la catégorie « compréhension de la parole », il n'y a donc pas de moyenne calculée pour un des sujets dans « A sans ».

Satisfaction-patient : compréhension de la parole, audition spatiale et qualité de l'audition

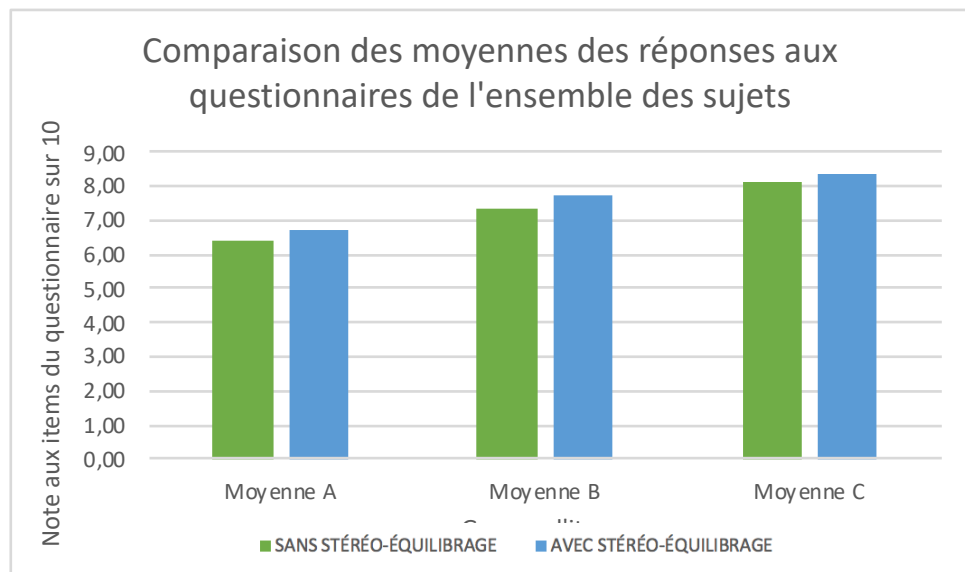


Figure 17 : Comparaison des moyennes des réponses aux questionnaires de l'ensemble des sujets

Visuellement, la figure 11 montre une amélioration des moyennes des réponses aux questionnaires lorsque les patients portent le programme stéréo-équilibré. Ce graphique laisse donc penser que le confort des patients est plus important lorsqu'ils portent le programme stéréo-équilibré. Or, en réalisant les statistiques, il apparaît qu'une seule différence est statistiquement significative.

La comparaison des catégories avec et sans stéréo-équilibrage, sans se préoccuper des deux différents groupes, peut se faire grâce à un test t pour échantillons appariés : il correspond à la comparaison d'un même public, soumis à différentes conditions.

L'hypothèse émise est la suivante : la mesure 1 est supérieure à la mesure 2. La mesure 1 étant les catégories sans stéréo-équilibrage et la mesure 2, celles avec stéréo-équilibrage. On hypothe donc que les notes seront meilleures avec le stéréo-équilibrage.

La normalité étant vérifiée sur l'ensemble des comparaisons, le T-Test de Student pourrait être utilisé sur ces données. Les valeurs de p étant respectivement 0.561 ; 0.219 et 0.116, pour « A sans » comparé à « A avec » ; « B sans » comparé à « B avec » et « C sans » comparé à « C avec ». Elles sont toutes supérieures à 0.05, et vérifient donc la normalité.

Cependant, la norme de sujets étant inférieure à 30, il est préférable de réaliser un test non-paramétrique. Le test équivalent est donc le test de rang signé de Wilcoxon.

Les résultats des tests de Wilcoxon montrent une seule différence statistique dans la comparaison de la catégories « B » d'items du questionnaire et qu'il n'y a aucune différence significative entre un patient utilisant un programme stéréo-équilibré et un programme qui ne l'a pas été, sur les statistiques « A », « C ».

En effet, deux des valeurs de p lors du test de Wilcoxon sont supérieures à 0.05 ; un résultat significatif aurait été démontré par des p-value inférieures à 0.05. La seule valeur significative est le p-value de « B » égal à 0.030. Ce résultat montre que le stéréo-équilibrage a amélioré significativement la satisfaction de l'audition spatiale des patients.

Ces résultats montrent que les hypothèses H_{0A} et H_{0C} sont réfutés, et que H_{A_A} et H_{A_C} sont admises.

Les graphiques orientent donc vers l'hypothèse que le stéréo-équilibrage améliore l'ensemble des paramètres de la satisfaction auditive des patients mais malgré cela, les statistiques indiquent que seul H_{0B} est validée.

Satisfaction-patient, en globalité

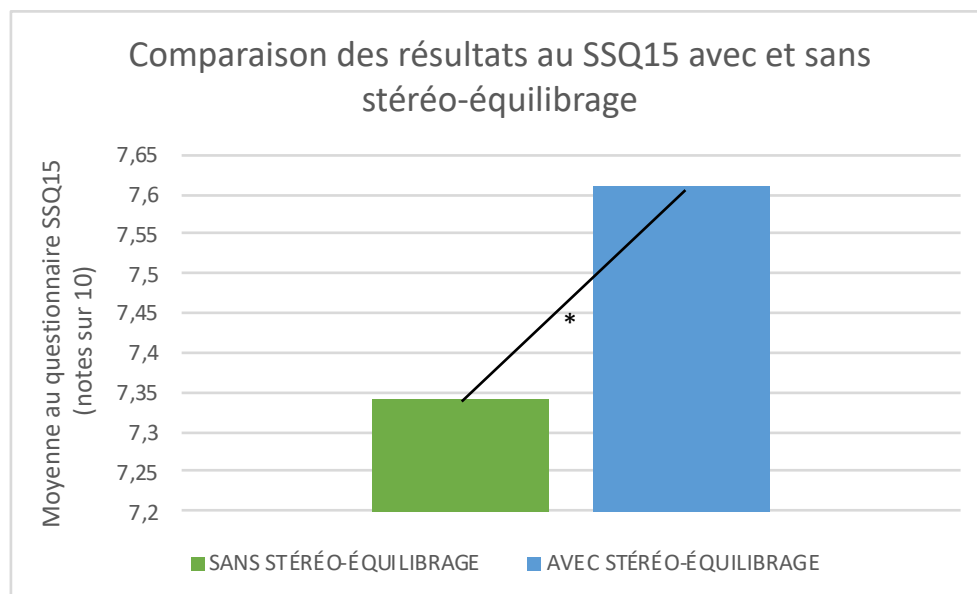


Figure 18 : Comparaison des résultats au SSQ15 avec et sans stéréo-équilibrage

Le graphique de la figure 13 montre une augmentation, et donc une amélioration, du score moyen total au questionnaire SSQ15, avec stéréo-équilibre.

Grâce aux statistiques, réalisés avec un test non-paramétrique (dû à la non-normalité et à l'effectif $N < 30$), on peut déduire que le stéréo-équilibre a significativement amélioré la satisfaction des patients. En effet, le test t de rang signé de Wilcoxon apporte confirmation au graphique en exposant un $p = 0.032$.

Il est donc possible d'affirmer que, comme émis dans l'hypothèse, H_0 , la satisfaction des patients a significativement été améliorée par le stéréo-équilibre. Il se note par * sur le graphique.¹

Compréhension dans le bruit

Pour la partie compréhension dans le bruit, le raisonnement est le même.

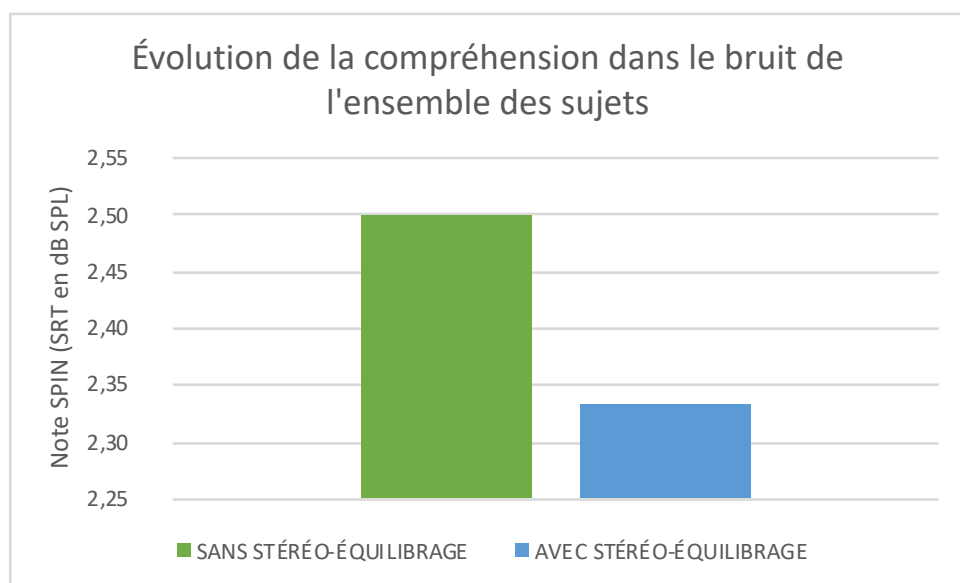


Figure 19 : Évolution de la compréhension dans le bruit de l'ensemble des sujets

Graphiquement, la figure 14 montre une amélioration de la moyenne générale au test de SPIN qui évalue la compréhension dans le bruit.

¹ * lorsque $p < 0.05$, ** lorsque $p < 0.01$ et *** lorsque $p < 0.001$.

Comme lors de l'analyse précédente, la normalité est vérifiée pour les résultats des test « SPIN avec » et « SPIN sans », et leur comparaison ($p = 0.081 > 0.05$).

Le test-t de Student aurait été réalisable si la population avait été plus importante. Pour assurer un résultat cohérent et représentatif, le test de rang signé de Wilcoxon est une adaptation non-paramétrique du test de Student.

Parmi les valeurs de ces tests, il existe 6 paires de valeurs rattachées, c'est-à-dire, 6 sujets pour lesquelles les résultats sont les mêmes avec et sans le stéréo-équilibrage.

L'hypothèse était $H_0 = \text{mesure 1} - \text{mesure 2} > 0$, soit $\text{mesure 1} > \text{mesure 2}$. Dans ce cas présent, le score doit être plus petit pour être meilleur que l'autre. Il faut donc que le résultat avec stéréo-équilibrage soit inférieur à celui sans stéréo-équilibrage pour vérifier l'hypothèse.

Le test de Wilcoxon indique qu'il n'y a pas de différence statistique significative. La p-value est de 0.329 et est donc supérieure au seuil significatif de $\alpha = 0.05$.

L'hypothèse n'est donc pas vérifiée : le stéréo-équilibrage n'améliore pas significativement la compréhension dans le bruit.

Influence du déroulement du protocole

Ensuite, pour comparer les résultats des tests, réalisés avec ou sans stéréo-équilibrage, dans le groupe 1 et dans le groupe 2, il est possible d'utiliser un test pour échantillons indépendants. Ces statistiques permettront d'analyser l'importance ou non de la réalisation du protocole : les résultats sont-ils meilleurs quand le programme sans stéréo-équilibrage a été porté avant le programme avec stéréo-équilibrage ?

La comparaison se fait donc entre :

- SPIN sans G1 et SPIN sans G2
- SPIN avec G1 et SPIN avec G2
- A sans G1 et A sans G2
- A avec G1 et A avec G2
- B sans G1 et B sans G2
- B avec G1 et B avec G2
- C sans G1 et C sans G2

- C avec G1 et C avec G2

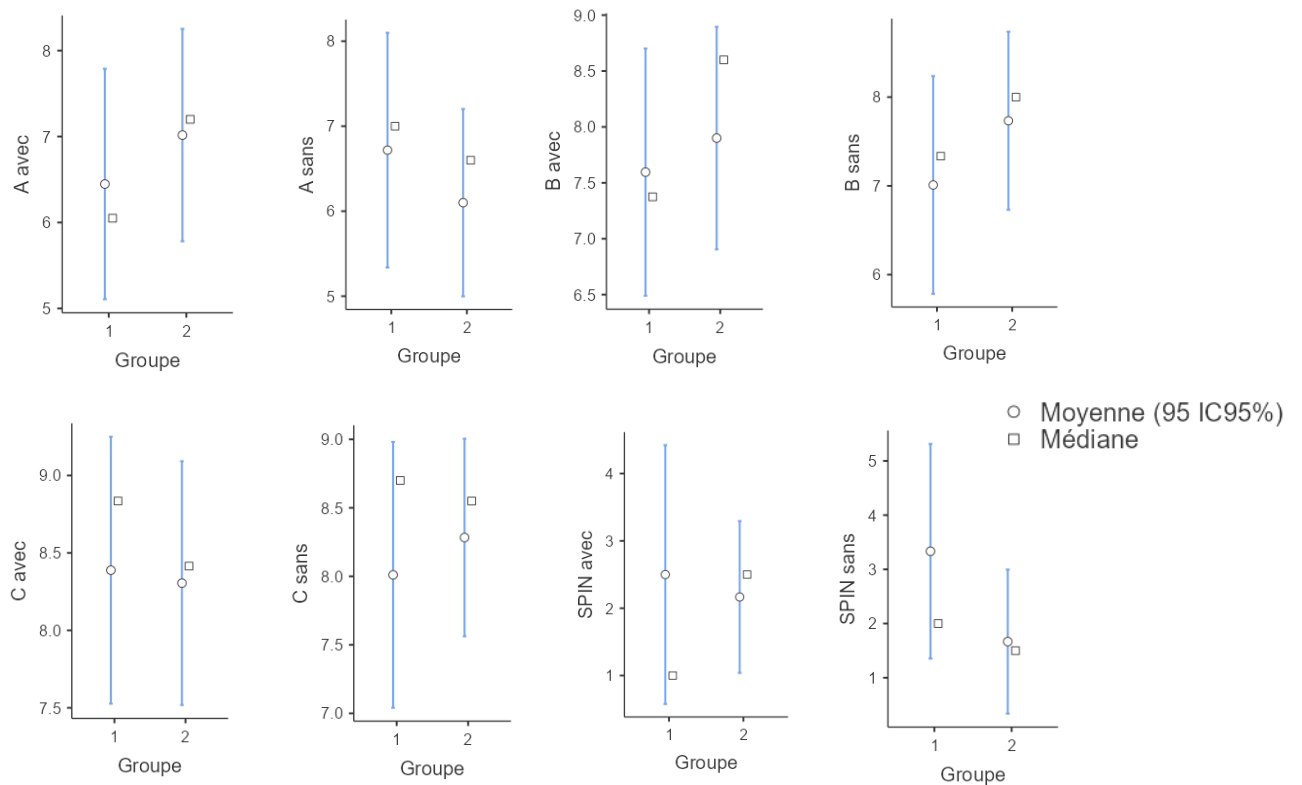


Figure 20 : Comparaison en box-plot des statistiques descriptives par groupe et par catégories

Comme montré par les statistiques descriptives ci-dessus, les intervalles de confiance de chaque catégorie dans chaque groupe prennent les mêmes valeurs. Une majorité des données est en commun dans un groupe et dans l'autre.

Ceci montre que peu importe le groupe, les résultats sont sensiblement les mêmes.

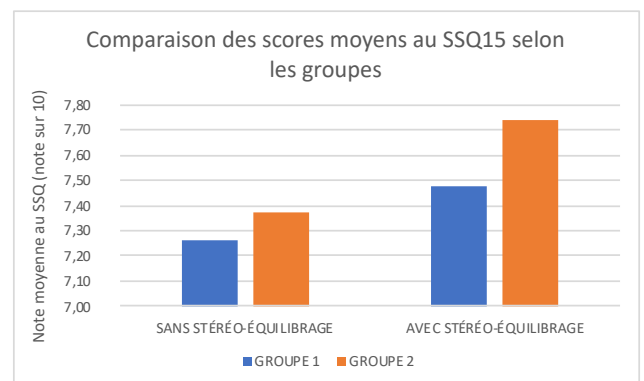
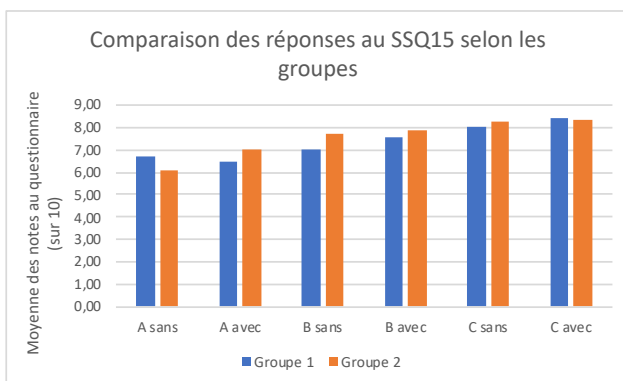
Pour réaliser les tests statistiques de cette étude, nous avons vérifié la normalité de ces résultats. Pour ce faire, nous avons utilisé le test de normalité de Shapiro-Wilk.

Pour l'analyse des réponses aux questionnaires, la condition de normalité n'est pas vérifiée pour « C avec » et pour les résultats de tests dans le bruit. Il est donc possible de réaliser des tests paramétriques dans certains cas (ici, le test de Student pour échantillons indépendants)

mais le nombre de l'effectif étant inférieur à 12, il est préférable de réaliser des tests non-paramétrique sur l'ensemble des variables.

Le test U de Mann-Whitney permet de comparer les différentes catégories entre elles selon les deux groupes.

Graphiquement, grâce aux figures 15 et 16, ci-dessous, le groupe 2 montre une petite supériorité dans les résultats. Il paraît plus performant dans le bruit avec un SRT lors du test SPIN inférieur à celui du groupe 1 ; et également des notes au questionnaire plus hautes, qui démontre d'un meilleur confort de vie.



Figures 21 : Comparaisons des réponses au SSQ15 selon les groupes

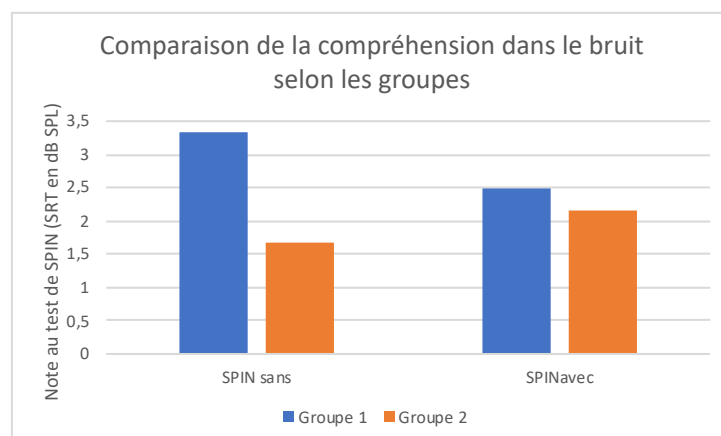


Figure 22 : Comparaison de la compréhension dans le bruit selon les groupes

Statistiquement, l'Hypothèse émise est la différence entre le groupe 1 et le groupe 2, aucun des deux groupes ne serait supérieur à l'autre.

Les résultats statistiques n'apportent aucune différence statistiquement significative : l'ensemble des p-value est supérieur au seuil de signification, soit 0.05. La différence entre les médianes n'est donc pas statistiquement significative. Les p-values sont comprises entre 0.411 et 0.908.

Or, graphiquement, le groupe 2 semble meilleur dans la plupart des domaines. Pour la compréhension dans le bruit, le groupe 2 démarre (sans SE) avec un score bien inférieur à celui du groupe 1 mais voit son score diminuer de façon plus importante. L'interprétation graphique laisse penser que le groupe 2 obtient de meilleurs résultats lors des tests.

Mais, il est donc juste d'affirmer que l'ordre d'écoute et de réhabilitation entre les programmes n'a pas eu d'effet sur les résultats du test SPIN et des réponses au questionnaire car les résultats statistiques n'ont pas de significations.

Discussion

Précédemment, plusieurs sujets et questionnements ont été abordés, tous traitant de l'influence du stéréo-équilibrage sur la compréhension dans le bruit, ainsi que dans la satisfaction que porte un patient à son audition.

Les résultats montrent que seule la satisfaction des patients a été significativement améliorée, et en particulier l'appréciation qu'ils ont de leur propre audition spatiale, or, il s'agit du premier objectif recherché.

Pour étudier ces résultats, voici point à point les remarques qui peuvent être faites :

Compréhension de la parole

Lors de l'analyse des cinq items traitants de la compréhension de la parole dans le questionnaire, aucun résultat significatif n'a pu être démontré. En revanche, une amélioration a pu être observée graphiquement, bien qu'elle soit minime. Ce questionnaire est basé uniquement sur le ressenti des patients, et leur auto-évaluation. Il reste tout à fait subjectif et peut différer d'un sujet à l'autre, pour la même situation. De façon plus objective, il aurait été possible de tester la compréhension de la parole par un test de compréhension dans le calme, un test SPIQ, chez Amplifon. Cela nous aurait permis d'évaluer les patients de manière plus homogène, en utilisant un test normé et standardisé.

Audition spatiale

Par ailleurs, le stéréo-équilibrage apporte, comme son nom l'indique, un équilibre entre les deux oreilles. Il permet donc de rétablir une binauralité, et de rétablir la meilleure stéréoacousie possible, entraînant la remise en fonction du démasquage binaurale et de tous les mécanismes permettant la localisation sonore.

Tout comme pour la compréhension de la parole, évoquée ci-dessus, les réponses au questionnaire restent patient-dépendantes. Afin de rendre l'analyse de l'audition spatiale plus uniforme, il aurait été approprié de réaliser un test de localisation sonore spatiale dans le but d'évaluer cette caractéristique.

Parmi les trois sous-catégories du SSQ15, il est vrai que celle-ci entretient un lien étroit avec stéréo-équilibre. C'est d'ailleurs sûrement une des raisons qui font que les statistiques montrent que le stéréo-équilibre joue un rôle dans la satisfaction des patients vis-à-vis de l'audition spatiale.

Parmi les éléments qui pourrait intervenir dans l'audition spatiale se trouvent les algorithmes des différents fabricants. En effet, certaines marques prennent en compte les effets délétères de la compression WDRC dégradant les IID et les ITD en adaptant les algorithmes de leurs AA (gestion du réseau microphonique avec un échange de données entre chaque auditive) : ils compensent alors la perte d'audition en simulant électroniquement les différences d'intensité et de temps. Ils agissent donc sur les repères spatiaux des sujets et ont peut-être ajoutés des incohérences à ces analyses.

La localisation spatiale avec les AA est également influencée par les microphones et leur position. Les résultats d'une étude indiquent que l'endroit où se trouve le microphone est crucial pour la capacité de localisation avec des aides auditives. Lorsque le microphone n'est pas placé de manière optimale, cela perturbe la localisation des sons dans le sens vertical et a un impact sur la localisation latérale des sons. De plus, des retards de traitement supplémentaires ont des effets négatifs sur la localisation latérale des sons. (Denk, Ewert, et Kollmeier, 2019)

Qualité de l'audition

Dans cette sous-échelle, il est question principalement de savoir distinguer des sons différents. Sur ce principe, le stéréo-équilibre, n'est pas le moyen premier de faire évoluer ces notes et ces évaluations. En effet, le discernement des sons et leur reconnaissance passent théoriquement par un entraînement régulier et surtout la rencontre de multiples scènes sonores pour permettre au patient de s'adapter.

La répartition de la sonie appareillée peut également jouer un rôle important. C'est le rôle de l'audioprothésiste de permettre au patient de rééduquer son oreille de la meilleure des façons possibles.

Une étude de 2020 a montré qu'il existe une variance de 4 à 12 dB pour passer d'un résultat le « meilleur » possible à un résultat le « pire » possible, selon les patients.

Cela montre qu'il y a de nombreuses possibilités quant aux réglages des gains pour un même patient, pour satisfaire la qualité de son audition. (Caswell-Midwinter, et al, 2021)

Comme constaté par les résultats précédemment exposés, le stéréo-équilibre n'a pas amélioré significativement le ressenti de la qualité de l'audition des patients.

Satisfaction-patient

La satisfaction est un terme très personnel et qui dépend totalement du sujet. Il est vrai que par satisfaction, on entend également perfection, mais tout dépend de la personne qui juge cela. Il est donc difficile de tirer des conclusions sur le confort des patients vis-à-vis de l'audition de par un questionnaire, bien qu'il soit normé, il reste totalement subjectif. Un nombre de variables important, sans rapport aucun avec son audition, peuvent rentrer en compte et peuvent influencer le sujet au moment-même où il remplit le questionnaire, entre-autre : sa fatigue à cet instant, l'accueil qui lui a été réservé, les évènements positifs ou négatifs de sa journée, etc. Tous ces éléments mènent à croire que d'un questionnaire à l'autre, dans la même situation, le sujet pourrait avoir deux réponses différentes. C'est un biais que l'on ne pourra jamais contrôler, mais qu'il est important de mettre en avant.

Les résultats ont montré que le stéréo-équilibre a significativement amélioré la satisfaction des patients vis-à-vis de leur audition.

C'est tout de même un point très important car la satisfaction du patient doit être la priorité de l'audioprothésiste et son premier objectif dans l'adaptation.

Il serait intéressant de savoir, si en dehors des questions prédéfinies par le questionnaire, le SE leur a apporté quelque chose, ou au contraire, a nui à certaines choses.

Le SSQ15 est écrit de façon à regrouper la plupart des situations sonores afin de pouvoir faire des généralités mais il est possible que le stéréo-équilibre touche à des domaines non mesurés.

Actuellement, et c'est la conclusion d'une étude de 2004, de nombreuses fonctions et capacités liées au handicap auditif ne peuvent tout simplement pas être mesurées en laboratoire sur des populations cliniques. L'auto-évaluation offre une perspective précieuse sur les différentes catégories et types de fonctions qui influencent le handicap auditif.

L'un des défis des futures recherches consistera à développer des méthodes de performance qui permettront d'étudier plus directement les mécanismes et les déficits de ces fonctions. (Gatehouse, 2004)

Compréhension dans le bruit

La compréhension dans le bruit étant un des éléments majeurs de la réhabilitation auditive, il est une des priorités en termes de rééducation. C'est pourquoi le monde de l'audioprothèse est sans cesse à la recherche de nouvelles idées et solutions pour aider les patients appareillés à faire face aux situations complexes, notamment dans le bruit.

L'équilibre entre les deux oreilles est théoriquement une façon de pouvoir améliorer la compréhension dans le bruit. En effet, les résultats de cette étude ne sont pas les résultats attendus initialement. Ils s'avèrent ne pas être significatifs contrairement aux résultats trouvés par LESPARGOT Thomas lors d'un rapport de recherche de polytechnique en 2019. Il a été prouvé que le SE est le réglage impactant le plus l'amélioration des résultats prothétiques. (Lespargot, 2019) (cf. Annexe 2)

L'étude montre une amélioration du SRT appareillé de 0.4 dB à tous les patients grâce au stéréo-équilibre.

Influence du déroulement du protocole

La répartition des sujets s'étant fait aléatoirement, les caractéristiques de chacun d'eux n'ont pas influencé le choix du groupe. La seule chose qui aurait éventuellement pu influencer les résultats est l'organisation et l'ordre des tests réalisés. En effet, un patient commençant par le programme stéréo-équilibré (G2) a réalisé le test SPIN avec SE lors du deuxième rendez-vous tandis qu'un patient qui aura essayé le programme SE en un deuxième temps (G1) réalisera le test SPIN lors du troisième rendez-vous. Ce phénomène pourrait amener à se demander si les patients ne sont pas influencés par cette organisation. Le troisième rendez-vous était-il abordé avec la même motivation que le deuxième rendez-vous ?

Pour cela, les statistiques ont démontré qu'il n'existait aucune différence entre les deux groupes, que ce soit lors des tests et questionnaires, avec et sans SE. L'ordre des périodes n'a donc pas influencé statistiquement les sujets dans leurs résultats, bien que graphiquement, le groupe 2 semble plus satisfait et plus performant en globalité.

Biais et limites

Bien que cette étude ait été menée avec tout le sérieux et la rigueur possible, il se peut que certains aléas aient altéré ou modifié les résultats et donc les conclusions de ce mémoire.

Il est important de connaître et de reconnaître les faiblesses qui ont pu biaiser ce projet, les voici.

Tout d'abord, et c'est sûrement la condition qui aura le plus influencé ces résultats, le nombre de sujets est trop peu élevé. Il aurait été judicieux de réaliser cette étude sur une cohorte plus importante afin d'apporter crédibilité et signification à ces résultats. En effet, l'effectif total était de 24 sujets, mais a également été de 12 sujets lors de la comparaison des deux groupes.

Le manque de puissance statistiques peut influencer les résultats. La puissance statistique d'une étude est la probabilité de détecter un effet réel. Un trop petit échantillon peut réduire la puissance statistique de l'analyse, c'est-à-dire la capacité à détecter des différences significatives ou des relations entre les variables. Cela peut conduire à des résultats non concluants ou à des conclusions erronées, car l'étude peut ne pas être suffisamment sensible pour détecter les effets réels présents dans la population.

Ensuite, la suppléance mentale peut entrer en compte lors de la réalisation des tests et cette dernière n'est pas évaluable. Il s'agit de la capacité du cerveau d'un sujet à compenser la perte auditive en utilisant d'autres sources d'informations sensorielle ou cognitive pour comprendre et interpréter les signaux. Elle peut comprendre la lecture labiale (qui ne rentre pas en compte lors du test SPIN car il est réalisé avec un HP), l'anticipation et la prédiction (utilisation des informations contextuelles pour déchiffrer des mots mal compris) ainsi que la mémoire (certains sons et signaux déjà entendus, que le cerveau se remémore pour comprendre le sens d'une phrase).

La suppléance mentale est donc une caractéristique que nous ne pouvons pas prendre en compte lors de nos analyses mais qui a forcément joué sur les résultats, notamment dans la compréhension dans le bruit.

Dans le même domaine et de la même façon, l'effort d'écoute n'est pas évaluable. Certains patients feront de gros efforts de concentration pour comprendre des phrases dans le bruit et repousser leurs limites tandis que d'autres arrêteront de se surpasser à l'instant même où une phrase sera difficile à comprendre pour eux. Ces paramètres mettent alors les patients dans des situations bien différentes et rendent les comparaisons limitées.

Lors de la réalisation du protocole, certains facteurs sont variables également et peuvent représenter des conflits au sein des résultats.

La durée des périodes d'essais avec un programme ou un autre a été de quinze jours pour l'ensemble des sujets. La question qui peut être posée est de se demander si cela est suffisant pour s'habituer et juger de l'efficacité d'un programme mais aussi de se l'approprier pour répondre à une question concernant ce programme et uniquement celui-ci.

Certains patients ont sans doute, malgré les consignes explicites, mélangé le programme évalué et leur précédent programme (inclus dans l'étude ou non), lorsque qu'ils répondaient au questionnaire. Il s'agit d'un biais réel et ayant pu influencer les résultats des études liées au questionnaire.

Conclusion

Le but de ce mémoire était de comprendre l'influence du stéréo-équilibre dans la pratique de l'audioprothèse. Pour cela, l'étude a été réalisée sur les résultats au test SPIN pour évaluer la compréhension dans le bruit des patients et également sur les notes au questionnaire SSQ15 pour évaluer la satisfaction des patients envers leur audition. La problématique était donc la suivante : le stéréo-équilibre apporte-t-il une amélioration de la compréhension dans le bruit et de la satisfaction des patients ?

En effet, la plainte principale des patients atteints de déficiences auditives et des patients appareillés est la difficulté rencontrée dans les situations complexes, notamment dans le bruit. C'est donc pour cela que l'audioprothèse est en constante recherche de stratégies pour améliorer ces situations.

Les hypothèses mises en place laissaient toutes penser que les résultats attendus seraient en faveur du stéréo-équilibre : il était attendu une amélioration de la compréhension de la parole, de l'audition spatiale, de la qualité de l'audition, de la satisfaction auditive des patients et également de la compréhension dans le bruit. Il avait aussi été émis que la répartition des groupes et la réalisation des protocoles n'ont pas d'influence sur les résultats.

Cette étude a démontré que le SE était une manière de faire évoluer la satisfaction des patients vis-à-vis de leur audition, en améliorant principalement et significativement leur audition spatiale.

L'ensemble des résultats analysés graphiquement montrait une amélioration de l'ensemble des catégories, grâce au SE, mais cette dernière ne s'est pas avérée être suffisante pour être significative pour la majorité des résultats.

Il reste très important de rappeler que la seule amélioration significative dans cette étude, que le SE a vraiment apportée, concerne la satisfaction des patients relative à leur audition.

Il s'agit de la préoccupation principale de l'audioprothésiste qui apporte ses services et son savoir-faire aux besoins de ses patients.

Pour valoriser et préciser les résultats de cette étude, il faudrait pouvoir la réaliser avec une cohorte de sujets beaucoup plus importante. Cela n'a pas pu être le cas par manque de temps, et de possibilité d'organisation vis-à-vis des audioprothésistes occupant les cabines du centre une majeure partie du temps.

Lors de ces explorations, plusieurs autres questions ont retenu mon attention et auraient mérité d'être éclairées.

Parmi celles-ci, la question du couplage acoustique : la compréhension dans le bruit est influencée principalement par les caractéristiques des appareils (niveau de performance), les réglages et le choix du couplage acoustique : il aurait été intéressant de pouvoir comparer la compréhension dans le bruit des patients et leur satisfaction en fonction des couplages acoustiques choisis par l'audioprothésiste (sachant l'impact d'une adaptation fermée sur l'efficacité des réducteurs de bruit et la directivité).

Également, un élément à prendre en compte pour les résultats de compréhension dans le bruit, est la perte tonale moyenne. Une étude pourrait également être réalisée sur la liaison entre le SE, la perte tonale moyenne ainsi que la compréhension dans le bruit.

Bibliographie

- Asano, F., Y. Suzuki, et T. Sone. « Role of Spectral Cues in Median Plane Localization ». *The Journal of the Acoustical Society of America* 88, n° 1 (juillet 1990): 159-68.
<https://doi.org/10.1121/1.399963>.
- Avan, Paul, Fabrice Giraudet, et Béla Büki. « Importance of Binaural Hearing ». *Audiology & Neuro-Otology* 20 Suppl 1 (2015): 3-6. <https://doi.org/10.1159/000380741>.
- BAILLY MASSON, Éric. « ANL - SPIQ -SPIN ». 2016.
———. « Fiche SPIN ». 2016.
———. « Le Seuil Subjectif d'Inconfort - La CoTech ». Janvier 2015.
———. « Stéréo-équilibre ». 2018.
- Blauert, J. « Binaural Localization ». *Scandinavian Audiology. Supplementum* 15 (1982): 7-26.
- Byrne, D., W. Noble, et B. LePage. « Effects of Long-Term Bilateral and Unilateral Fitting of Different Hearing Aid Types on the Ability to Locate Sounds ». *Journal of the American Academy of Audiology* 3, n° 6 (novembre 1992): 369-82.
- Caswell-Midwinter, Benjamin, et William M. Whitmer. « The Perceptual Limitations of Troubleshooting Hearing-Aids Based on Patients' Descriptions ». *International Journal of Audiology* 60, n° 6 (juin 2021): 427-37. <https://doi.org/10.1080/14992027.2020.1839679>.
- David, Marion, Mathieu Lavandier, et Nicolas Grimault. « Sequential Streaming, Binaural Cues and Lateralization ». *The Journal of the Acoustical Society of America* 138, n° 6 (décembre 2015): 3500-3512. <https://doi.org/10.1121/1.4936902>.
- Decroix, G., et J. Dehaussy. « Audition binaurale et intelligibilité », 1964.
- Denk, Florian, Stephan D. Ewert, et Birger Kollmeier. « On the Limitations of Sound Localization with Hearing Devices ». *The Journal of the Acoustical Society of America* 146, n° 3 (septembre 2019): 1732. <https://doi.org/10.1121/1.5126521>.
- Edwards, Brent. « A Model of Auditory-Cognitive Processing and Relevance to Clinical Applicability ». *Ear and Hearing* 37 Suppl 1 (2016): 85S-91S.
<https://doi.org/10.1097/AUD.0000000000000308>.

- Fersneider, Mathieu, Stéphane Gallego, et Annie Moulin. « Utilisation du Questionnaire d'habiletés auditives "Parole, audition spatiale et qualité d'audition" ("Speech, Spatial and Qualities of Hearing Scale) (SSQ) en audioprothèse », 21 janvier 2022. <https://hal.science/hal-03539716/document>.
- Gatehouse, Stuart, et William Noble. « The Speech, Spatial and Qualities of Hearing Scale (SSQ) ». *International Journal of Audiology* 43, n° 2 (février 2004): 85-99. <https://doi.org/10.1080/14992020400050014>.
- Lespargot, Thomas. « Rapport de stage de recherche Amplifon/IRIT », 2019.
- Lorenzi, Antoine. « Psycho-acoustique - Localisation ». Cochlea, 11 avril 2019. <http://www.cochlea.eu/son/psychoacoustique/localisation>.
- Moulin, Annie, et Celine Richard. « Validation of a French-Language Version of the Spatial Hearing Questionnaire, Cluster Analysis and Comparison with the Speech, Spatial, and Qualities of Hearing Scale ». *Ear & Hearing* 37, n° 4 (juillet 2016): 412-23. <https://doi.org/10.1097/AUD.0000000000000269>.
- Moulin, Annie, Judith Vergne, Stéphane Gallego, et Christophe Micheyl. « A New Speech, Spatial, and Qualities of Hearing Scale Short-Form: Factor, Cluster, and Comparative Analyses ». *Ear and Hearing* 40, n° 4 (2019): 938-50. <https://doi.org/10.1097/AUD.0000000000000675>.
- Musicant, A. D., et R. A. Butler. « The Influence of Pinnae-Based Spectral Cues on Sound Localization ». *The Journal of the Acoustical Society of America* 75, n° 4 (avril 1984): 1195-1200. <https://doi.org/10.1121/1.390770>.
- Nevoux, Jérôme, Arnaud Coez, et Éric Truy. « [Medical devices correcting the deafness: Hearing aids and auditory implants] ». *Presse Medicale (Paris, France: 1983)* 46, n° 11 (novembre 2017): 1043-54. <https://doi.org/10.1016/j.lpm.2017.09.008>.
- Risoud, Michael. « Localisation sonore spatiale », septembre 2018. <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S1879726118300718>.
- SIEMENS. « L'adaptation en stéréophonie ». s. d. <https://slideplayer.fr/amp/517401/>.

Annexes

Table des annexes :

Annexe 1 : Module de stéréo-équilibre

Annexe 2 : SSQ15

Annexe 3 : RAPPORT DE STAGE DE RECHERCHE – Thomas Lespargot - Features importance selon shap pour le SRT non appareillé

Annexe 4 : Données brutes – Questionnaire Sans stéréo-équilibre

Annexe 5 : Données brutes – Questionnaire Avec Stéréo-équilibre

Annexe 6 : Données brutes – Critères d'inclusion

Annexe 7 : Données brutes - SPIN

Annexe 1 :

Conditions d'examen | Visualiser les examens |

Voix droite Choix Test: Sons forts Niveau de son: 80

Voix gauche

Ajouter un commentaire

Start

D = G

Ne sait pas

Impossible

Non perçu

Insupportable

Diplacousie

Sons faibles 3

Sons moyens 1

Sons forts 2

A faire après l'équilibre des sons moyens. Par défaut à 75 dB. Lui demander où il localise le son. Ajuster le gain des sons forts. Baisser de 1 dB sur le côté latéralisé et ce jusqu'à l'équilibre: « devant » dans les 2 oreilles. Si le patient marque une forte intolérance au passage sur une autre fréquence, noter « + » sur cette fréquence insupportable, alors baisser GBO/G90 des 2 côtés. A défaut, utiliser l'AGCO ou MPD. Ajuster les gains si possible jusqu'à la tolérance, ce test permet de vérifier les UCL appareillés. Noter le résultat: « = » si l'équilibre est réalisé, « D » si la localisation reste à droite malgré le réglage, « G » si la localisation reste à gauche malgré le réglage, « I » si impossible (Zone morte, appareillage Open), « D » si diplacousie, « ? » si le patient est incapable de répondre.

Annexe 2 :

SSQ-15

Date:

Sujet :

Conseil pour répondre aux questions

Les questions suivantes concernent votre capacité et votre expérience en matière d'audition et d'écoute dans le cadre de situations diverses.

Marquez l'échelle située à droite de chacune des questions, par exemple à l'aide d'une croix (x), à l'endroit adéquat entre le 0 et le 10. Une marque apposée sur la valeur 10 signifie que vous êtes parfaitement capable de faire ou d'expérimenter ce qui est décrit dans la question correspondante. Une marque apposée sur le 0 indique que vous n'êtes pratiquement pas en mesure de faire ni d'expérimenter ce qui est décrit.

À titre d'exemple, la question 1 se rapporte à votre capacité de converser avec un interlocuteur alors que la télévision est allumée. Si vous êtes tout à fait capable de le faire, placez une marque sur l'extrémité droite de l'échelle. Si vous êtes capable de suivre environ la moitié de la conversation dans une telle situation, placez la marque vers le milieu de l'échelle et ainsi de suite.

Nous espérons que toutes les questions sont pertinentes au regard de votre vie quotidienne. Si ce n'est pas le cas pour certaines questions, veuillez cocher la case « non applicable » (n/a). Merci de bien vouloir expliquer en quelques mots à côté de la question la raison pour laquelle elle n'est pas pertinente dans votre cas.

1ère partie : Audition de la parole		n/a
1. Vous discutez avec une autre personne dans une pièce dans laquelle un téléviseur est allumé. Pouvez-vous suivre les propos de votre interlocuteur sans baisser le son du téléviseur ?	<p><i>pas du tout</i> <i>parfaitement</i></p>	
2. Vous êtes assis autour d'une table avec un groupe de cinq personnes environ, dans un restaurant animé. Vous pouvez voir toutes les personnes du groupe. Pouvez-vous suivre la conversation ?	<p><i>pas du tout</i> <i>parfaitement</i></p>	
3. Vous discutez avec une autre personne. Il y a un bruit de fond continu (ventilateur ou eau qui coule par exemple). Pouvez-vous suivre ce que dit l'autre personne ?	<p><i>pas du tout</i> <i>parfaitement</i></p>	
4. Vous êtes assis autour d'une table avec un groupe de cinq personnes environ, dans un restaurant animé. Vous NE pouvez PAS voir toutes les personnes du groupe. Pouvez-vous suivre la conversation ?	<p><i>pas du tout</i> <i>parfaitement</i></p>	
5. Vous discutez avec quelqu'un dans une pièce dans laquelle beaucoup d'autres personnes s'entretiennent. Pouvez-vous suivre ce que vous dit votre interlocuteur ?	<p><i>pas du tout</i> <i>parfaitement</i></p>	

2ème partie : Audition spatiale		n/a
1. Vous êtes assis autour d'une table ou participez à une réunion avec plusieurs personnes. Vous ne pouvez pas voir toutes les personnes. Pouvez-vous dire où se trouvent les différentes personnes dès qu'elles prennent la parole ?	<p><i>pas du tout</i> <i>parfaitement</i></p>	
2. Vous êtes à l'extérieur. Un chien aboie bruyamment. Pouvez-vous indiquer immédiatement où il se trouve, sans regarder ?	<p><i>pas du tout</i> <i>parfaitement</i></p>	
3. Vous êtes sur le trottoir d'une rue animée. Pouvez-vous entendre immédiatement de quelle direction un bus ou un camion arrive avant de l'avoir vu ?	<p><i>pas du tout</i> <i>parfaitement</i></p>	
4. Pouvez-vous indiquer dans quelle direction une personne se déplace, uniquement au son de sa voix ou de ses pas, par exemple de votre gauche à votre droite ou inversement ?	<p><i>pas du tout</i> <i>parfaitement</i></p>	
5. Avez-vous l'impression de pouvoir déterminer avec précision d'où proviennent les bruits que vous entendez ?	<p><i>pas du tout</i> <i>parfaitement</i></p>	

3ème partie : Qualité d'audition		n/a
1. Pouvez-vous reconnaître facilement les différentes personnes que vous connaissez au son de leur voix ?	<p><i>pas du tout</i> <i>parfaitement</i></p>	
2. Pouvez-vous distinguer facilement les différents morceaux de musique que vous connaissez ?	<p><i>pas du tout</i> <i>parfaitement</i></p>	
3. Pouvez-vous différencier certains bruits, par exemple une voiture par rapport à un bus ou de l'eau qui bout par rapport à la nourriture qui frit dans une poêle ?	<p><i>pas du tout</i> <i>parfaitement</i></p>	
4. Lorsque vous écoutez de la musique, est-ce qu'elle retentit de manière distincte et naturelle ?	<p><i>pas du tout</i> <i>parfaitement</i></p>	
5. Les bruits quotidiens que vous entendez facilement sont-ils distincts (non brouillés) ?	<p><i>pas du tout</i> <i>parfaitement</i></p>	

Annexe 3 :

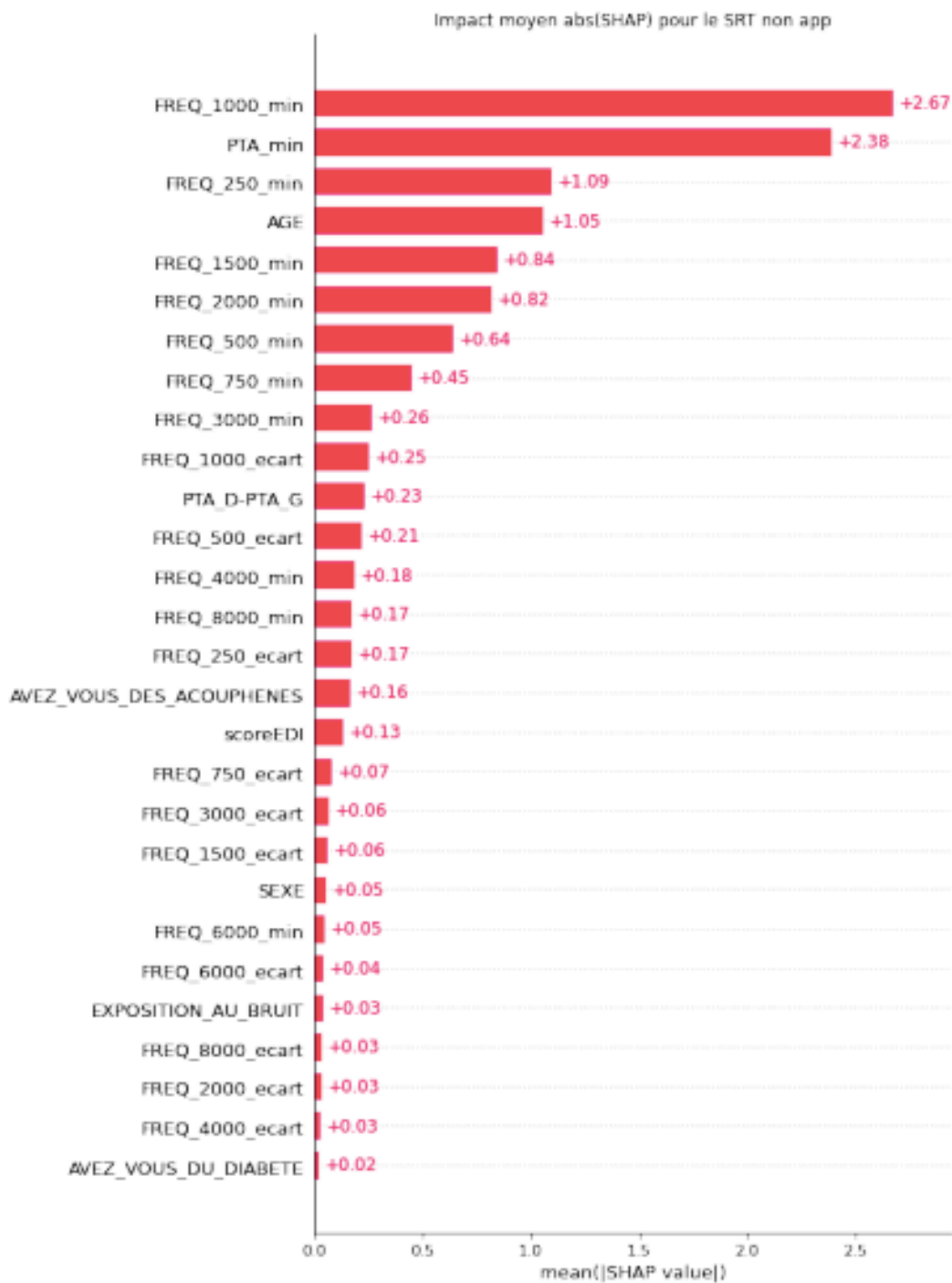


FIGURE 7 – Features importance selon shap pour le SRT non appareillé

Annexe 4 :

SANS STÉRÉOÉQUILIBRAGE	QUESTION 1	QUESTION 2	QUESTION 3	QUESTION 4	QUESTION 5	QUESTION 6	QUESTION 7	QUESTION 8	QUESTION 9	QUESTION 10	QUESTION 11	QUESTION 12	QUESTION 13	QUESTION 14	QUESTION 15
S01	10	9	10	9	9	9	10	10	9	10	10	10	10	10	10
S02	8	7	7	7	7	7	8	8	8	8	9	9	9	8	8
S03	4	3	4	0	2	5	5	2	2	4	5	5	5	6	4
S04	9	9	9	9	9	9	9	9	9	9	9	9	9	9	9
S05	5	4	6	4	5	2	4	4		3	7	8	5	5	4
S06	8	6,5	7	5,5	7					6	9	10	8	9	10
S07	10	9	10	9	9	9	10	10	9	10	10	10	10	10	10
S08	7	5	10	10	10	9	10		5	5	4	10	5	10	5
S09	5	5	6	4	6	5	7	4	6	5	6	7	6	4	6
S10							8	8	8	8	9	9	9	9	8
S11	5	4	3	2	5	7	10	10	8	8	8	9	10	9	8
S12	7	7	7	7	7	7	7	6	6	6	8	8	9		8
Moyenne	7,09	5,69	7,18	5,44	6,89	6,29	7,90	7,10	6,43	6,83	7,83	8,73	7,92	8,09	7,50
Médiane	7,00	5,00	7,00	4,75	7,00	7,00	8,00	8,00	6,00	7,00	8,50	9,00	9,00	9,00	8,00
Écart-type	2,12	2,28	2,40	3,62	2,62	2,50	2,18	2,92	2,51	2,33	1,95	1,56	2,07	2,12	2,24
S13	7	5	7	4	6	5	7	6	6	7	7	7	7	8	8
S14	7	7	7	7	6	6	6	5	5	6	6	7	6	6	7
S15	5	3	5	3	3	8	10	10	10	10	10	10	10	10	10
S16	8	3	5	2	2	2	5	7	7	6	7	8	8	7	7
S17	3	1	5	1	5	8	8	8	8	8	8	9	9	9	8
S18	8	8	8	9	9	9	9	9	9	9	10	10	10	10	10
S19	8	8	8	7	8	8	8	7	8	7	8	10	8	10	8
S20	8	6	7	5	6	8	8	8	8	8	8,5	8,5	7	7	7,5
S21	7	4	6	1	2	5	5	5	5	5	6	5	7	7	6
S22	7	5	9	8	7	10	10	10	10	10	9	8,5	9	8	8
S23	9	7	7	7	7	9	10	10	8	8	9	9	9	9	9
S24	9	9	9	8	8	9	10	10	9	9	9	10	10	9	9
Moyenne	7,17	5,50	6,92	5,17	5,75	7,25	8,00	7,92	7,75	7,75	8,13	8,50	8,33	8,33	8,13
Médiane	7,50	5,50	7,00	6,00	6,00	8,00	8,00	8,00	8,00	8,00	8,25	8,75	8,50	8,50	8,00
Écart-type	1,70	2,43	1,44	2,89	2,34	2,30	1,91	1,93	1,71	1,60	1,38	1,55	1,37	1,37	1,21

Annexe 5 :

AVEC STÉRÉOÉQUILIBRAGE	QUESTION 1	QUESTION 2	QUESTION 3	QUESTION 4	QUESTION 5	QUESTION 6	QUESTION 7	QUESTION 8	QUESTION 9	QUESTION 10	QUESTION 11	QUESTION 12	QUESTION 13	QUESTION 14	QUESTION 15
S01	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10
S02	6	6	2,5	3	2,5		8,5	7		4	10	10	10	9	9
S03	4	3	6	3	3	7	7	4	7	4	7	7	4	7	7
S04	10		10		10	10	10		10	9	10	10	10	10	10
S05	5	3	5	2	5	4	4	4	4	4	7	7	7	7	5
S06	8	7,5	8	6,5	7	7	7	8	6	7	10	9	9	10	9
S07	10	9	10	8	9	9	10	10	10	10	10	10	10	9	10
S08	6	4	10		6		10		10	10	10	10	10	10	10
S09	6	6	6	5	5	5	6	6	6	7	6	7	5	6	7
S10	8	7	8			8	8		7	8	8	8	7	8	8
S11	6	5	4	3	5	7	9	6	6	6	8	9	9	8	8
S12	8	3	8	1	3	9	9	9	4	9	9	9	9	9	9
Moyenne	7,25	5,77	7,29	4,61	5,95	7,44	8,21	7,11	7,27	7,33	8,75	8,83	8,33	8,40	8,50
Médiane	7,00	6,00	8,00	3,00	5,00	7,00	8,75	7,00	7,00	7,50	9,50	9,00	9,00	8,50	9,00
Écart-type	2,05	2,44	2,58	3,00	2,74	2,07	1,90	2,32	2,37	2,39	1,48	1,27	2,10	1,43	1,57
S13	7	5	7	6	7	4	8	7	7	5	7	8	7	8	8
S14	6	7	9	6	4	4	6	4	4	8	5	6	6	8	8
S15	8	8	9	8	9	9	9	9	9	9	9	9	5	9	9
S16	8	6	5	5	6	5	7	7	6	5	8	8	6	7	7
S17	5	2	4	3	3	9	9	9	9	5	8	9	5	8	8
S18	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10
S19	8	8	8	8	8	9	7	7	8	7	10	10	10	10	10
S20	4	3	6	4	6	8	9	9	8	9	9	9	9	7	8
S21	8	4	6	1	2	5	6	6	5	5	6	5	8	7	6
S22	10	9	10	9	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10
S23	9		10		8	9	9	9	8	8	10	10	10	10	10
S24	9	8	9	8	7	9	10	9	9	9	9	10	10	9	9
Moyenne	7,67	6,36	7,75	6,18	6,67	7,58	8,33	8,00	7,75	7,83	8,17	8,58	8,33	8,33	8,58
Médiane	8,00	7,00	8,50	6,00	7,00	9,00	9,00	9,00	8,00	8,50	9,00	9,00	9,00	8,50	8,50
Écart-type	1,87	2,58	2,09	2,75	2,61	2,35	1,50	1,81	1,91	1,90	1,95	1,68	1,87	1,61	1,31

Annexe 6 :

Sujet	NOM Prénom	Sexe	Âge	PTA moyenne	Δ OD/OG	Marque	Couplage acoustique
S01		Homme	68	25	0	PHONAK	Ouvert
S02		Femme	85	44	2	GN	Fermé
S03		Homme	70	73	4	PHONAK	Fermé
S04		Homme	78	31	0	GN	Ouvert
S05		Homme	80	41	6	SIGNIA	Fermé
S06		Femme	49	28,5	1	SIGNIA	Fermé
S07		Homme	64	46	4	WIDEX	Fermé
S08		Femme	75	51,5	15	SIGNIA	Ouvert
S09		Homme	61	58,5	1	SIGNIA	Fermé
S10		Homme	81	51,5	7	WIDEX	Fermé
S11		Homme	70	28	4	SIGNIA	Ouvert
S12		Femme	90	73,5	9	PHONAK	Fermé
S13		Homme	69	43	4	SIGNIA	Fermé
S14		Homme	73	21	4	SIGNIA	Ouvert
S15		Homme	78	24,5	3	SIGNIA	Ouvert
S16		Femme	74	22,5	13	OTICON	Ouvert
S17		Homme	79	46	4	SIGNIA	Fermé
S18		Homme	54	34,5	7	SIGNIA	Ouvert
S19		Femme	84	49,5	3	OTICON	Fermé
S20		Homme	65	31,5	3	SIGNIA	Ouvert
S21		Femme	73	51,5	3	SIGNIA	Fermé
S22		Homme	75	39,5	3	GN	Ouvert
S23		Homme	85	36,5	5	SIGNIA	Ouvert
S24		Homme	75	40	8	WIDEX	Fermé

Annexe 7 :

G		SANS STEREO	AVEC STEREO	Différences SPIN avec et sans	
1	S01	4	1	3	
1	S02	1	1	0	
1	S03	11	10	1	
1	S04	1	0	1	
1	S05	1	1	0	
1	S06	1	-1	2	
1	S07	2	2	0	
1	S08	2	1	1	
1	S09	3	2	1	
1	S10	3	5	-2	
1	S11	1	0	1	
1	S12	10	8	2	0,83
2	S13	1	3	-2	
2	S14	-1	2	-3	
2	S15	-2	0	-2	
2	S16	4	1	3	
2	S17	2	6	-4	
2	S18	0	0	0	
2	S19	3	3	0	
2	S20	-1	0	-1	
2	S21	5	4	1	
2	S22	1	0	1	
2	S23	4	4	0	
2	S24	4	3	1	-0,5
				0,16666667	

Résumé

Introduction : La compréhension dans le bruit est la première plainte des patients atteints de troubles auditifs. Ce mémoire vise à évaluer l'intérêt du stéréo-équilibrage pour améliorer ces difficultés et la satisfaction des patients vis-à-vis de leur audition en général. Pour aider à l'intelligibilité dans les milieux complexes, plusieurs facteurs entrent en jeu. On y retrouve entre autres la localisation sonore spatiale, les différentiels de temps et d'intensité, le démasquage binaural et la stéréophonie. Du côté de la satisfaction des patients, elle doit être la préoccupation première de l'audioprothésiste et participe à leur bien-être.

Matériel et méthodes : Pour réaliser ce mémoire, la cohorte se compose de 24 patients, répartis en deux groupes. Le stéréo-équilibrage a été réalisé avec le module Amplinext de la société Amplifon. Pour évaluer la compréhension dans le bruit, les patients ont participé au test SPIN, leur attribuant un score d'intelligibilité par rapport au RSB. Leur satisfaction a été étudié grâce au questionnaire SSQ, raccourci et normé en 15 questions, le SSQ15.

Résultats et discussion : Les résultats montrent une amélioration de l'ensemble des catégories, certaines étant plus importantes que d'autres. En effet, la compréhension dans le bruit n'a pas été amélioré significativement contrairement à la satisfaction des patients et leur auto-évaluation de l'audition spatiale. On retrouve effectivement une augmentation des notes au SSQ15 lors de la période correspondante au programme stéréo-équilibré. Ce résultat est d'autant plus important car la satisfaction est primordiale dans le travail d'un audioprothésiste. La cohorte de sujet aurait dû être plus importante pour éventuellement parvenir à d'autres résultats significatifs.

Conclusion : Pour conclure, tous les paramètres évalués sont en améliorations mais seule la satisfaction des patients est révélatrice de l'intérêt du stéréo-équilibrage. Ces études pourront être poursuivies par d'autres questionnements tels que l'importance de la perte tonale moyenne et du choix du couplage acoustique dans les résultats.

Mots-clés : Stéréo-équilibrage – Compréhension dans le bruit – Stéréoacousie – Localisation – Satisfaction auditive – SSQ15