



<http://portaildoc.univ-lyon1.fr>

Creative commons : Attribution - Pas d'Utilisation Commerciale
- Pas de Modification 4.0 France (CC BY-NC-ND 4.0)



<https://creativecommons.org/licenses/by-nc-nd/4.0/deed.fr>

Université Claude Bernard



Lyon 1

INSTITUT DES SCIENCES ET TECHNIQUES DE LA READAPTATION

Directeur Professeur Jacques LUAUTE

ETUDE LONGITUDINALE DE L'EQUILIBRE DE SONIE INTERAURAL
SUITE A UN APPAREILLAGE

MEMOIRE présenté pour l'obtention du

DIPLOME D'ETAT D'AUDIOPROTHESISTE

par

DAY Cécile

Autorisation de reproduction

LYON, le 18 octobre 2024

David COLIN
Responsable de l'Enseignement

N° 1041



Président
Pr Frédéric FLEURY

Vice-président CFVU
M. Christophe VITON

Vice-président CA
M. CHEVALIER Philippe

Vice-président CS
M. MORNEX Jean-François

Directeur Général des Services
M. ROLLAND Pierre

Secteur Santé

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

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

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

Institut des Sciences Pharmaceutiques
et Biologiques
Directeur
Pr DUSSART Claude

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

Institut des Sciences et Techniques de
Réadaptation
Directeur
Pr LUAUTE Jacques

Comité de Coordination des
Etudes Médicales (CCEM)
PR BURILLON Carole



Secteur Sciences et Technologies

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

Directeur

M. BODET Guillaume

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

Administrateur provisoire

M. ROBERT Christian

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

Directeur

M. CHAREYRON Pierre

UFR de Sciences

Directeur

M. ANDRIOLETTI Bruno

POLYTECH LYON

Directeur

Pr PERRIN Emmanuel

IUT LYON 1

Directeur

M. MASSENZIO Michel

Observatoire astronomique de Lyon

Directeur

M. GUIDERDONI Bruno

UFR Biosciences

Directrice

Mme GIESELER Kathrin

Département Génie Electrique et des procédés (GEP)

Directrice

Mme CAVASSILA Sophie

Département informatique

Directrice

Mme BOUAKAZ BRONDEL Saida

Département Mécanique

Directeur

M. BUFFAT Marc

Sommaire

1	REMERCIEMENTS.....	1
2	INTRODUCTION.....	2
3	CONTEXTE THEORIQUE	3
3.1	Plasticité cérébrale	3
3.1.1	Effet de privation	4
3.1.2	Effet d'acclimatation	5
3.1.3	Plasticité auditive dans le cadre d'un nouvel appareillage	6
3.1.4	Modification du gain central.....	7
3.2	L'équilibre de sonie interaural et l'appareillage stéréophonique.....	10
3.2.1	Fonction binaurale.....	10
3.2.2	Effets de l'équilibre de sonie interaural sur l'équilibre et la santé émotionnelle.....	11
3.3	Le stéréo-équilibrage, méthodologie, tests et questionnaires	13
4	MATERIELS ET METHODES	17
4.1	Sujets	17
4.2	Matériel	20
4.3	Procédure.....	21
5	RESULTATS.....	29
5.1.1	Test retest	31
5.1.2	Tests dichotique et dichotique inversé	31
5.1.3	Différence entre les tests dichotique et dichotique inversé.....	34

5.1.4	Effort d'écoute	36
5.1.5	Equilibre de sonie.....	37
5.1.6	MCL tonaux et vocaux en champ libre et en bilatéral.....	41
5.1.7	SSQ et 3 sous items	43
5.1.8	DHI et 3 sous items.....	45
5.1.9	ABC Scale avec et sans Q17	46
6	DISCUSSION.....	47
6.1.1	Test retest	48
6.1.2	Intelligibilité dans le bruit	48
6.1.3	Equilibre de sonie interaural.....	50
6.1.4	MCL	51
6.1.5	Limites de l'étude	52
7	CONCLUSION	53
8	BIBLIOGRAPHIE	54
9	ANNEXES	56
9.1	Annexe 1	56
9.2	Annexe 2	56
9.3	Annexe 3	57
9.4	Annexe 4	58
9.5	Annexe 5	59

1 REMERCIEMENTS

Je tiens à remercier mon maître de stage et maître de mémoire Stéphane Gallego pour m'avoir permis de travailler avec ses patients au sein de son laboratoire Audition Conseil et m'avoir guidée dans le choix du sujet et la réalisation de cette étude.

Je remercie Annie Moulin, pour ses nombreux conseils pratiques et théoriques durant ce mémoire.

Je remercie David Colin et Fabien Seldran pour leurs précieux conseils sur l'élaboration du mémoire et toute l'équipe pédagogique et administrative de l'ISTR pour la qualité de l'enseignement et de l'encadrement.

Tous mes remerciements vont également à Marie Pasko et Lilou Cantillon, qui m'ont permis de dérouler le protocole de l'étude avec leurs patients.

Un grand merci à tous les patients qui se sont prêtés aux exigences du protocole et qui sont revenus fidèlement trois à quatre fois en rendez-vous.

Merci infiniment à mon entourage, pour m'avoir patiemment laissée étudier.

2 INTRODUCTION

Les audioprothésistes et les utilisateurs d'aides auditives sont d'accord pour dire qu'une période d'adaptation est nécessaire lors d'un premier appareillage (Dawes P et Munro KJ, 2017) (1). Depuis l'application de la loi du 100 % santé, cette période d'adaptation est même obligatoire et normalisée et consiste, pour l'audioprothésiste, à proposer à chaque patient, un essai de 30 jours minimum avant achat (Arrêté du 14 novembre 2018) (2).

Ce mois d'essai permet au patient de s'habituer, s'acclimater progressivement à ses aides auditives. En effet, la privation sensorielle, parfois depuis de nombreuses années, ne peut être compensée brusquement, sans progressivité. Par analogie avec le sens de la vue, exposer soudainement une personne à un univers sonore amplifié reviendrait à provoquer un phénomène d'éblouissement. En cela, observer un temps d'adaptation est fondamental. Il est important de laisser du temps au patient afin qu'il s'habitue à ses aides auditives. Car ce ne sont pas les oreilles seules qui sont appareillées, c'est le système auditif dans son ensemble qui fait l'objet d'une réadaptation. Le système auditif est composé de l'organe périphérique (l'oreille) et du système auditif central, c'est-à-dire les voies auditives du nerf auditif jusqu'au cortex auditif (Simon E, Perrot X et Mertens P, 2009) (3). Ainsi, le travail du cerveau entre en ligne de compte dans ces phénomènes d'adaptation. Comment le cerveau agit-il ? Comment s'adapte-t-il au nouveau référentiel sonore que créent les appareils auditifs ?

Les changements peuvent être nombreux : amplification de l'ensemble de la scène sonore, compression de certaines fréquences, traitement du signal, nouvelle sonorité, etc... En raison des changements induits par le port d'appareils auditifs, il pourrait y avoir un impact sur un des principes fondamentaux de l'audition chez l'homme :

l'équilibre de sonie entre les deux oreilles. En effet, le fait de porter des appareils auditifs vient bousculer la perception de sonie en général et peut-être également perturber l'équilibre de sonie interaural.

Bien sûr, il appartient à l'audioprothésiste de veiller au bon réglage des appareils auditifs pour favoriser au maximum cet équilibre de sonie. Mais puisqu'il vient d'être évoqué le fait que tout est question de temps et d'adaptation, il peut être légitime de se demander à quel moment l'audioprothésiste doit intervenir sur l'équilibre de sonie interaural ? N'est-il pas nécessaire de laisser d'abord du temps au cerveau pour lui permettre d'effectuer un travail d'adaptation ?

L'objectif de l'étude est de mettre en évidence les changements engendrés par l'appareillage sur l'équilibre de sonie interaural et le travail d'adaptation du cerveau dès l'instant où il y a appareillage. Ainsi, il sera observé dans le temps l'équilibre de sonie interaural à la suite d'un appareillage.

Dans la partie théorique seront abordés les phénomènes d'acclimatation, l'intérêt d'un appareillage stéréo-équilibré ainsi que les procédures de stéréo-équilibrage. Ensuite sera décrite la méthode utilisée pour l'étude puis les résultats seront présentés.

3 CONTEXTE THEORIQUE

3.1 Plasticité cérébrale

Le mot plasticité vient des neurosciences et est apparu il y a une vingtaine d'année seulement (Cours Gallego S, 2023) (4). Comment la plasticité cérébrale auditive se manifeste-t-elle ?

Voici ci-après des observations de phénomènes liés à la privation auditive et à l'acclimatation auditive, qui en sont des manifestations.

3.1.1 Effet de privation

L'effet de privation auditive est une diminution systématique dans le temps de la performance auditive associée à une disponibilité réduite de l'information acoustique (Arlinger et al, 1996) (5). Dans les années 90, il était fréquent d'appareiller une seule oreille sur les deux et des études ont été faites sur des patients appareillés que d'une oreille. Hurley, en 1999 (6), a observé ce qui se passe sur l'oreille appareillée versus l'oreille non appareillée, en fonction du temps d'appareillage (figure 1).

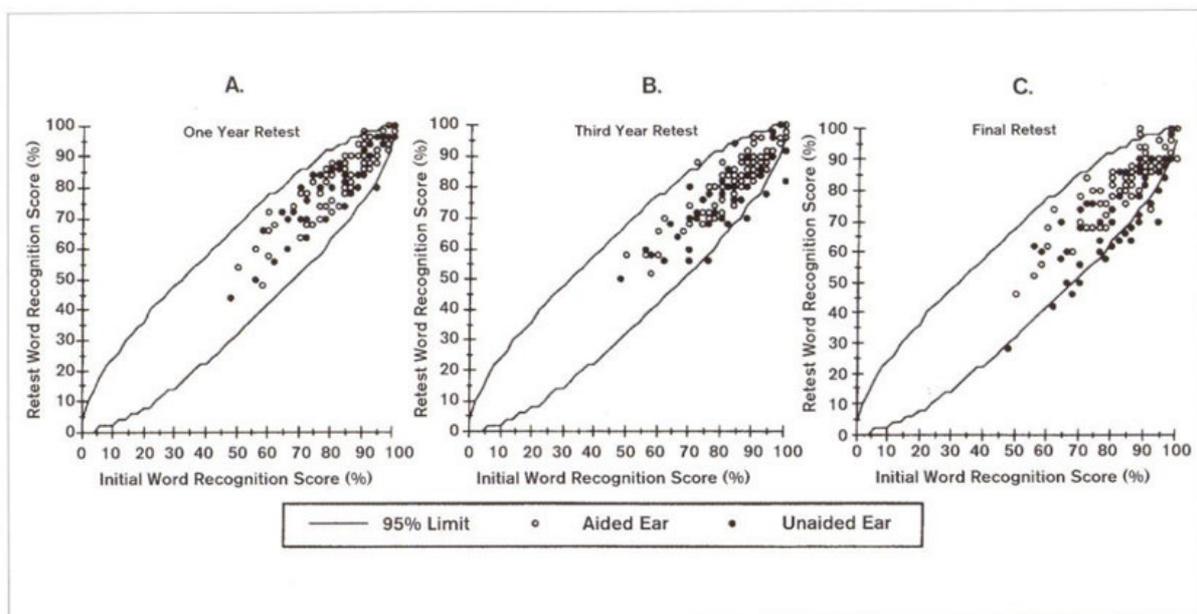


Figure 1 : Score de reconnaissance de mots lors des tests initiaux et des deux années suivantes pour les oreilles aidées et non-aidées de sujets appareillés monoralement. (6)

Cette figure montre qu'au fur et à mesure des années, l'oreille appareillée préserve ses performances alors que l'oreille non-appareillée, qui a une privation auditive, a une baisse de performance.

Cette baisse de performance est-elle réversible ?

3.1.2 Effet d'acclimatation

L'acclimatation auditive consiste en un changement systématique des performances auditives dans le temps, lié à un changement des informations acoustiques disponibles pour l'auditeur. Elle implique une amélioration de la performance sans interaction de processus d'apprentissages (Arlinger et al, 1996) (5).

Dans son étude de 1992, Silman observe une forme de réversibilité lorsqu'il appareille un patient sur la 2^{ème} oreille (7) (figure 2). Le patient utilise à nouveau l'oreille qu'il avait délaissée au profit de l'oreille qui entendait mieux avec l'appareil et le problème d'intégration tend à disparaître.

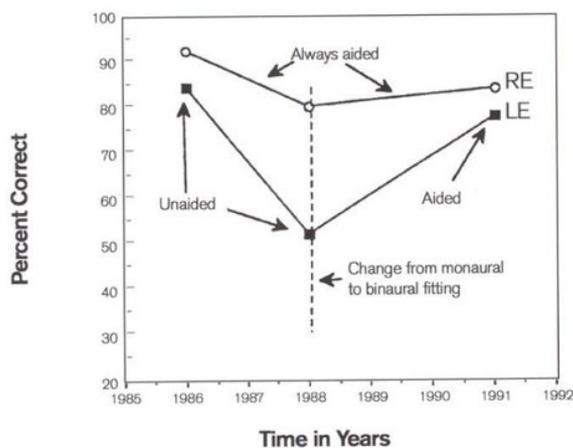


Figure 2 : Score de reconnaissance de la parole (%) en fonction du temps d'appareillage d'un sujet, initialement appareillé sur l'oreille droite puis binauralement (Silman, 1992) (7).

Un phénomène de réversibilité est observé, il y a bien une forme d'acclimatation, qui est la manifestation de la plasticité cérébrale. Le patient optimise l'intégration des informations en fonction de ce qu'il entend à l'instant T.

En 2003, Formby montre que l'évaluation de la sonie dépend des changements à long terme des niveaux sonores ambiants auxquels les auditeurs sont régulièrement exposés (8). Précisément, après un traitement continu de 2 semaines, soit avec des

bouchons d'oreilles, soit avec un bruit de faible niveau, les auditeurs deviennent respectivement plus et moins sensibles à l'intensité des sons (figure 3).

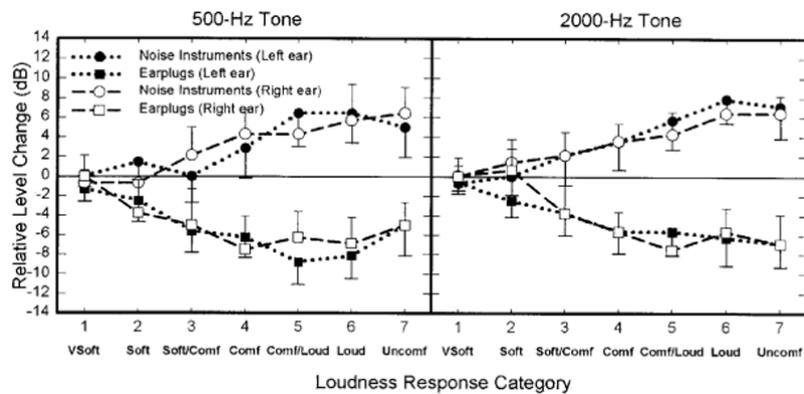


Figure 3 : Evolution de la perception de sonie pour un son à 500 Hz (à gauche) et à 2000 Hz (à droite) après un traitement de deux semaines, soit avec des bouchons d'oreilles, soit avec un bruit de faible niveau (Formby 2003) (8).

C'est encore une démonstration de plasticité adaptative. Que se passe-t-il alors en cas d'appareillage auditif ?

3.1.3 Plasticité auditive dans le cadre d'un nouvel appareillage

Des études ont également été menées pour des patients nouvellement appareillés.

En 1992, Gatehouse observe un effet d'acclimatation, par une amélioration des scores d'intelligibilité sur l'oreille appareillée versus l'oreille non appareillée et interpelle sur la véracité des mesures d'intelligibilité trop rapide suite à un appareillage.(9)

Wright et Gagné en 2021 mettent en évidence une durée d'acclimatation nécessaire de quatre semaines après un appareillage (10) (figure 4).

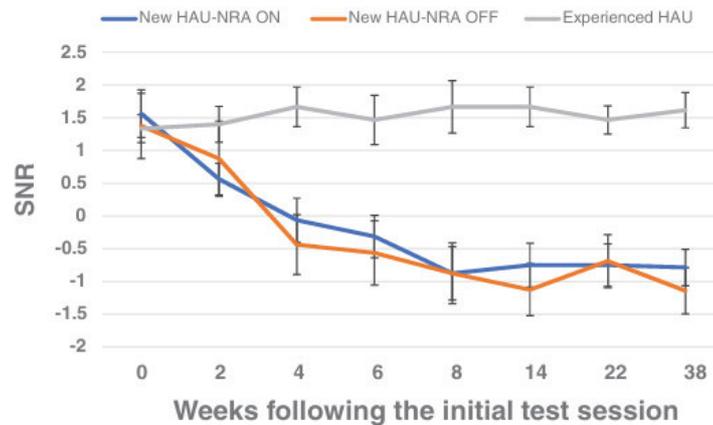


Fig. 3. Acclimatization as measured by the performance on the speech in noise test as a function of NRA and DM activation. Error bars show ± 1 SE of the mean. DM indicates directional microphones; HAU, hearing aid users; NRA, noise reduction algorithms; SNR, signal to noise ratio.

Figure 4 : Evolution du SNR (Signal to Noise Ratio) pour les patients nouvellement appareillés versus les patients anciennement appareillés (10)

Ainsi, la plasticité est une adaptation du traitement du système auditif à une privation auditive et l'acclimatation est liée à la réversibilité du phénomène.

Le cerveau se calibre par rapport aux nouveaux critères d'information qu'il reçoit. C'est pour cette raison que lors de l'adaptation, les premiers réglages doivent être progressifs en gain, pour éviter cet effet d'éblouissement mentionné en introduction. Le réglage progressif du gain, durant l'essai (et même après) est important car c'est ce qui permet au patient de s'acclimater à l'environnement, de rééducation son système auditif. Il semble nécessaire de laisser le temps au cerveau de rétablir son « référentiel » après un appareillage.

Comment cela se passe dans le cerveau ?

3.1.4 Modification du gain central

La privation auditive génère une réorganisation des voies auditives centrales (étude de Thai Van / Vuillet, 2010) (11)

La plasticité cérébrale est cette capacité du système nerveux de se réorganiser, à la suite de modifications environnementales (lésions cochléaires, appareillage auditif).

Dans les surdités neurosensorielles, les cellules ciliées externes sont abimées ou manquantes (cours Avillac M. 2022) (12). Le cerveau s'adapte pour décoder l'information avec des cellules qui fonctionnent moins bien. Pour cela, des processus différents se mettent en place.

Une étude chez l'animal a montré une modification du gain central, c'est-à-dire que le système auditif chez l'animal sourd s'est adapté pour que le stimulus, quand il arrive au cortex auditif, soit au moins équivalent à ce qui se passe chez le normo-entendant, voire même plus (Auerbach, 2014) (13).

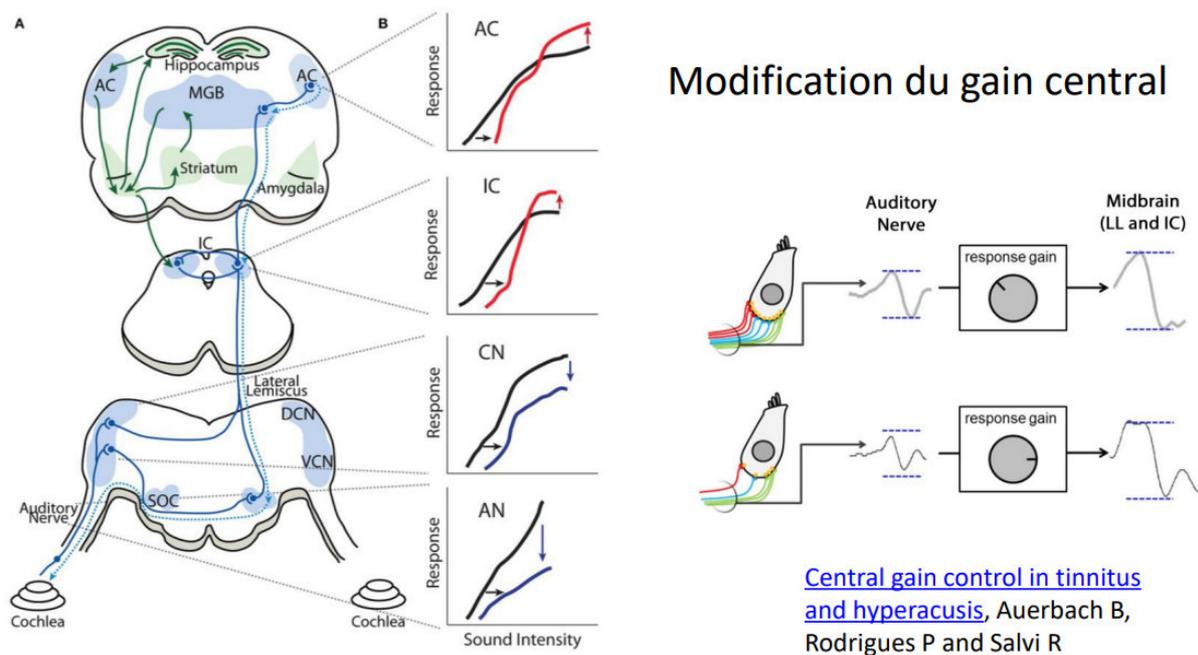


Figure 5 : Illustration de la modification du gain central – Auerbach, 2014 (13)

Le système permet de réguler les entrées pour qu'il y ait un meilleur codage au niveau des aires auditives primaires. C'est ce qu'on appelle la théorie du gain central. Cela engendre une modification des paramètres de sonie.

Ainsi, après une privation, le cerveau a pris l'habitude de surcompenser donc il y a une gêne lors d'un appareillage (équivalent de l'éblouissement) ou une fois un bouchon de cerumen enlevé par exemple.

D'autres phénomènes de compensation, qui n'ont pas fait l'objet d'études à ce jour ont pu être observés.

Un article de 2023 dans *Audiology Worldnews* (14) a révélé des grandes variabilités inter individuelles dans les sommations binaurales de l'intensité sonore à large bande (figure 6).

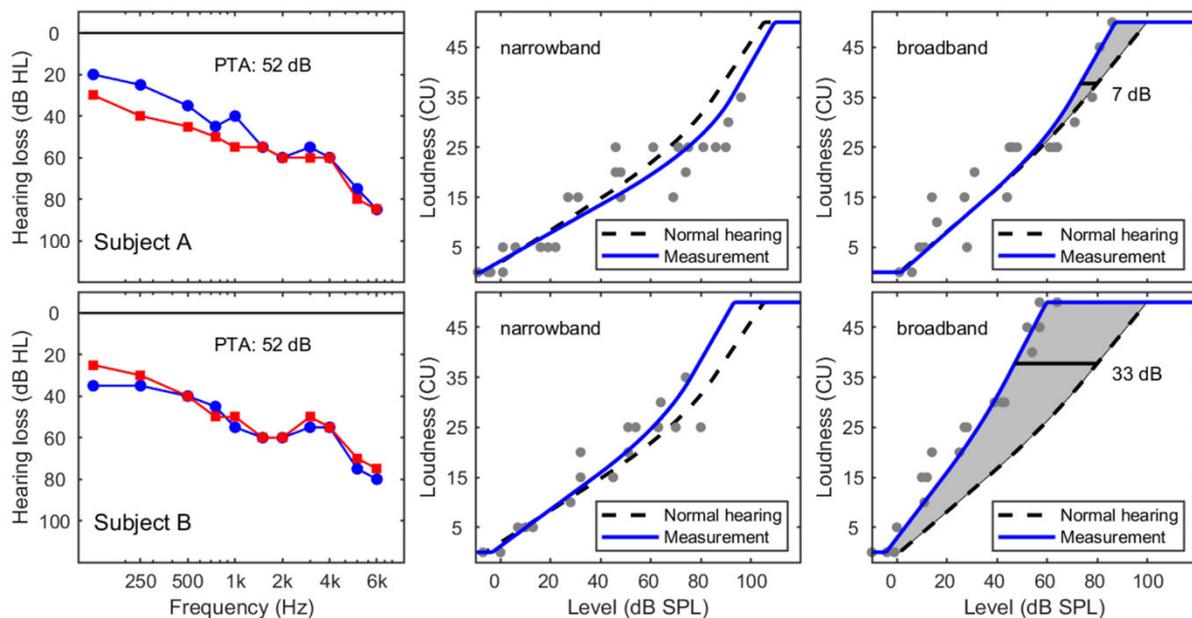


Figure 6 : Différences de sonie large-bande versus bande étroite chez 2 patients avec une même perte auditive – *Audiology Worldnews* (14)

Ces variations inter individuelles montrent que l'action du cerveau est complexe, elle ne peut pas être forcément prédite ou quantifiée.

En matière d'audition, la plasticité cérébrale se manifeste donc par cette faculté à accroître l'audibilité et à favoriser l'émergence de la parole.

Lors d'un premier appareillage, le cerveau semble effectuer ce travail de réajustement, afin d'accroître l'audibilité et l'intelligibilité avec les nouvelles informations qu'il reçoit.

Par voie de conséquence, le cerveau opère-t-il un réajustement en matière d'équilibre de sonie interaural lors d'un premier appareillage ?

Quelles sont justement les caractéristiques de l'audition binaurale et ses bénéfices ?

3.2 L'équilibre de sonie interaural et l'appareillage stéréophonique

3.2.1 Fonction binaurale

La nature nous a dotés de deux oreilles qui fonctionnent ensemble pour une audition plus performante. L'audition binaurale permet l'écoute de notre environnement sonore dans toutes ses dimensions. Dans notre environnement, seule l'écoute dichotique (stimulation inégale ou sensation dissemblable sur chacune des deux oreilles (cours Gaveau V, 2022) (15) existe et permet à la fonction binaurale de s'exercer.

Nous pouvons ainsi localiser les sources sonores, les différencier et discriminer les messages utiles de l'inutile comme par exemple, mieux comprendre la parole dans le bruit (Decroix G et Dehaussy J, 1966) (16).

Notre système auditif est constitué d'un réseau neuronal complexe qui traite de façon différenciée les informations provenant des deux cochlées, en faisant une sommation et en les comparant. Les informations arrivent au cerveau avec des indices de localisation qui lui permettent une focalisation sur le message utile.

Ce traitement complexe de l'information se fait à différents étages du tronc cérébral (Avan P, 2015) (17).

Ainsi, la fonction binaurale induit une meilleure sonie (Fletcher H et Munson W, 1933) (18), elle permet de déterminer la provenance des sons, ce qui permet d'améliorer la compréhension dans le bruit. Les mécanismes qui entrent en jeu sont liés aux

différences d'intensité (ILD) et effet d'ombre de la tête, aux différences de temps (ITD) entre les deux oreilles (Feddersen WE, 1955) (19), aux mouvements de la tête et au démasquage binaural (Hirsh IJ, 1948) (20).

3.2.2 Effets de l'équilibre de sonie interaural sur l'équilibre et la santé émotionnelle

En 2012, selon l'Organisation Mondiale de la Santé, les chutes sont la 2^{ème} cause de mortalité accidentelle dans le monde. La prévalence des chutes augmente pour les plus de 65 ans.

Cette même année, le professeur Lin établissait une corrélation entre perte auditive et chutes, le degré de la perte auditive étant un facteur aggravant (21).

En résumé, une personne qui a une bonne audition ou qui est bien appareillée diminue son risque de chutes.

Porter un appareillage stéréophonique réduirait le déséquilibre postural du patient malentendant d'après l'étude de Rumalla 2015 (22). La posture est plus dynamique et il y a moins nécessité de tourner la tête vers ce qui est mal entendu et donc moins de mise en situation de déséquilibre. Une bonne audition permet d'éviter les mouvements de surprise et la crispation soudaine des muscles. Elle permet de préserver le centre de gravité et une posture naturelle de la personne.

L'OMS, dans son rapport de 2021 affirme qu'une perte d'audition bien appareillée et donc bien équilibrée contribue au bien-être des personnes concernées (23). En plus de l'impact sur les voies auditives centrales, la perte et le déséquilibre d'audition ont des conséquences psychologiques telles que la fatigue, la frustration, le stress. Beaucoup d'énergie est dédiée à l'effort d'écoute au détriment du relâchement, de la relaxation, du bien-être de la personne. Ces effets peuvent conduire à une posture de

retrait de la personne par rapport à son environnement et même conduire à l'isolement social.

Ainsi, un bon équilibre de sonie interaurale a des effets positifs sur l'équilibre et la santé émotionnelle.

Dans la pratique du métier d'audioprothésiste et dans la recherche, l'effort d'écoute est un concept mesurable à l'aide d'échelles visuelles analogiques. Le sujet doit s'auto-évaluer après une tâche, par exemple un test de parole dans le bruit en quantifiant l'effort qu'il a dû fournir pour effectuer cette tâche. Cette mesure enrichit la compréhension des performances auditives du patient (Bräcker T, 2019) (24). Le questionnaire Speech, Spatial and Qualities of Hearing Scale (SSQ) (Gatehouse S et Noble W, 2019) (25) interroge également l'effort d'écoute dans le sous-item « qualité de l'audition ».

Ainsi l'appareillage stéréophonique a des vertus importantes sur l'état de santé de la personne : meilleure sonie, meilleure localisation des sons, meilleure compréhension dans le bruit, meilleur équilibre postural. Et plus encore, cela permet à la personne de cultiver les interactions sociales, mieux vivre physiquement et cognitivement (Lin FR, 2011) (26).

Depuis de nombreuses années, cet objectif d'appareillage stéréo-équilibré a été encouragé et il existe diverses méthodes de mise en œuvre.

3.3 Le stéréo-équilibrage, méthodologie, tests et questionnaires

L'enjeu d'un bon appareillage est de restituer cette fonction binaurale pour que la personne puisse bénéficier de ses bienfaits : meilleure compréhension dans le bruit, meilleure localisation, meilleur équilibre postural.

En 1962, MM. Decroix et Dehaussy (16) indiquent que la qualité de la localisation est réversible grâce à l'appareillage bilatéral malgré une asymétrie pouvant aller jusqu'à 50 dB (limite en vue de restituer un équilibrage de sonie à un niveau moyen de 55 dB HL). La limite est de 50 dB pour éviter le risque de transfert transcrânien et ainsi garantir l'indépendance de fonctionnement de chaque oreille.

Le but du stéréo-équilibrage est d'obtenir une fonction binaurale équilibrée en sensation à des niveaux moyens (55 dB HL) pour les principales fréquences conversationnelles (250 à 4 KHz ou 6 KHz).

L'audioprothésiste doit travailler à des niveaux supraliminaires en champ libre d'autant plus que les appareils auditifs d'aujourd'hui possèdent des systèmes actifs. Les aides auditives modernes communiquent entre elles et appliquent leurs algorithmes pour un traitement binaural de l'information.

La méthode de stéréo-équilibrage appliquée dans l'étude se base sur des tests supraliminaires. L'efficacité de cette méthode a été testée lors de travaux précédents d'une étudiante de l'Institut des Sciences et Techniques de la Réadaptation (ISTR) qui ont mis en exergue son effet positif sur les performances des patients en matière de compréhension dans le bruit, localisation, équilibre postural et état émotionnel (mémoire Malcoiffe L, 2023) (27).

Il s'agit d'une méthode rapide, fiable et reproductible pour équilibrer les deux oreilles. Comme précédemment expliqué, un décalage du point de vue de la sonie va se manifester par une mauvaise compréhension dans le bruit. Une vérification des seuils

de confort du patient est donc nécessaire puis un test de compréhension dans le bruit est prévu.

Ainsi, plusieurs tests sont réalisés en champ libre, en binaural et en supraliminaire : test de seuils de confort (MCL, Most Comfortable Level), test de latéralité, tests dichotique et dichotique inversé (Seldran F, EPU 2023) (28).

Mesure des MCL : Elle permet de vérifier si certaines fréquences sont gênantes pour le patient et de travailler par la suite au milieu de la dynamique appareillée du patient. L'ajustement des niveaux de sortie des appareils est fait de telle sorte que les sons soient supportables à 80 dB HL environ de la même manière sur chaque oreille.

Test de latéralité : Ce test se fait à un niveau supraliminaire à 55 dB HL. Il permet d'ajuster l'amplification pour atteindre un point d'équilibre de sensation de sonie entre les deux oreilles au milieu de la dynamique appareillée du patient.

Pour ajuster l'équilibre de sonie, la formulation de la consigne est importante : Une comparaison a été faite entre deux consignes : « latéralisation » (de quel côté vous entendez le mot ?) et « sonie » (Quel mot vous paraît le plus fort ?). Une corrélation significative a été mise en évidence entre le résultat de sonie avec les scores du SSQ15. Plus le déséquilibre mesuré en sonie est élevé, plus le score du SSQ baisse. C'est surtout l'ajustement de l'équilibre de sonie qui améliore les performances. Le message à utiliser pour ce test est donc très important : « de quel côté entendez-vous le plus fort ? ».

Test dichotique et dichotique inversé :

Le test de compréhension dans le bruit en dichotique et dichotique inversé est très intéressant dans la pratique de l'audioprothésiste pour différentes raisons : il permet à la fois de vérifier la performance de compréhension dans le bruit du patient et de tester son équilibre de sonie interaural. De plus, c'est un excellent entraînement pour le

patient. Ce dernier peut ainsi apprécier sa capacité à comprendre dans le bruit et le cas échéant constater sa progression, d'autant plus si le test est accompagné d'une mesure de son effort d'écoute. Ce test contribue à augmenter la confiance en soi pour le patient, dans des situations sonores complexes.

Le test est fait à un niveau supraliminaire avec de la parole à 65 dB SPL et un rapport signal sur bruit (RSB) de +3 ou +6 suivant les capacités du patient. Dans l'idéal, les résultats, en mettant de la parole d'un côté et du bruit de l'autre d'une part, puis en permutant d'autre part, devraient être identiques. Cela objectiverait le fait que le patient entend de manière indifférenciée, dans diverses situations sonores.

Si le patient obtient des résultats très différents, il devra toujours tourner la tête du côté où il comprend le mieux dans les situations complexes.

L'objectif est de minimiser cette différence par stéréo-équilibre et rendre la compréhension homogène quelle que soit la provenance du signal ou du bruit.

Les performances à ces tests ont été mis en lien avec les scores recueillis aux questionnaires qui traitent de l'équilibre, de la qualité de l'audition, du handicap vestibulaire.

Le DHI Dizziness Handicap Inventory est un questionnaire sur le handicap lié aux vertiges (Jacobson GP, 1990) (29). Il permet de recenser les effets handicapants auto-perçus liés à une déficience du système vestibulaire. Il est composé de 25 questions réparties en 3 sous-items : Fonctionnel (9 questions), Physique (7 questions) et Emotionnel (9 questions). Le score final définit un niveau de handicap.

Ce questionnaire a été utilisé dans cette étude pour mettre en exergue l'effet de l'appareillage et du stéréo-équilibre sur les capacités d'équilibre et le bien-être émotionnel des patients.

Le SSQ (Speech, Spatial and Qualities of Hearing Scale) est un questionnaire d'auto évaluation des capacités auditives composé de 49 questions réparties en 3 sous-items : Perception de la parole, Audition spatiale et Qualité de l'audition (Gatehouse S et Noble W, 2019) (25). Il interroge les habiletés auditives du patient dans des mises en situation du quotidien. C'est cette version longue qui a été utilisée pour un des groupes de l'étude, afin d'avoir un degré de détails supplémentaire.

L'autre version utilisée dans l'étude est la forme courte 15SSQ qui retient 15 questions seulement de la version originale, tout en conservant les 3 sous-items. Qui plus est, cette version plus courte conserve la même fiabilité et reproductibilité des mesures que la version originale et est plus sensible aux différences de capacités auditives entre les sujets normo et malentendants que le SSQ (Moulin A, 2019) (30).

Pour l'étude, ces questionnaires explorent précisément les bénéfices potentiels de l'appareillage et du stéréo-équilibre sur l'audition.

L'ABC Scale (31) ou Activities-specific Balance Confidence Scale est un questionnaire d'auto évaluation de l'équilibre par les patients dans leur quotidien, lors d'activités essentielles à l'autonomie. Il se compose de 16 questions. Une version avec une 17^{ème} question a été testée dans l'expérimentation. Pour l'étude, ce questionnaire a permis d'observer les effets de l'appareillage et du stéréo-équilibre sur la sensation de stabilité des patients.

Pour rappel, l'objet de cette étude est de mesurer l'évolution du déséquilibre ou de l'équilibre de sonie, à la suite d'une stimulation par les appareils auditifs, pendant la phase d'adaptation du patient nouvellement appareillé.

La mise en œuvre de différentes phases, sans puis avec stéréo-équilibre et l'analyse des scores des patients aux tests et aux questionnaires permettront

d'observer l'évolution de l'équilibre de sonie interaural lors de l'appareillage et un possible phénomène d'acclimatation.

4 MATERIELS ET METHODES

4.1 Sujets

Pour mener cette étude, nous avons constitué un groupe de personnes nouvellement appareillées (groupe B) et un groupe de personnes anciennement appareillées (groupe A), permettant ainsi d'avoir des éléments de comparaison à l'intérieur des groupes et entre les deux groupes de patients.

Les patients ont été recrutés lors des rendez-vous de contrôle ou lors des premiers rendez-vous de bilan pré-prothétiques.

Pour obtenir un échantillon de patients plus important, le même travail a été fait par deux étudiantes sur deux centres différents, Audition Conseil Lyon 7 par Sarah Koffi et Audition Conseil Lyon 1 par moi-même. Notre échantillon ainsi constitué a permis à chacune d'avoir une base de travail commune, tout en explorant une problématique différente.

Pour le groupe A, toutes les personnes recrutées présentaient une surdité de perception bilatérale et étaient appareillées depuis plus de 6 mois, en portant leurs appareils au moins 8 heures par jour. L'étude se concentre bien sur le cas de l'appareillage binaural, pour explorer le potentiel des appareils à communiquer entre eux. Les patients sont habitués à leurs appareils et à leurs réglages, avec une durée de port régulière depuis plusieurs mois. Ainsi, ils sont en mesure de répondre aux tests et questionnaires avec un référentiel d'appareillage précis.

Pour le groupe B, les personnes ont été recrutées à l'occasion de leur venue pour un premier appareillage, pour une surdité bilatérale.

Toutes les personnes recrutées des groupes A et B ne devaient pas présenter d'acouphènes, ni de surdité transmissionnelle ou fluctuante, ni d'hyperacousie, ceci pour garantir une fiabilité des tests. L'étude longitudinale imposant la répétition de tests à intervalles réguliers, nous devons avoir des éléments de comparaison fiables entre les tests, avec un minimum de paramètres extérieurs pouvant interférer dans les évaluations.

26 personnes ont été recrutées dans le groupe A. Deux sous-groupes ont été constitués pour le groupe A, l'un avec un stéréo-équilibre dès le début de l'étude, l'autre avec un stéréo-équilibre à mi-parcours. Les personnes ont été affectées à l'un ou l'autre des sous-groupes par ordre de recrutement, en alternance, pour avoir des effectifs équivalents pour chaque sous-groupe.

10 personnes ont été recrutées dans le groupe B. Le recrutement était plus difficile pour le groupe B car beaucoup de personnes venant pour se faire appareiller ne répondaient pas aux critères d'inclusion.

Une personne du groupe B a abandonné son essai d'appareillage, une autre personne a été hospitalisée après le 3^{ème} rendez-vous mais ses résultats partiels ont été exploités. Certaines personnes ont rempli partiellement les questionnaires, par suite d'oublis, sûrement en raison du nombre de questionnaires et du volume de pages à remplir.

35 personnes participent donc au protocole. La répartition est comme suit :

- 9 personnes pour le groupe B, à raison de 4 rendez-vous par personne,
- 13 personnes pour le groupe A1, à raison de 3 rendez-vous par personne,
- 13 personnes pour le groupe A2 à raison de 3 rendez-vous par personne.

La répartition par tranche d'âge et par sexe pour l'ensemble des patients puis seulement pour le groupe B est représentée dans la figure 7 ci-dessous.

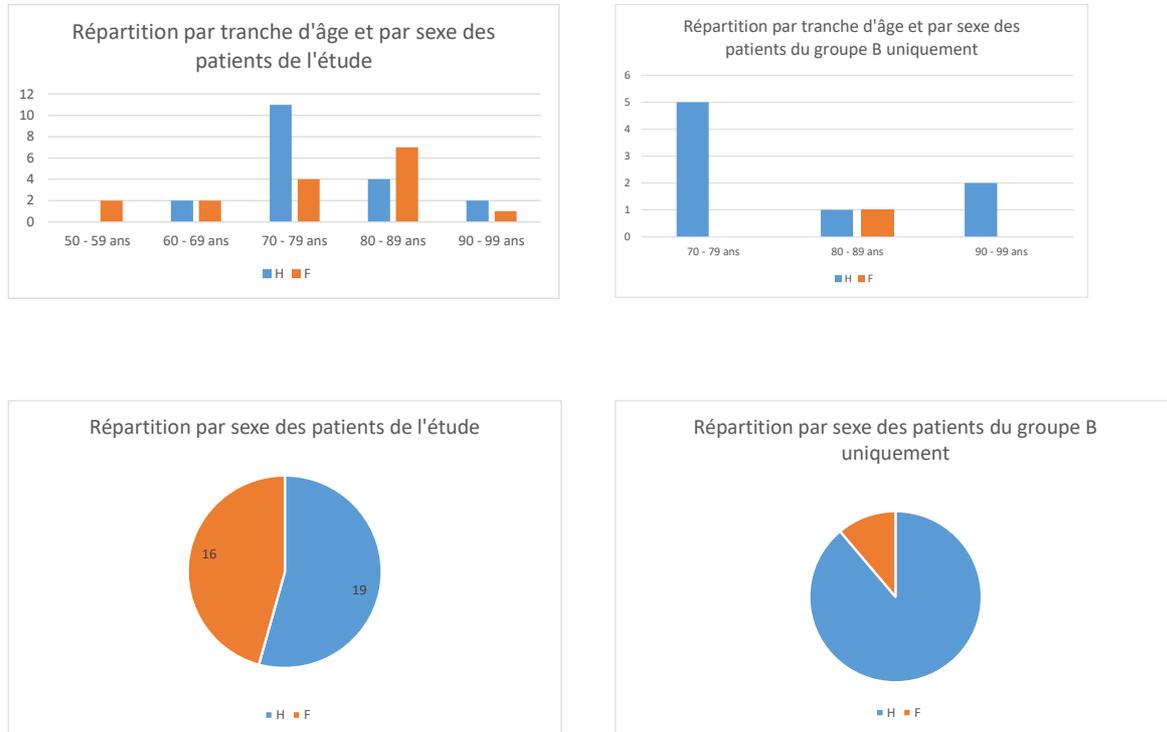


Figure 7 : Répartitions par tranches d'âge et par sexe des patients de l'étude et du groupe B uniquement

La perte tonale moyenne par groupe est illustrée dans la figure 8 suivante :

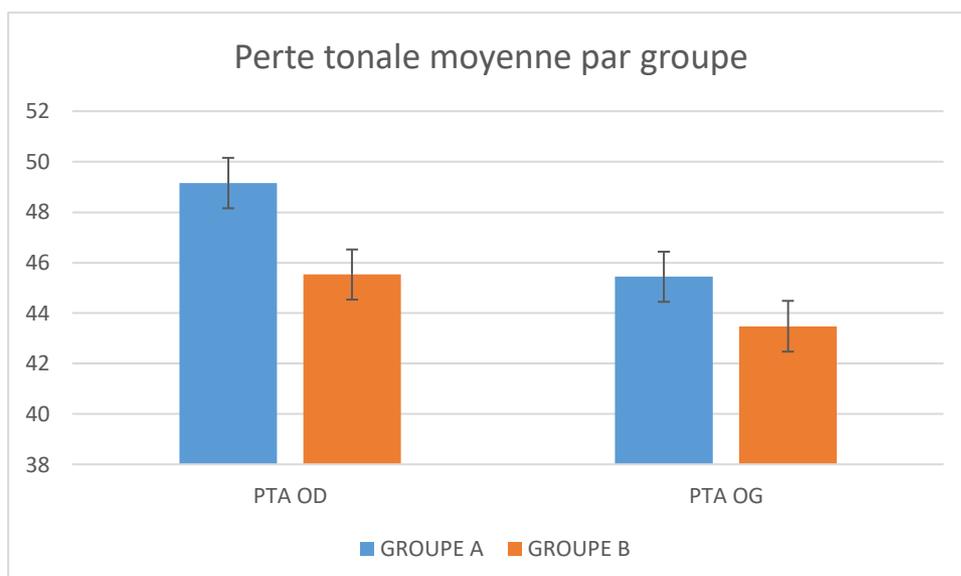


Figure 8 : Perte tonale moyenne des patients par groupe

La répartition ci-après (figure 9) entre perte symétrique et asymétrique n'a pas été différenciée dans l'étude, compte tenu du faible effectif des pertes asymétriques.



Figure 9 : Répartition par groupe des pertes symétriques et asymétriques

4.2 Matériel

L'otoscope a été utilisé à chaque début de rendez-vous pour s'assurer de l'état du conduit auditif du patient.

Tous les tests audiométriques ont été réalisés dans une cabine insonorisée, avec un audiomètre de marque Otometrics. Les logiciels utilisés étaient OTOSuite, ainsi que les logiciels fabricants Phonak, Starkey et Bernafon. Les mesures au casque ont été faites avec un TDH 39. Pour le test de parole dans le bruit en champ libre, le patient est assis à un mètre devant deux haut-parleurs situés à 30° de chaque côté du patient. Tous les autres tests en champ libre ont été faits sur un seul haut-parleur, le patient orienté en face de celui-ci, à un mètre environ. Les mêmes conditions de mesure ont été respectées entre les deux centres Lyon 1 et Lyon 7.

La mesure des MCL en champ libre en binaural a été réalisée avec des sons vobulés, pour éliminer les risques de captation par les appareils d'ondes stationnaires.

La mesure des MCL vocaux a été faite à l'aide des deux premières listes dissyllabiques de Fournier, voix d'homme puis voix de femme.

Une échelle visuelle analogique ordonnée a été présentée aux patients pour la mesure des seuils supraliminaires (voir Annexe 1).

Pour la mesure du test d'équilibre de sonie en supraliminaire, une échelle visuelle analogique, graduée de 1 à 5 côté gauche ou droit, en fonction du degré de latéralisation du son a été présentée au patient (voir Annexe 2).

Pour la mesure d'intelligibilité dans le bruit en condition dichotique et dichotique inversée, les 20 listes cochléaires de LAFON ont été utilisées de manière aléatoire. A la suite de cette mesure, une échelle visuelle analogique a permis au patient d'évaluer son effort d'écoute durant le test (voir Annexe 3).

Les questionnaires utilisés pour l'étude ont été :

- le SSQ15 forme courte (pour le groupe A), en 15 questions,
- le SSQ forme longue (pour le groupe B), en 49 questions,
- le DHI en 25 questions,
- l'ABC Scale en 17 questions en 2024.

Ces questionnaires, présentés à 3 reprises pour tous les groupes ont permis d'observer l'évolution du ressenti des patients au fil des rendez-vous.

Les appareils auditifs utilisés étaient ceux des patients.

Tous les résultats des tests et questionnaires ont été consignés dans le logiciel Excel.

Les statistiques ont été réalisées avec le logiciel Jasp.

4.3 Procédure

Le principe de cette étude longitudinale a été la répétitivité des tests et questionnaires à intervalles réguliers, afin d'observer l'évolution des résultats.

Les sujets ont été suivis respectivement durant 30 jours pour le groupe A, à raison de 3 rendez-vous espacés de 15 jours et durant 45 jours pour le groupe B, à raison de 4 rendez-vous espacés de 21 jours, puis 9 jours, puis 15 jours.

La durée maximale du protocole pour le groupe B a été de 45 jours, compte tenu des contraintes de temps imposées par la durée de stage. Les intervalles de temps ont été fixés en fonction de la durée de la période d'essai de 30 jours. Un premier stéréo-équilibrage a été fait 21 jours après l'adaptation, avec possibilité de correction à la conclusion de l'essai au bout d'un mois. Un dernier rendez-vous a été fixé 15 jours après.

Chaque rendez-vous a duré entre $\frac{3}{4}$ d'heure et une heure $\frac{1}{4}$.

Pour le groupe A (patients appareillés depuis plus de 6 mois), afin de s'assurer de l'absence d'effet d'apprentissage ou de variabilité liés au test-retest, 2 sous-groupes ont été constitués :

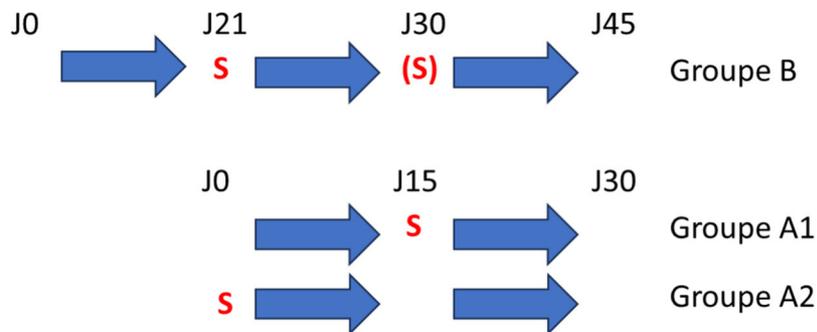
- Sous-Groupe 1 (A1), (n= 13), tests et questionnaires sans modification de réglage à J0. Tests et questionnaires et modifications de réglage à J15. Puis les tests et questionnaires sont refaits à J30.
- Sous-Groupe 2 (A2), (n=13), tests, questionnaires et modification des réglages à J0, puis tests et questionnaires à J15 et à J30 sans modification. Cela permet de voir si 30 jours après une modification de réglages, les effets sont plus significatifs qu'à 15 jours.

Pour le groupe B (patients nouvellement appareillés), (n=9), 4 points de tests :

- J0 tous les tests et questionnaires avant appareillage, c'est-à-dire oreilles nues, puis tests oreilles appareillées,
- J21 : tous les tests (sauf questionnaires) et modification de réglage, après 21 jours d'appareillage,
- J30 : reprise des réglages si nécessaire, et tous les tests et questionnaires à la fin de l'essai,

- J45 (15 jours après la fin de la période d'essai) : tous les tests et questionnaires pour mesurer si les résultats sont plus significatifs 15 jours après la fin de la période d'essai.

La chronologie des rendez-vous est reportée sur la figure 10 ci-dessous.



S = Stéréo-équilibre

(S) = Stéréo-équilibre si nécessaire

Figure 10 : Chronologie des rendez-vous

Le principe de l'étude longitudinale a été de réaliser les tests de manière récurrente, à plusieurs reprises pour tous les patients.

Le seul élément qui variait était le moment où intervenait le changement de réglage lié au stéréo-équilibre et la pose des appareils auditifs pour le groupe B.

Hormis pour les seuils liminaires au casque qui ont été mesurés à 5 dB près, toutes les mesures ont été faites à 2 dB près pour une plus grande précision.

Chaque rendez-vous commençait par une otoscopie et la vérification des appareils, afin de s'assurer qu'il n'y avait aucun élément pouvant interférer dans les mesures qui allaient suivre.

Les patients rendaient les questionnaires qu'ils venaient de compléter, chez eux ou au centre directement : à J0, J15 et J30 pour le groupe A et à J0, J30 et J45 pour le groupe B.

Au premier rendez-vous uniquement, l'audition liminaire et supraliminaire, oreilles séparées a été vérifiée au casque. Cela permettait de vérifier s'il n'y avait pas de changement par rapport à la mesure précédente et d'attester que les critères d'inclusion étaient bien respectés.

Également au premier rendez-vous, uniquement pour le groupe B, une série de mesures oreilles nues était réalisée, afin d'avoir une photographie des performances du patient au point de départ, avant appareillage.

Ainsi, oreilles nues, il a été réalisé trois tests :

- la mesure des MCL en champ libre de manière bilatérale en tonal avec des sons vobulés par pas de 4 puis de 2 dB et en vocal,
- la mesure de la latéralité,
- la mesure d'intelligibilité dans le bruit et l'effort d'écoute.

Excepté ce rajout pour le groupe B au premier rendez-vous, le déroulé des tests a toujours été le même, et répété à chaque rendez-vous pour l'ensemble des groupes :

Les seuils liminaires prothétiques en champ libre (sauf pour le groupe B à J0, car il est nécessaire d'attendre que le patient s'habitue aux appareils avant de faire un seuil prothétique) ont été recherchés oreilles séparées (haut-parleur droit puis gauche) puis en bilatéral (1 seul haut-parleur) à l'aide de sons vobulés pulsés par pas de 2 dB et en balayant par bande de demi-octave de 250 à 8000 Hz. Le point retenu a été relevé de 2 dB par rapport à la réponse du patient pour ajuster le score. Cela a permis de prendre en compte l'écart d'intensité entre la mesure au casque et la mesure en champ libre.

Comme souligné dans la partie théorique, il est important d'étudier le ressenti du patient au niveau supraliminaire, ce qui est beaucoup plus représentatif de la réalité

sonore au quotidien. De plus, la mesure de manière bilatérale permet de mettre en jeu l'expérience binaurale du patient, ce qui est également plus représentatif de la façon dont il appréhende son environnement sonore au quotidien.

Ainsi, la mesure en champ libre des MCL avec appareils de manière bilatérale en tonal a été systématiquement faite. Pour cela, une échelle catégorielle de la sonie (voir Annexe 1) (Rien, Très faible,, Trop fort) a été présentée aux patients, afin de constituer un cadre de référence unique pour l'ensemble de l'étude. Des sons vobulés continus à 1 KHz ont été diffusés sur un seul haut-parleur, à partir d'un seuil confortable et de plus en plus fort par pas de 4 dB puis de 2 dB. Le patient avait pour consigne d'indiquer sur l'échelle à quel niveau sonore se situaient les sons, jusqu'à ce qu'il nous indique sur l'échelle visuelle que le son est « très fort ». Le point retenu a été abaissé de 2 dB HL pour obtenir le MCL, compte tenu du fait que le patient tend à se protéger et répondre plus tôt. Toutes les fréquences ont ainsi été balayées par bande de demi-octave de 250 Hz à 8 kHz et le 1 KHz a été retesté en dernier.

Pour se rapprocher d'une situation encore plus écologique, les MCL en champ libre avec appareils ont également été évalués à l'aide de mots. En effet, le spectre à long terme de la parole est composé de différentes bandes de fréquences, présentes à différentes intensités. Cette mesure permet donc d'évaluer le ressenti des patients au plus proche de leur quotidien. Pour se faire, la première liste dissyllabique de Fournier avec une voix d'homme puis avec une voix de femme a été diffusée en champ libre sur un haut-parleur, à partir de 60 dB puis de plus en plus fort, par pas de 4 puis de 2 dB. A l'aide de la même échelle visuelle utilisée précédemment, le patient avait pour consigne d'indiquer quand les mots lui paraissaient très forts.

Une fois ces seuils supraliminaire établis, nous avons mesuré l'équilibre de sonie interaural des patients par un test de latéralité :

Nous diffusons en champ libre sur un haut-parleur des sons vobulés continus à 55 dB HL, avec un balayage des fréquences par bande de demi-octave de 250 à 8000 Hz.

Le patient doit nous indiquer sur une échelle gauche/droite de -5 à +5 (voir Annexe 2) de quel côté le son est le plus fort et de combien, ou s'il est centré. Cette échelle permet d'obtenir le degré de latéralisation, -5 étant un son latéralisé au maximum à gauche, 5 étant un son latéralisé au maximum à droite.

Nous avons vu dans la partie théorique que l'audition binaurale améliore entre autres la compréhension dans le bruit. Le stéréo-équilibrage visant à rétablir l'audition binaurale du patient, nous devions intégrer au protocole un test d'intelligibilité dans le bruit, afin d'observer les effets du stéréo-équilibrage sur les scores d'intelligibilité du patient et vérifier si ces scores étaient améliorés.

Ce test a été mis en œuvre en champ libre, avec deux haut-parleurs, en utilisant les listes cochléaires de Lafon de façon aléatoire et un bruit de type « cocktail party ». Il a été mené dans deux conditions : conditions dichotique et dichotique inversée (dichotique : des sons différents sont présentés aux deux oreilles => le bruit d'un côté, la parole de l'autre, dichotique inversé => permutation de la parole et du bruit).

Pour les surdités symétriques, la condition dichotique consistait à diffuser par convention le signal de parole sur l'oreille droite, en même temps que le bruit sur l'oreille gauche. La condition dichotique inversée intervertissait les signaux : parole à gauche et bruit à droite.

Pour les surdités asymétriques, la condition dichotique consistait à diffuser la parole sur la meilleure oreille et le bruit sur la moins bonne oreille. Dans la condition dichotique inversée, comme précédemment, les signaux étaient intervertis (Figure 11).

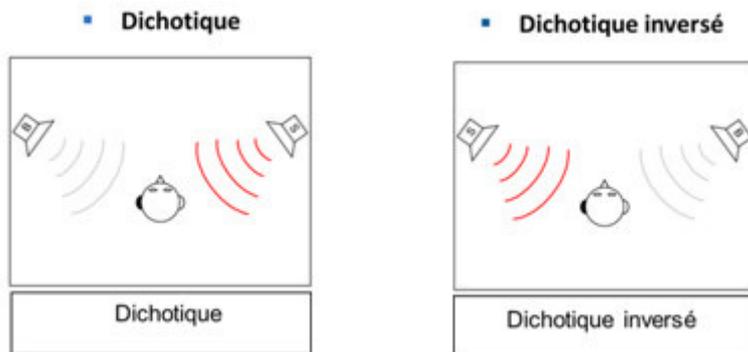


Figure 11 : configuration dichotique et dichotique inversée dans le cas d'une surdité asymétrique avec la moins bonne oreille à gauche, représentée en noir. Le signal de parole est représenté en rouge, le bruit cocktail party est représenté en gris

Le déroulé de ce test se fait en plusieurs étapes :

Pour chaque condition, une liste, considérée comme liste d'entraînement, c'est-à-dire qu'elle n'est pas comptabilisée dans les résultats, est diffusée avec le bruit, afin de laisser le temps au patient de « s'habituer » au test et définir le RSB adapté aux capacités du patient.

Ces phases d'entraînements étaient suivies de la diffusion de 2 listes en condition dichotique et 2 listes en condition dichotique inversée à 65 dB SPL, intensité correspondant à une voix moyenne soutenue. Le RSB est fixé à + 3 dB, le bruit est donc diffusé à 62 dB SPL. Si le patient a moins de 30 % d'intelligibilité (moins de 15 phonèmes justes sur les 51) aux tests dichotique et dichotique inversé pour un RSB + 3 dB durant les phases d'entraînement, il est testé par la suite avec un RSB + 6 dB, c'est-à-dire avec un bruit diffusé à 59 dB SPL.

Nous nous plaçons ainsi dans des conditions écologiques, que le patient peut rencontrer dans un restaurant bruyant par exemple.

Pour finir, une mesure de l'effort d'écoute est réalisée après chaque condition d'écoute à l'aide d'une échelle visuelle analogique graduée de 0 à 10. La valeur 0 correspond à une absence d'effort pour répéter les mots et la graduation 10 correspond à un effort maximal ressenti pour répéter les mots (voir Annexe 3).

Une fois l'ensemble de ces tests terminés, nous procédions aux modifications de réglages comme défini au protocole, à savoir :

- à J15 pour le groupe A1,
- à J0 pour le groupe A2
- et à J21 pour le groupe B (avec possibilité de réajuster le réglage à J30).

Le résultat des mesures supraliminaire en champ libre et en binaural et le test de latéralité nous ont guidées pour faire les modifications de réglages.

L'objectif des modifications de réglages était d'une part, de se rapprocher de l'équilibre de sonie interaural sur le test de latéralité, le patient devant avoir la même sensation de sonie à droite et à gauche et d'autre part, d'obtenir des MCL symétriques entre les deux oreilles et compris entre 80 et 90 dB SPL, avec une courbe la plus plate possible. La modification des gains à 50, 65 et 80 dB SPL a permis d'agir sur les résultats du test de latéralité, en vue d'approcher les objectifs précédemment cités.

La modification des MPO et des gains à 80 dB SPL a permis de se rapprocher des objectifs précités pour les MCL, correspondant à un ajustement de la sensation auditive, dans la dynamique résiduelle du patient.

Pour s'assurer de l'efficacité du réglage, des retests ont été faits, jusqu'à obtention des résultats escomptés :

- retest de la latéralité avec appareils auditifs en champ libre,
- retest des MCL (tonal) avec appareils auditifs en champ libre à l'aide de l'échelle catégorielle pour approcher une sensation de sonie « très forte » entre 80 et 90 dB dB SPL sur toutes les fréquences.

La chronologie des tests est reportée dans un tableau en Annexe 4.

5 RESULTATS

Pour rappel, l'objectif de l'étude est d'observer dans le temps l'équilibre de sonie interaural à la suite d'un appareillage.

Quels sont les effets sur l'équilibre de sonie interaural à l'appareillage ?

Comment évolue l'équilibre de sonie avant appareillage, avec appareils et au fil du temps ?

En pratique, des mesures sont effectuées à chaque étape de la période d'essai, avant et après appareillage, avant et après stéréo-équilibrage. Les tests supraliminaires et le remplissage des questionnaires, qui jalonnent la période d'adaptation, permettent d'observer les différences de scores (compréhension, localisation, équilibre postural) au fil du temps pour les patients nouvellement appareillés en comparaison des patients déjà appareillés.

Ces résultats sont exposés dans cette partie.

Pour l'analyse des tests, 3 périodes ont été considérées pour le groupe B :

- Période sans et avec appareillage au 1^{er} rendez-vous (R1SA et R1AA)
- Période d'observation sans aucune intervention entre le R1AA et R2

- Période avant et après stéréo-équilibrage entre R2 et R4

Pour avoir des valeurs de référence et des éléments de comparaison avec le groupe contrôle A, 2 périodes ont été considérées (figure 12) :

- Période d'observation sans intervention : groupe contrôle A1 entre R1 et R2
- Période avant et après stéréo-équilibrage : groupe contrôle A2 entre R1 et R3

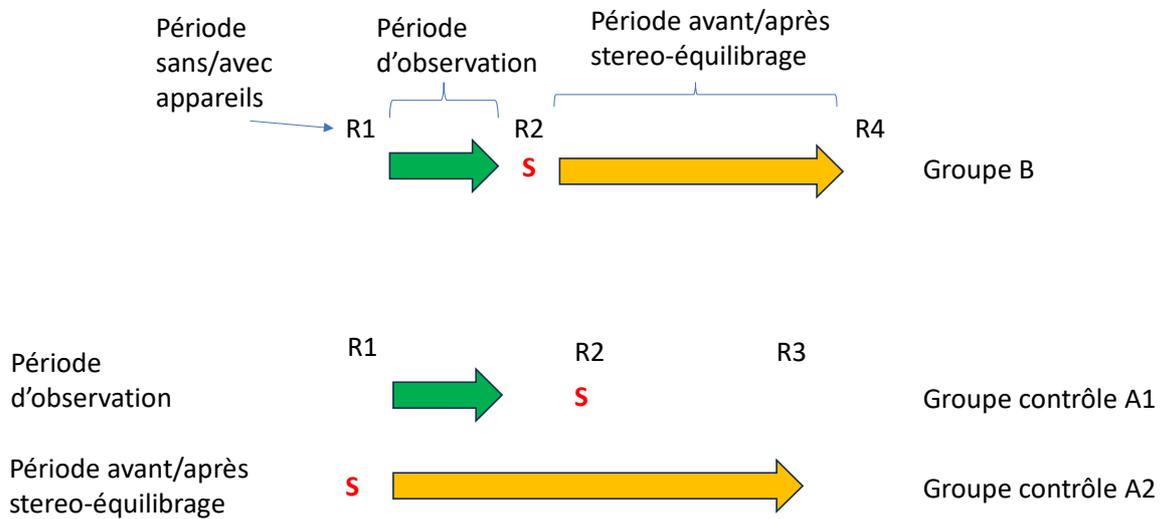


Figure 12 : schéma de fonctionnement de l'étude pour la comparaison des résultats des tests entre les groupes

Pour l'analyse des questionnaires (Q1, Q2 et Q3), les comparaisons avec le groupe contrôle A2 se font de la manière suivante :

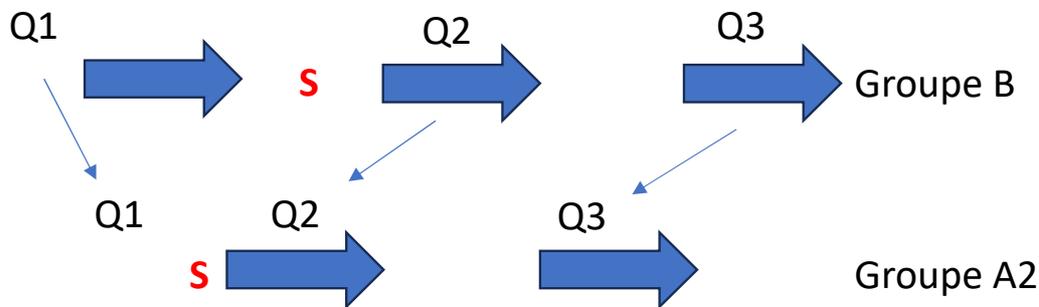


Figure 13 : schéma de fonctionnement de l'étude pour la comparaison des résultats des questionnaires entre les groupes

Tous les tests réalisés sont des tests T de Student appariés ou indépendants si la normalité est respectée. Dans le cas contraire, des tests de Wilcoxon ou de Mann-Whitney sont réalisés.

5.1.1 Test retest

Pour vérifier qu'il n'y a pas d'effet d'apprentissage dans le déroulé du protocole, un test retest a été fait sur le groupe A1 entre R1 et R2. Les scores aux différents tests et questionnaires ne varient statistiquement pas entre le test et le retest pour ce groupe A1 (voir Annexe 5). Il n'y a donc pas d'effet d'apprentissage ou d'effet placebo qui viendraient biaiser les résultats.

5.1.2 Tests dichotique et dichotique inversé

Moyenne des scores aux tests dichotique et dichotique inversé à l'appareillage

Nous avons mesuré à chaque rendez-vous les scores aux tests dichotique et dichotique inversé pour évaluer les performances de compréhension dans le bruit des

patients et chercher des relations possibles avec l'équilibre de sonie interaural. Ces scores sont reportés sur la figure 14. A la seule lecture du graphique, le groupe B semble présenter une amélioration de l'intelligibilité dans le bruit au moment de l'appareillage pour le test dichotique inversé (comparaison avant et après appareillage lors du 1^{er} rendez-vous, entre R1 SA et R1 AA). L'augmentation moyenne est de 10 phonèmes correctement répétés en plus après appareillage, ce qui représente 3 mots justes sur 17 en plus. Le test statistique confirme cette amélioration des scores au test dichotique inversé, les patients montrent un score de réussite plus grand (moyenne = 43,5 ; écart-type = 4,68) avec les appareils nouvellement installés que oreilles nues (moyenne = 32,78 ; écart-type= 13,16 ; $p = 0,018$). Il n'y a pas de différence significative pour le test dichotique.

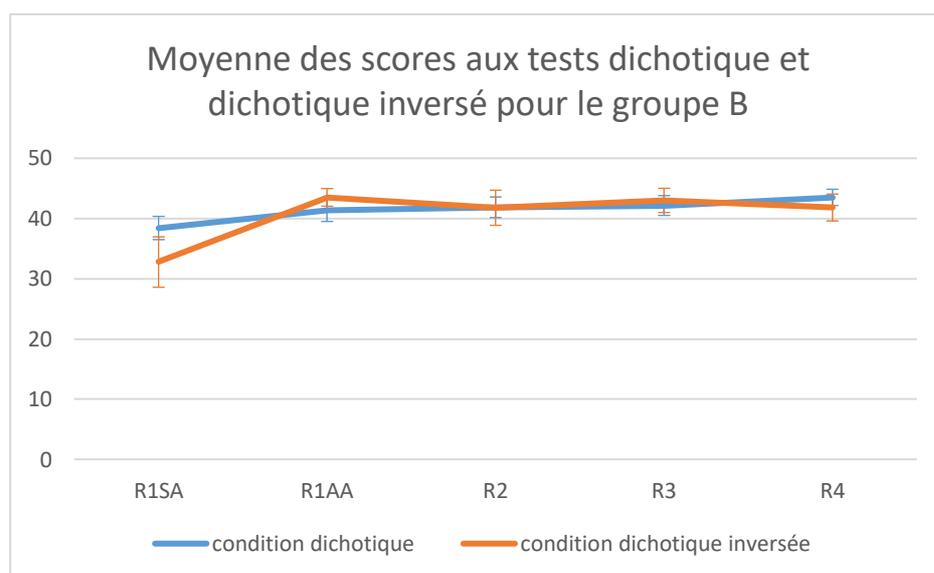


Figure 14 : Moyenne des scores aux tests dichotique et dichotique inversé du groupe B. Les barres d'erreurs représentent l'erreur standard.

Somme des scores aux tests dichotique et dichotique inversé à l'appareillage

La somme des scores au test dichotique et dichotique inversé permet d'avoir une vue globale de l'intelligibilité dans le bruit. La figure 15 confirme la nette amélioration entre les performances sans et avec appareils le jour de l'adaptation (R1).

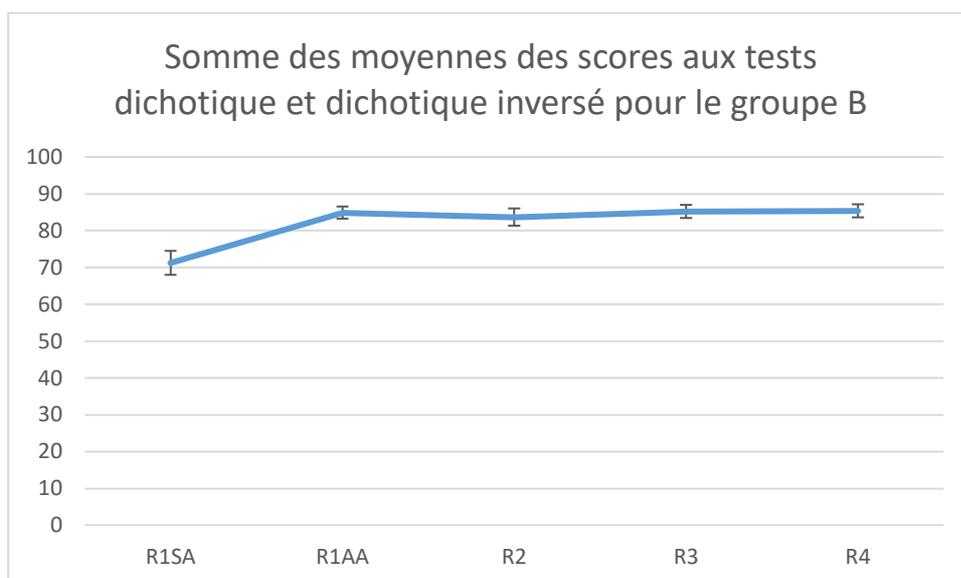


Figure 15 : Somme des moyennes des scores aux tests dichotique et dichotique inversé pour le groupe B. Les barres d'erreurs représentent l'erreur standard.

Le nombre de phonèmes répétés correctement avant appareillage (moyenne = 71,21 ; écart-type = 10,27) s'accroît significativement après appareillage (moyenne = 84,85 ; écart-type = 5,24 ; $p = 0,024$). L'intelligibilité après l'adaptation des appareils auditifs s'améliore de 13 phonèmes en comparaison du score oreilles nues. L'apport des appareils améliore significativement et immédiatement le score global d'intelligibilité du groupe B.

Somme des scores aux tests dichotique et dichotique inversé sur les autres périodes observées

Sur les autres périodes, la performance du groupe B n'évolue pas de façon significative ($p > 0,2$). De plus, il n'y a pas de différence significative entre les performances du groupe B et celles du groupe contrôle A :

- $p = 0,615$, sur la période d'observation (R2-R1AA pour le groupe B et R2-R1 pour le groupe contrôle A1)

- $p = 0,790$, sur la période avant/après stéréo-équilibrage (R4-R2 pour le groupe B et R3-R1 pour le groupe contrôle A2)

5.1.3 Différence entre les tests dichotique et dichotique inversé

La différence de scores entre le test dichotique et dichotique inversé (delta D-Di) permet d'observer la performance de chaque oreille l'une par rapport à l'autre. Plus la différence se réduit, meilleure est l'équilibre de performance entre chaque oreille.

Différence des scores aux tests dichotique et dichotique inversé à l'appareillage

La figure 17 présente l'évolution des différences des moyennes des scores en valeur absolue aux tests dichotique et dichotique inversé pour le groupe B. A la lecture du graphique, il semble y avoir une amélioration du score marquée entre R1 avant appareillage et R1 après appareillage

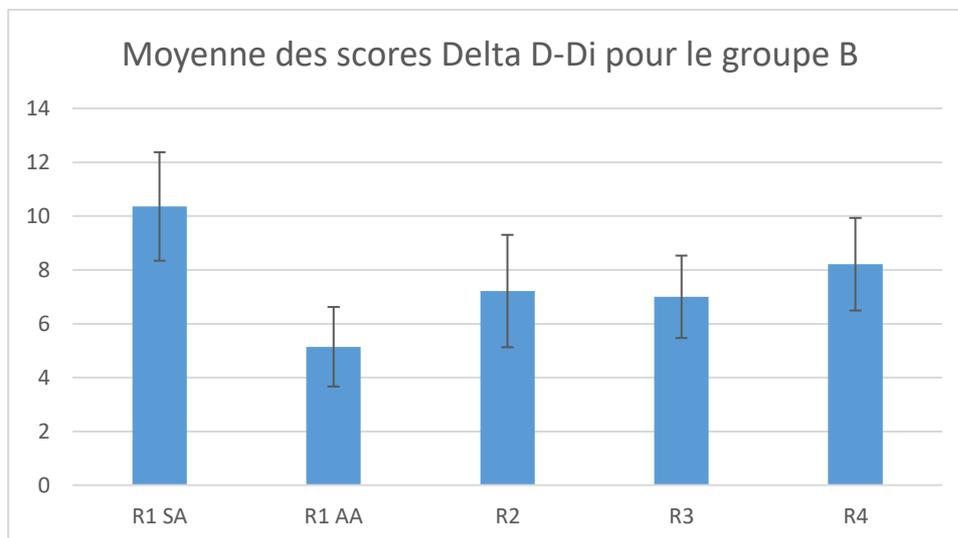


Figure 16 : Différence en valeur absolue entre les moyennes des scores aux tests dichotique et dichotique inversé pour le groupe B. Les barres d'erreurs représentent l'erreur standard.

Cependant, cette différence n'est pas significative. La moyenne des deltas dichotique/dichotique inversé est de 11,81 (écart-type = 7,19) avant appareillage et se réduit à 7,5 après appareillage (écart-type = 7,95 ; $p = 0,134$). La réduction de l'écart entre les deux tests de 4 phonèmes ne représente pas une amélioration statistiquement significative.

Différence des scores aux tests dichotique et dichotique inversé durant la période d'observation

Sur la période d'observation entre le 1^{er} jour d'appareillage et 21 jours plus tard, il n'y a aucun changement significatif du delta pour le groupe B, $p = 0,553$.

La comparaison des scores sur la figure 18 du groupe A et du groupe B montre visuellement une tendance à une plus grande amélioration du score du groupe B, mais cela est non significative, $p = 0,301$.

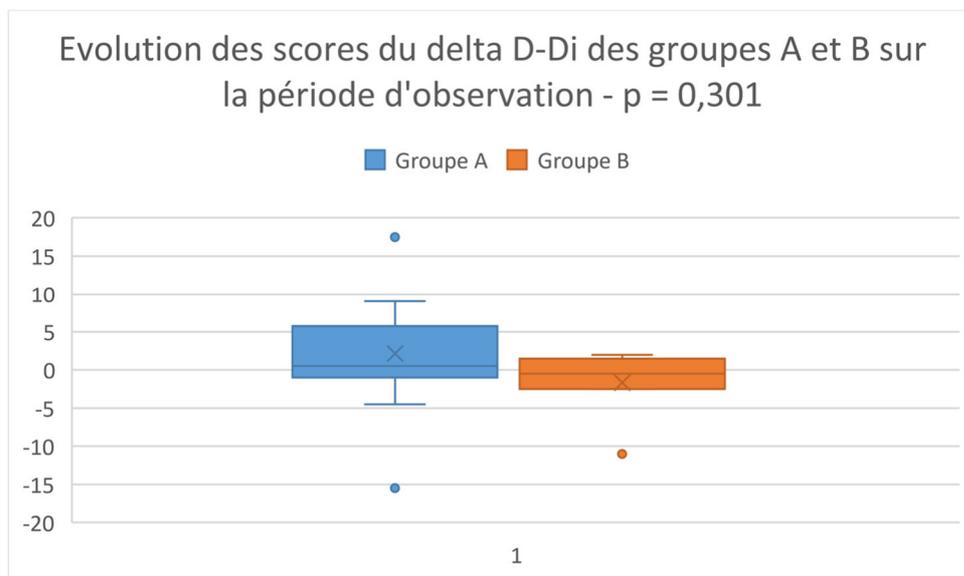


Figure 17 : Evolution des scores du delta dichotique/dichotique inversé du groupe A versus groupe B entre J0 et J 21. Les barres d'erreurs représentent l'erreur standard.

Différence des scores aux tests dichotique et dichotique inversé avant et après stéréo-équilibre

Enfin l'observation des scores avant et après stéréo-équilibre pour le groupe B ne laissent apparaître aucun changement significatif, $p = 0,505$, pas plus que la comparaison des groupes A et B, $p = 0,816$.

5.1.4 Effort d'écoute

Des tests de corrélation de Pearson ont permis d'étudier la corrélation entre l'effort d'écoute et les scores aux tests dichotique et dichotique inversé.

Effort d'écoute pour le groupe B

A la lecture de la figure 19, pour le groupe B, il n'y a pas de corrélation entre effort d'écoute et les scores aux tests dichotique et dichotique inversé. Cette information est confirmée par un test de corrélation de Pearson non significatif.

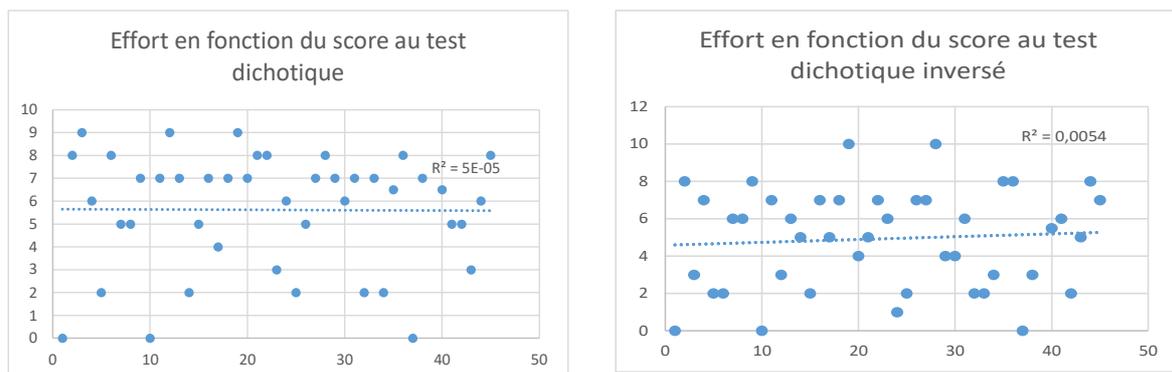


Figure 18 : Effort d'écoute en fonction du score aux tests D-Di pour le groupe B

Effort d'écoute pour le groupe A

Pour le groupe A, l'effort d'écoute est corrélé inversement proportionnel aux scores au test dichotique. Cette corrélation ne se retrouve pas systématiquement pour les scores au test dichotique inversé (figure 20).

Variable		R1dichoEff	R2dichoEff	R3dichoEff
1. R1dichoEff	Pearson's r	—		
	p-value	—		
2. R2dichoEff	Pearson's r	0.821 ***	—	
	p-value	< .001	—	
3. R3dichoEff	Pearson's r	0.793 ***	0.787 ***	—
	p-value	< .001	< .001	—
4. R1dichopho12	Pearson's r	-0.395 *	-0.442 *	-0.415 *
	p-value	0.046	0.027	0.035
5. R2dichopho12	Pearson's r	-0.380	-0.566 **	-0.504 *
	p-value	0.061	0.003	0.010
6. R3dichopho12	Pearson's r	-0.399 *	-0.354	-0.440 *
	p-value	0.044	0.083	0.025

Variable		R1invdichoEff	R2invdichoEff	R3invdichoEff
1. R1invdichoEff	Pearson's r	—		
	p-value	—		
2. R2invdichoEff	Pearson's r	0.659 ***	—	
	p-value	< .001	—	
3. R3invdichoEff	Pearson's r	0.680 ***	0.780 ***	—
	p-value	< .001	< .001	—
4. R1invdichopho12	Pearson's r	-0.110	-0.368	-0.110
	p-value	0.593	0.070	0.592
5. R2invdichopho12	Pearson's r	-0.249	-0.498 *	-0.257
	p-value	0.231	0.011	0.215
6. R3invdichopho12	Pearson's r	-0.203	-0.451 *	-0.326
	p-value	0.320	0.024	0.104

Figure 19 : Corrélation de l'effort d'écoute en fonction du score aux tests dichotique et dichotique inversé pour le groupe A. En jaune, scores corrélés, en orange, scores non corrélés

Compte tenu du peu de récurrence dans les résultats de corrélation entre l'effort d'écoute et les tests dichotique et dichotique inversé, ce paramètre n'a pas été exploité pour l'étude.

5.1.5 Equilibre de sonie

L'objectif de cette mesure a été de faire l'état des lieux de l'équilibre de sonie supraliminaire des patients et de se rapprocher le plus de la valeur 0 lors des réglages, afin d'obtenir une audition la plus équilibrée possible pour chaque oreille.

La figure 21 ci-dessous présente les résultats des patients à cette épreuve par bande de fréquence et par rendez-vous.

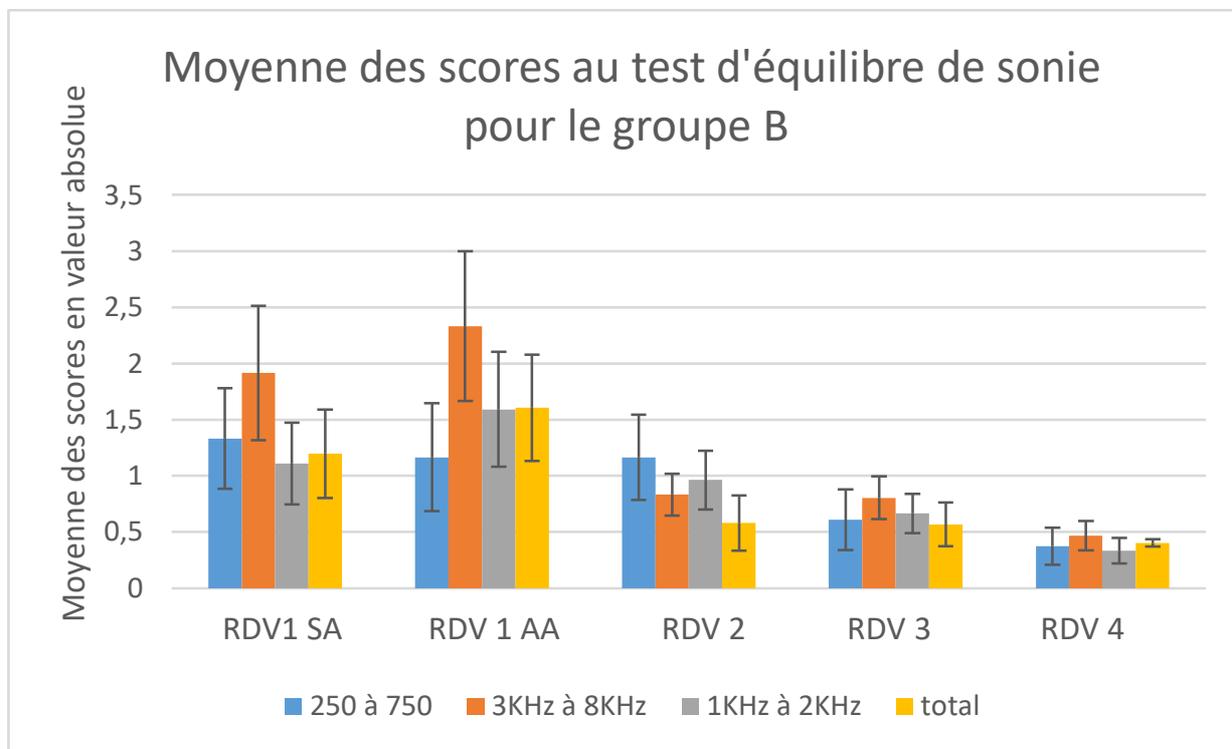


Figure 20 : Moyenne des valeurs absolues des scores au test d'équilibre de sonie pour le groupe B. Les barres d'erreurs représentent l'erreur standard.

Lors de l'appareillage, il est supposé qu'il y a une désorganisation de l'équilibre de sonie.

Moyenne des scores au test d'équilibre de sonie le jour de l'appareillage

A la lecture du graphique ci-dessus, il ressort une tendance à un déséquilibre de sonie le jour de l'appareillage (mesures avant et après appareillage pendant le 1^{er} rendez-vous RDV 1) puis à une amélioration constante jusqu'au 4^{ème} rendez-vous RDV 4.

Un test de Student unilatéral entre RDV 1 SA et RDV 1 AA montre une perturbation significative des moyennes des scores d'équilibre de sonie pour la totalité des fréquences le jour de l'appareillage (moyenne RDV 1 SA = 1,19 et écart-type = 1,24 ;

moyenne RDV 1 AA = 1,60 et écart-type = 1,49 ; $p = 0,042$). **La mise en place des appareils a pour effet immédiat de déséquilibrer la sonie entre les oreilles.**

Moyenne des scores au test d'équilibre de sonie pendant la période d'observation

Puis, pendant la période d'observation suivant l'appareillage pour le groupe B (figure 22 ci-dessous), une amélioration significative de l'équilibre de sonie sur la moyenne des fréquences aiguës de 3 à 8 KHz, (moyenne RDV 1 AA = 2,33 et écart-type = 2,09 ; moyenne RDV 2 = 0,83 et écart-type = 0,58 ; $p = 0,025$) ainsi que sur la moyenne pour la totalité des fréquences, (moyenne RDV 1 AA = 1,60 et écart-type = 1,49; moyenne RDV 2 = 0,58 et écart-type = 0,78 ; $p < 0,01$) est constatée. Il n'y a pas de différence significative sur les fréquences graves et médium. Le groupe contrôle A1 ne présente aucune différence significative sur la période d'observation considérée, $p > 0,2$ quelque soient les bandes de fréquences.

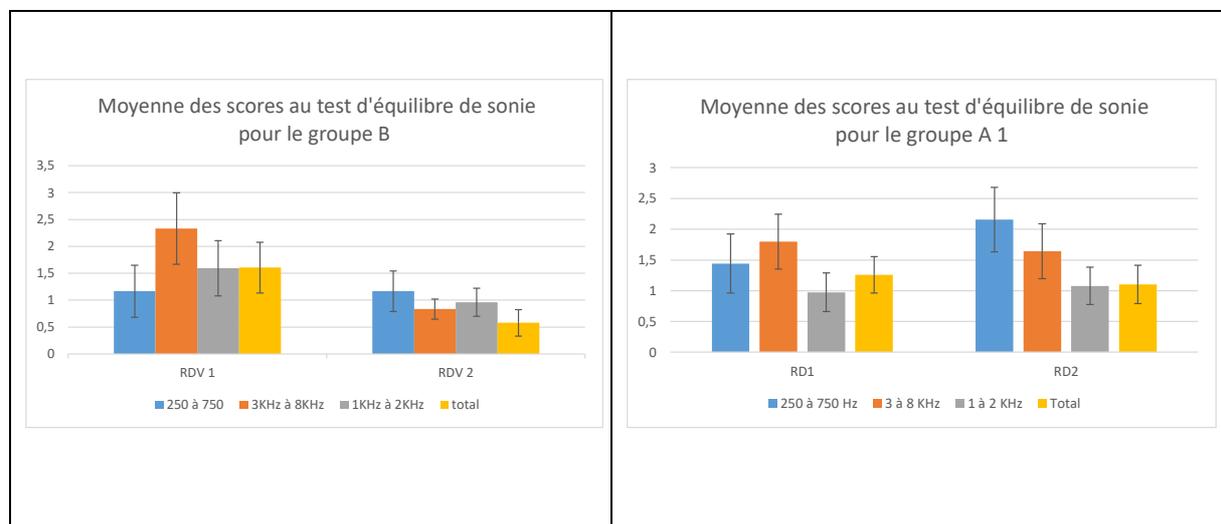


Figure 21 : Moyenne des scores au test d'équilibre de sonie pour le groupe B et pour le groupe contrôle A1 durant la phase d'observation. Les barres d'erreurs représentent l'erreur standard.

Dans l'échantillon des personnes du groupe B nouvellement appareillées est observé un réajustement de l'équilibre de sonie durant la période de 21 jours qui suit

l'appareillage. Aucun changement de réglages n'a lieu durant cette période, le phénomène opère donc sans interaction avec des changements de réglages sur les appareils auditifs.

Moyenne des scores au test d'équilibre de sonie avant/après stéréo-équilibrage

Durant la période avant/après stéréo-équilibrage (figure 23), une amélioration significative des moyennes des scores pour le groupe B est constatée, mais cette fois-ci, sur les fréquences graves (moyenne RDV 2 = 1,16 et écart-type = 1,19 ; moyenne RDV 4 = 0,37 et écart-type = 0,51 ; $p = 0,045$) et médium (moyenne RDV 2 = 0,96 et écart-type = 0,82 ; moyenne RDV 4 = 0,33 et écart-type = 0,35 ; $p = 0,018$). Pour le groupe contrôle A2, il y a une amélioration significative des moyennes des scores sur toutes les fréquences, (moyenne RDV 1 = 0,76 et écart-type = 0,94 ; moyenne RDV 3 = 0,42 et écart-type = 0,59 ; $p = 0,006$), excepté de 1 à 2 KHz, $p = 0,239$.

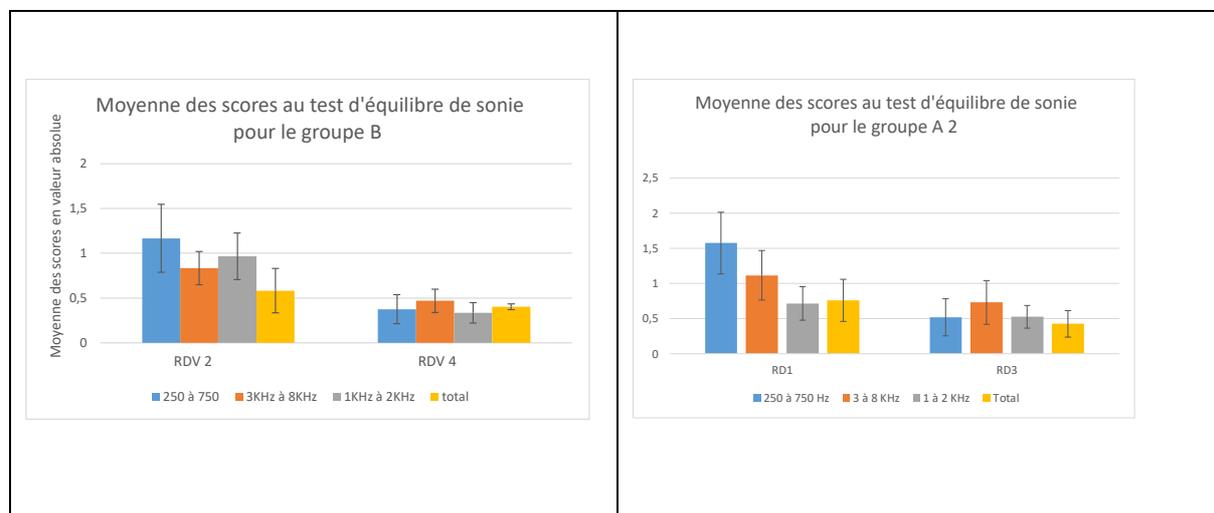


Figure 23 : Moyenne des scores au test d'équilibre de sonie pour le groupe B et pour le groupe contrôle A2 avant et après stéréo-équilibrage. Les barres d'erreurs représentent l'erreur standard.

Les réglages successifs ont permis de se rapprocher de l'équilibre de sonie. Le groupe contrôle A2 suit la même tendance que le groupe B

5.1.6 MCL tonaux et vocaux en champ libre et en bilatéral

MCL tonaux

Le stéréo-équilibrage se faisant en supraliminaire, les MCL tonaux ont été testés en champ libre et en bilatéral. L'objectif était de situer les MCL tonaux à 85 dB HL. L'évolution des moyennes des MCL tonaux par bandes de fréquences pour le groupe B est présentée sur la figure 24.

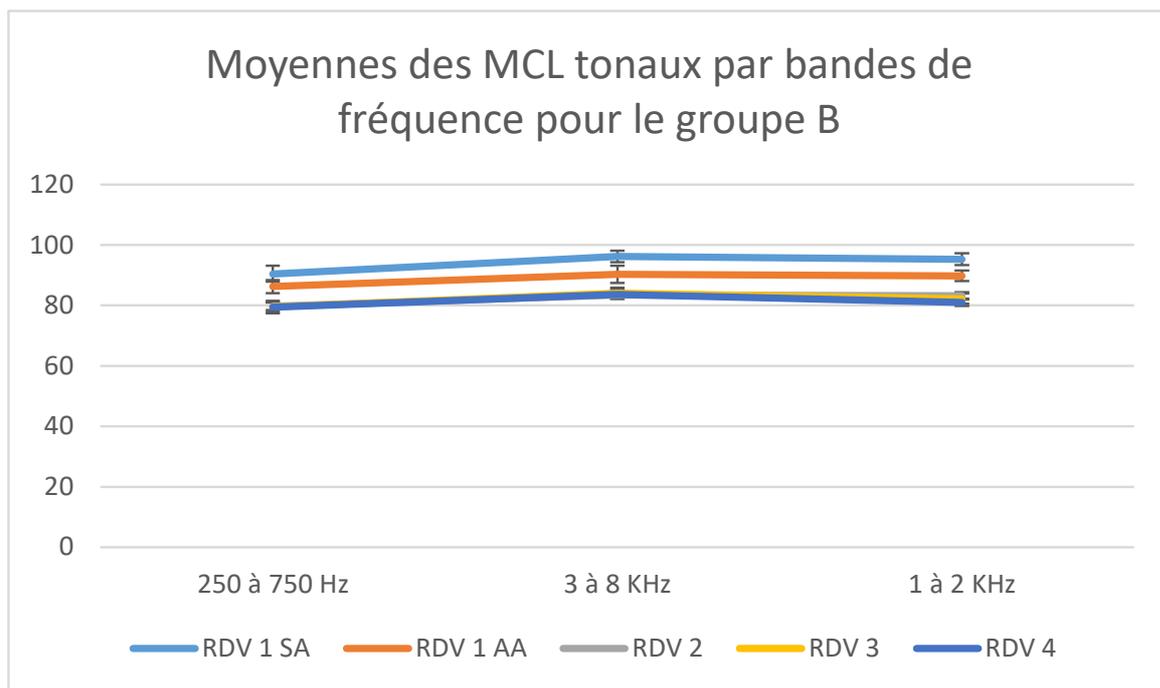


Figure 24 : Moyennes des MCL tonaux par bandes de fréquence pour le groupe B. Les barres d'erreurs représentent l'erreur standard.

L'analyse du graphique fait ressortir une différence significative durant la période d'observation, entre le rendez-vous 1 et le rendez-vous 2, (moyennes RDV 1 AA Basse/Haute/Moyenne Fréquences = 86/90/89 avec des écart-types = 6,80/9,10/5,38 ; moyenne RDV 2 = 79/83/83 avec des écart-types = 8,75/8,71/5,51 ; $p < 0,05$, avec un risque α de 6%, $p = 0,06$ pour l'intervalle 250 à 750 Hz). Les MCL s'ajustent vers des niveaux moins forts durant la phase d'observation, qui correspond à la phase

d'adaptation des appareils. Des évolutions de réglages ont eu lieu durant cette phase d'adaptation et ont pu conduire à ce réajustement des MCL.

Pour le groupe contrôle A1 sur la période correspondante, aucune différence significative n'est relevée, $p > 0,2$.

Aucune différence significative n'est relevée durant les autres périodes pour le groupe B.

MCL vocaux

Pour se situer dans des conditions plus proches des environnements réels des patients, les MCL vocaux ont aussi été mesurés, en diffusant de plus en plus fort sur un haut-parleur la première liste de Fournier, avec une voix d'homme puis une voix de femme. Les résultats des scores moyens pour le groupe B sont présentés sur la figure 25.

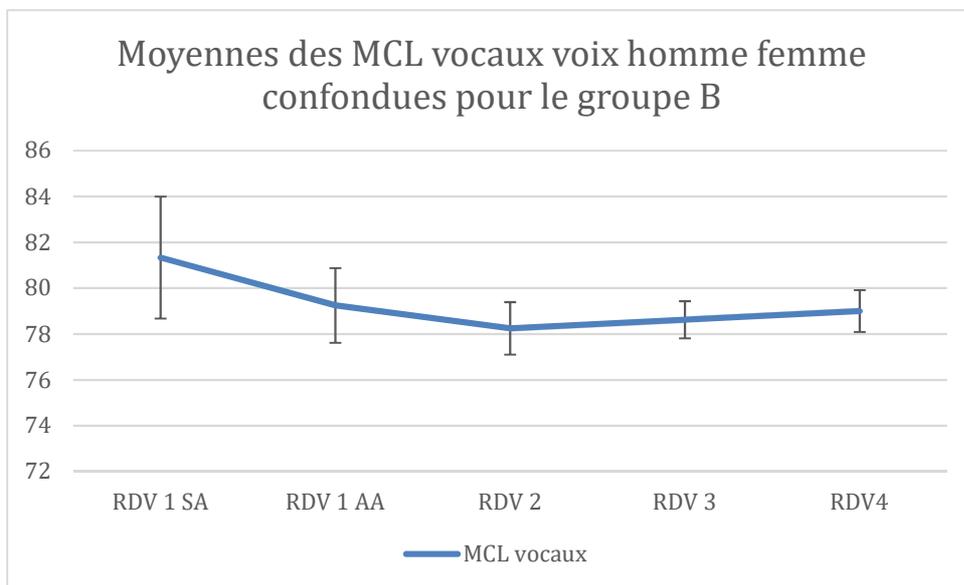


Figure 25 : Moyennes des MCL vocaux pour le groupe B. Les barres d'erreurs représentent l'erreur type.

Les tests statistiques ne font ressortir aucune évolution significative, $p > 0,4$ malgré une baisse visuelle des MCL vocaux à l'appareillage. L'adaptation des appareils

auditifs, la période d'observation et le stéréo-équilibrage n'ont pas eu d'impact significatif sur les mesures des MCL vocaux.

Dans le groupe contrôle A, cette absence de significativité est retrouvée, avec $p > 0,2$ à tous les tests.

Le fait que le spectre à long terme de la parole soit multi fréquentiel et qu'il ait une dynamique de 30 dB fait que les réponses sont peut-être plus approximatives que pour le test des MCL en tonal.

5.1.7 SSQ et 3 sous items

L'analyse des questionnaires SSQ permet d'observer l'effet éventuel de l'acclimatation, du stéréo-équilibrage et de l'ajustement des seuils supraliminaire sur les différents items : « audition de la parole », « audition spatiale » et « qualité de l'audition ». Plus le score sur 10 est important, meilleure est la performance du patient. La figure 26 illustre l'évolution des moyennes des scores aux trois questionnaires successifs Q1, Q2 et Q3 pour le groupe B.

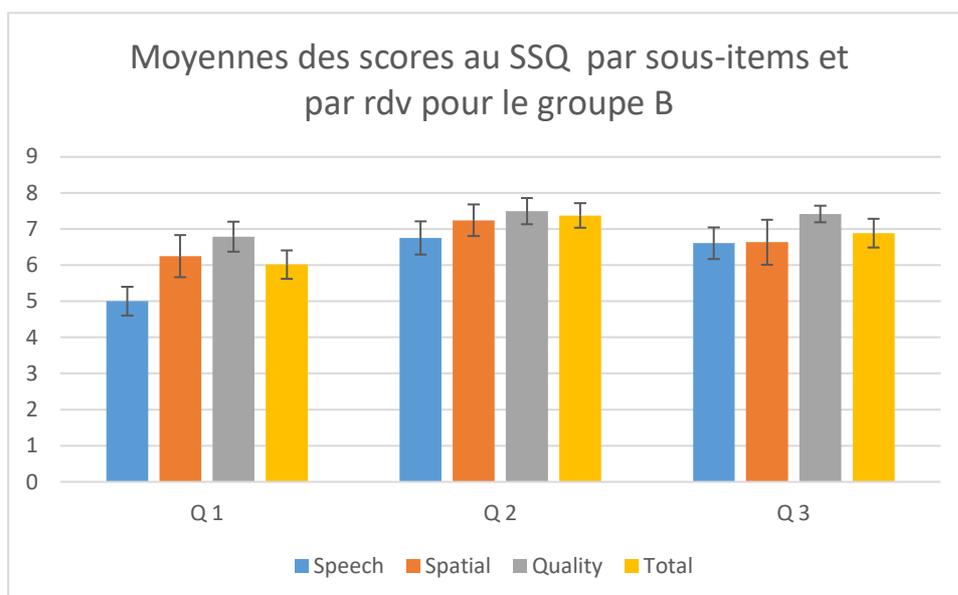


Figure 26 : Moyennes des scores au SSQ par sous-items et par questionnaire pour le groupe B. Les barres d'erreurs représentent l'erreur type.

Les tests statistiques montrent une évolution significative des scores entre le questionnaire 1 et 2 pour :

- le sous-item speech (moyenne Q1 = 4,99 ; écart-type = 1,26 ; moyenne Q2 = 6,75 ; écart-type = 1,46 ; $p = 0,014$),
- Le sous-item spatial (moyenne Q1 = 6,24 ; écart-type = 1,84 ; moyenne Q2 = 7,23 ; écart-type = 1,38 ; $p = 0,012$) et
- Le score total au questionnaire (moyenne Q1 = 6,01 ; écart-type = 1,25 ; moyenne Q2 = 7,37 ; écart-type = 1,07 ; $p = 0,023$).

Les scores s'améliorent également entre les questionnaires 1 et 3 pour le sous-item speech (moyenne Q1 = 4,99; écart-type = 1,26 ; moyenne Q3 = 6,60 ; écart-type = 1,38 ; $p = 0,026$) et pour le score total au questionnaire (moyenne Q1 = 6,01 ; écart-type = 1,25 ; moyenne Q3 = 6,88 ; écart-type = 1,26 ; $p = 0,039$).

Il n'y a pas d'évolution significative entre les scores aux questionnaires 2 et 3, quelque soient les items.

Aucun changement statistiquement significatif n'est relevé sur le groupe contrôle A2 sur l'ensemble des périodes.

Les patients nouvellement appareillés tirent plus de bénéfices que le groupe contrôle en matière d'audition de la parole, et globalement pour l'ensemble des trois items du questionnaire SSQ avec leurs appareils, en comparaison à leurs réponses oreilles nues. Les patients jugent leur performance meilleure pour l'audition de la parole, pour l'audition spatiale et globalement sur l'ensemble des questions du SSQ après appareillage, en comparaison d'avant l'appareillage. 45 jours après l'appareillage, l'amélioration est toujours constatée pour l'audition de la parole et globalement sur l'ensemble du questionnaire SSQ.

5.1.8 DHI et 3 sous items

L'analyse des questionnaires DHI est faite à trois niveaux : fonctionnel (gêne dans la réalisation des tâches quotidiennes), physique (handicap à se mouvoir) et émotionnel (répercussion sur le bien-être). Plus le score est faible, moins important est l'impact du handicap sur la vie du patient.

La figure 27 ci-dessous présente l'évolution des moyennes des scores au DHI à la suite du remplissage à 3 reprises des questionnaires pour le groupe B.

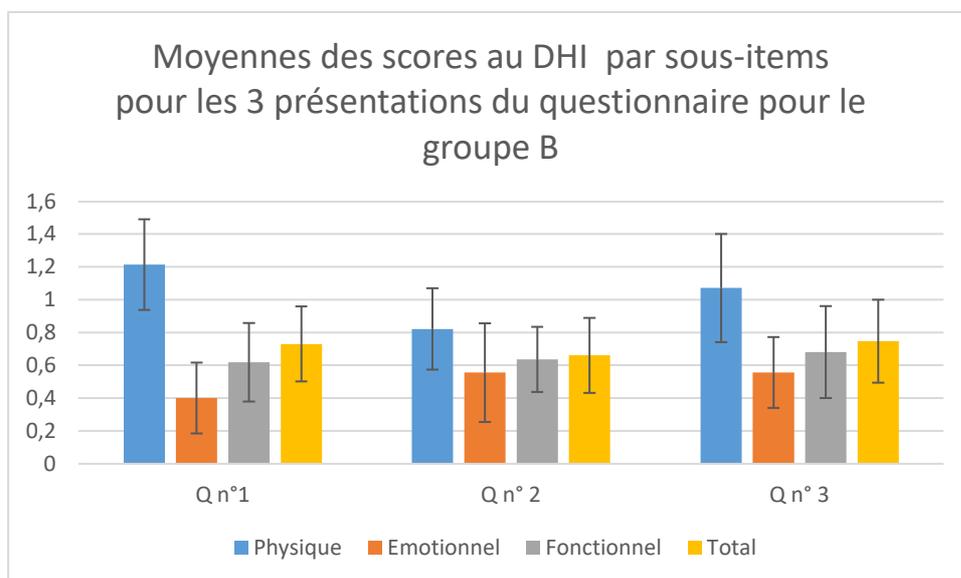


Figure 27 : Moyennes des scores au DHI par sous-items et par questionnaire pour le groupe B. Les barres d'erreurs représentent l'erreur type.

Aucun élément significatif ne ressort des tests statistiques concernant les questionnaires DHI pour le groupe B. De plus, il y a un effet plafond car les scores sont globalement très bas. Le score total possible s'étend de 0 à 100 points. Les données récoltées montrent des moyennes des scores inférieures à 1,25 points pour l'item physique (écart-types inférieurs à 1,04), inférieures à 0,7 points pour les items émotionnel et fonctionnel (écart-types inférieurs à 0,95) et inférieures à 0,8 points pour le total (écart-types inférieurs à 0,79), révélant un faible impact du handicap sur la vie

des patients. La terminologie du 'handicap' était difficilement acceptée par beaucoup de patients.

Les tests statistiques pour le groupe contrôle A2 ne font apparaître aucune différence significative entre les scores des 3 questionnaires successifs et les données montrent également un effet plafond.

5.1.9 ABC Scale avec et sans Q17

L'analyse des résultats aux questionnaires de l'ABC Scale permet d'évaluer l'impact de l'acclimatation, du stéréo-équilibre et de la prise en compte des seuils supraliminaires sur la confiance des patients lors de l'exécution d'activités sans perdre l'équilibre.

La figure 28 montre les moyennes des scores à l'ABC Scale pour le groupe B. Plus les scores sont grands, meilleure est la confiance des patients dans la situation envisagée. Les tests statistiques ne font ressortir aucune différence significative entre les scores des différents questionnaires, les moyennes sont comprises entre 7,75 points et 8 points, les écart-types sont compris entre 0,89 et 1,67, $p > 0,5$.

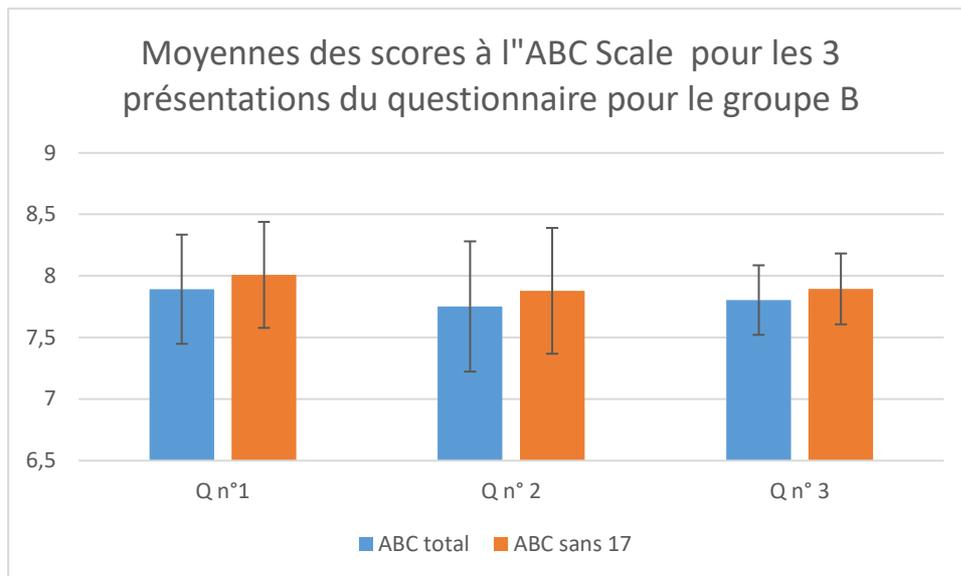


Figure 28 : Moyennes des scores de l'ABC Scale pour chacun des 3 questionnaires remplis durant l'étude pour le groupe B

De la même manière, aucune différence significative ne ressort des tests statistiques pour le groupe contrôle A2.

6 DISCUSSION

Pour rappel, les hypothèses de départ étaient les suivantes : pour un patient nouvellement appareillé, la nouvelle stimulation engendrée par un appareillage binaural désorganise l'équilibre de sonie interaural. Dans un premier temps, le cerveau à lui seul pourrait interagir dans la phase d'adaptation en venant compenser ce déséquilibre pour rétablir un équilibre interaural. Par la suite, le stéréo-équilibre de sonie à 55-60 dB HL et à 85 dB HL en champ libre appareillé en binaural pourrait améliorer le confort, et optimiser l'intégration de l'information dans la dynamique résiduelle du malentendant. Cela pourrait avoir un impact supplémentaire positif sur l'intelligibilité de la parole, la localisation des sons, et l'équilibre postural.

L'objectif de l'étude est de mettre en évidence les changements dans le temps engendrés par l'appareillage sur l'équilibre interaural de sonie ainsi que le travail d'adaptation du cerveau dès l'instant où il y a appareillage.

6.1.1 Test retest

Les résultats du test retest du groupe A1 entre R1 et R2 ont permis d'exclure les effets d'apprentissage de la tâche qui auraient pu constituer un biais pour l'étude. Il est possible d'affirmer qu'il n'y a pas de phénomène d'amélioration des performances lié à la répétition de la tâche. Cela permet de déduire que les résultats observés sur l'ensemble des groupes ne sont pas impactés par un effet d'apprentissage malgré la répétitivité des tests.

Cependant, la petite taille de l'échantillon ne permet pas forcément d'avoir des résultats statistiques fiables. Il se pourrait que sur un plus grand échantillon, des différences émergent, auquel cas des biais pourraient être révélés.

6.1.2 Intelligibilité dans le bruit

Les résultats aux tests dichotique et dichotique inversé mettent en évidence une amélioration des performances des patients à l'appareillage. Dès l'instant où le patient est appareillé, ses performances d'intelligibilité s'accroissent.

Le groupe B nouvellement appareillé présente une amélioration significative de l'intelligibilité dans le bruit au moment de l'appareillage pour le test dichotique inversé (comparaison avant et après appareillage lors du 1^{er} rendez-vous, entre R1 SA et R1 AA). L'augmentation moyenne est de 10 phonèmes correctement répétés en plus après appareillage (43,5 phonèmes justes en moyenne contre 32,78 avant

appareillage, $p = 0,018$) ce qui représente environ 3 mots justes répétés sur 17 en plus.

En considérant le score global aux tests dichotique et dichotique inversé, le nombre de phonèmes répétés correctement s'accroît de 13, soit environ 4 mots justes répétés sur 17 en plus (84,85 phonèmes justes en moyenne contre 71,21 avant appareillage, $p = 0,024$)

L'apport des appareils auditifs améliore significativement et immédiatement le score global d'intelligibilité dans le bruit du groupe B.

Ainsi, l'amplification apportée par l'appareillage a un impact significatif immédiat sur la compréhension en milieu bruyant, sans qu'un délai d'adaptation soit nécessaire.

Le cerveau sait s'adapter instantanément à un changement d'environnement sonore (amplification, traitements du signal) et les bénéfices sur l'intelligibilité se font ressentir dans l'instant. En plus de l'effet d'acclimatation dans le temps mentionné dans la littérature, le cerveau est capable de s'adapter immédiatement à un nouvel environnement sonore.

En revanche, sur la durée, aucun changement significatif n'a été détecté, ni sur la période d'observation de 21 jours après appareillage, ni après stéréo-équilibrage. Un échantillon plus grand et une durée d'observation plus longue auraient pu être révélateurs d'une amélioration de l'intelligibilité dans le bruit, comme cela a pu être montré, après stéréo-équilibrage dans la littérature.

Le questionnaire SSQ explore également la compréhension dans le bruit dans le sous-item « perception de la parole ». Comme pour le test précédent, les scores s'améliorent significativement dans les 30 jours suivant l'appareillage (score moyen de 6,75 points versus 4,99 points oreilles nues, $p = 0,014$). L'ajout des appareils améliore

la performance de compréhension dans le bruit, alors que les résultats pour le groupe contrôle ne présentent pas de changements significatifs.

L'analyse des questionnaires SSQ confirme que les patients nouvellement appareillés tirent plus de bénéfices que le groupe contrôle en matière d'audition de la parole dans les environnements sonores complexes. Les patients jugent leur performance meilleure pour l'audition de la parole, après appareillage, en comparaison d'avant appareillage.

6.1.3 Equilibre de sonie interaural

Il a été mis en évidence une perturbation significative des moyennes des scores d'équilibre de sonie à l'appareillage (moyenne sans appareil = 1,19 avec un écart-type = 1,24 ; moyenne avec appareil = 1,60 avec un écart-type = 1,49 ; $p = 0,042$). La mise en place des appareils a donc pour effet immédiat de déséquilibrer la sonie entre les oreilles. Le changement de référentiel sonore vient perturber l'équilibre de sonie interaural.

Par la suite, pendant la période d'observation qui succède à l'appareillage, un nouvel équilibre de sonie s'instaure spontanément. Une amélioration de l'équilibre de sonie est observée sur la moyenne des fréquences aiguës de 3 à 8 KHz (1,5 point sur l'échelle visuelle analogique ; moyenne à l'appareillage = 2,33 avec un écart-type = 2,09 ; moyenne après 21 jours = 0,83 avec un écart-type = 0,58 ; $p = 0,025$) ainsi que sur la moyenne pour la totalité des fréquences, (1,02 point sur l'échelle visuelle analogique; moyenne à l'appareillage = 1,60 avec un écart-type = 1,49; moyenne après 21 jours = 0,58 avec un écart-type = 0,78 ; $p < 0,01$).

Les scores aux questionnaires SSQ pour le sous-item spatial confirment une meilleure performance des patients nouvellement appareillés pour la localisation spatiale des sons (1 point d'amélioration, le score moyen passe de 6,24 points, écart-type = 1,84 à 7,23 points, écart-type = 1,38 ; $p = 0,012$).

Il y a bien un réajustement de l'équilibre de sonie durant la période de 21 jours qui suit l'appareillage chez les patients nouvellement appareillés. Aucun changement de réglage n'a lieu durant cette période, le phénomène apparaît donc sans interaction avec des changements de réglage sur les appareils auditifs.

Cette amélioration significative de l'équilibre de sonie interaural est le signe d'un phénomène d'acclimatation par le cerveau. Avec le temps, le cerveau s'adapte au nouveau référentiel sonore et ajuste la perception interaurale de sonie.

Cependant, aucune amélioration de la compréhension dans le bruit sur cette même période ne vient corroborer cela (voir chapitre précédent).

6.1.4 MCL

Il a été mis en évidence un ajustement des MCL lors de la période d'observation après appareillage. Les MCL se réduisent durant les 21 jours succédant l'appareillage de 6 dB HL environ (moyenne des MCL à l'appareillage de 88,33 dB HL et moyenne 21 jours après de 81,66 dB HL ; $p < 0,05$). Il se peut que ce réajustement des MCL tonaux s'opère avec les réglages d'adaptation durant les 21 jours d'essai des appareils et non par le seul fait de laisser du temps s'écouler entre les deux mesures.

Pourquoi il y aurait une telle évolution à la baisse des MCL ? Dans la littérature, il a été observé qu'une plus grande exposition au bruit permet une meilleure tolérance aux sons forts, donc des MCL qui augmenteraient. Il se peut que les patients, au fil des

tests, aient été lassés de l'exposition aux sons forts et de la répétitivité des tests et auraient répondu plus vite au fil du temps.

6.1.5 Limites de l'étude

Les résultats de cette étude gagneraient à être précisés et complétés en reprenant l'expérimentation sur un échantillon de patients plus important. Le déroulement de l'étude dans le temps imparti dans le cadre du stage n'a pas permis de recruter suffisamment de patients pour le groupe B. Les résultats peuvent en avoir été faussés. Une distinction par type de surdité, symétrie que ou asymétrique permettrait d'enrichir les résultats de nouvelles comparaisons. Le rythme des rendez-vous entre le groupe contrôle et le groupe testé gagnerait à être harmonisé pour plus de précision. Les tests des MCL devraient être isolés de la période d'adaptation et pour cela, il faudrait ajouter à la période d'adaptation, une période d'observation durant laquelle aucun réglage ne serait effectué.

Les tests en eux-mêmes présentent des limites. Il y a une variabilité inter individuelle à répondre de manière précise au test de latéralité. En effet, certaines personnes donnent des réponses très précises, pour d'autres, les réponses sont relativement fluctuantes. De même, l'évaluation des MCL peut être variable d'un individu à l'autre et d'un moment à l'autre pour un même individu. La compréhension de la consigne, aussi claire soit elle, peut également être sujette à interprétation.

De plus, les modifications de réglages pouvaient être limitées par le larsen ou par une nécessité pour le régleur de ne pas trop baisser l'intensité.

7 CONCLUSION

Le but de l'étude est d'observer l'évolution du déséquilibre ou de l'équilibre de sonie, à la suite de la stimulation par les appareils auditifs, pendant la phase d'adaptation du patient nouvellement appareillé.

L'étude a révélé une évolution spontanée de l'équilibre de sonie durant la phase d'adaptation. Il y a donc une modulation de la sensibilité auditive en fonction du nouvel environnement sonore apporté par les appareils auditifs.

D'après la littérature, ces phénomènes sont liés à un effet d'acclimatation par un réajustement du gain central par le cerveau et les résultats de l'acclimatation dépendent d'un facteur temps. Ainsi, il est préférable de laisser le temps au cerveau d'opérer des réajustements en fonction des nouvelles sollicitations sonores, avant d'intervenir sur l'équilibre de sonie par un stéréo-équilibre à des intensités liminaires et supraliminaires.

Or certains audioprothésistes procèdent au stéréo-équilibre immédiatement, dès l'adaptation des appareils sur les oreilles du patient. La réforme du 100 % santé a institué la période d'essai d'un mois de l'appareillage, justement pour que le patient s'habitue aux appareils auditifs. C'est pourquoi il serait acceptable de dire qu'une phase d'acclimatation du cerveau devrait être respectée et que le stéréo-équilibre devrait être reporté en fin de phase d'essai des appareils auditifs. Stéréo-équilibrer les appareils reste indispensable dans la pratique de l'audioprothésiste, mais il n'est pas nécessaire de le faire immédiatement car le cerveau effectue un équilibre de sonie interaural durant la période qui suit l'appareillage.

Les bénéfices indirects de l'étude ont été une sensibilisation des patients à leur équilibre de sonie interaural, à leur équilibre postural, à la localisation des sons et à

leur capacité à comprendre dans le bruit, autant de bénéfices qu'il est bon d'expliquer aux patients dans l'exercice du métier d'audioprothésiste.

8 BIBLIOGRAPHIE

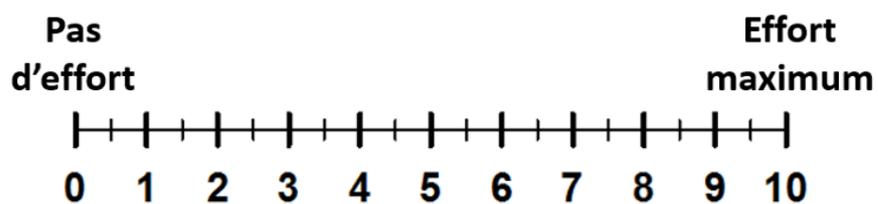
1. Dawes P, Munro KJ. Auditory Distraction and Acclimatization to Hearing Aids. *Ear Hear.* mars 2017;38(2):174-83.
2. Prévention M de la S et de la, Prévention M de la S et de la. Ministère de la Santé et de la Prévention. 2024 [cité 30 janv 2024]. La réforme « 100% Santé » audiologie. Disponible sur: <https://sante.gouv.fr/systeme-de-sante/100pourcent-sante/espace-professionnels/les-nouvelles-mesures-audiologie/article/la-reforme-100-sante-audiologie>
3. Simon É, Perrot X, Mertens P. Anatomie fonctionnelle du nerf cochléaire et du système auditif central. *Neurochirurgie.* 1 avr 2009;55(2):120-6.
4. Gallego S, Plasticité, cours de 2^{ème} année à l'ISTR de Lyon, année 2022 2023
5. Arlinger S, Gatehouse S, Bentler RA, Byrne D, Cox RM, Dirks DD, et al. Report of the Eriksholm Workshop on Auditory Deprivation and Acclimatization. *Ear Hear.* juin 1996;17(3):87S.
6. Hurley RM. Onset of auditory deprivation. *J Am Acad Audiol.* 1999;10(10):529-34.
7. Silman S, Silverman CA, Emmer MB, Gelfand SA. Adult-onset auditory deprivation. *J Am Acad Audiol.* nov 1992;3(6):390-6.
8. Formby C, Sherlock LP, Gold SL. Adaptive plasticity of loudness induced by chronic attenuation and enhancement of the acoustic background (L). *J Acoust Soc Am.* 3 juill 2003;114(1):55-8.
9. Gatehouse S. The time course and magnitude of perceptual acclimatization to frequency responses: Evidence from monaural fitting of hearing aids. *J Acoust Soc Am.* 1 janv 1992;92(3):1258-68.
10. Wright D, Gagné JP. Acclimatization to Hearing Aids by Older Adults. *Ear Hear.* 31 janv 2021;42(1):193-205.
11. Thai-Van H, Veillet E, Norena A, Guiraud J, Collet L. Plasticity of tonotopic maps in humans: influence of hearing loss, hearing aids and cochlear implants. *Acta Otolaryngol (Stockh).* 1 mars 2010;130(3):333-7.
12. Avillac M. Anatomie et physiologie de l'audition, cours de 1^{ère} année à l'ISTR de Lyon, 2021 2022.

13. Auerbach BD, Rodrigues PV, Salvi RJ. Central gain control in tinnitus and hyperacusis. *Front Neurol.* 2014;5:206.
14. Audiologie Actualités du monde [Internet]. [cité 22 nov 2023]. Disponible sur: <https://www.audiology-worldnews.com/research/4466-the-binaural-broadband-loudness-summation-why-does-the-pure-tone-audiogram-explain-only-30-of-a-hearing-loss>
15. Gaveau V., travaux dirigés sur l'audition, cours de 1^{ère} année à l'ISTR de Lyon année 2021 2022.
16. Decroix, G., & Dehaussy, J. (1966). Restauration de l'audition binaurale par appareillages stéréophoniques. *Acta Oto-Rhino Laryng. Belgica*, t.20.
17. Avan P, Giraudet F, Büki B. Importance of Binaural Hearing. *Audiol Neurotol.* 1 mai 2015;20(Suppl. 1):3-6.
18. Fletcher H, Munson W a. Loudness, Its Definition, Measurement and Calculation. *Bell Syst Tech J.* 1 janv 1933;12(4):377-430.
19. Feddersen WE, Sandel TT, Teas DC, Jeffress LA. Measurements of Interaural Time- and Intensity-Differences. *J Acoust Soc Am.* sept 1955;27(5):1008-1008.
20. Hirsh IJ. The Influence of Interaural Phase on Interaural Summation and Inhibition. *J Acoust Soc Am.* juill 1948;20(4):536-44.
21. Lin FR, Ferrucci L. Hearing loss and falls among older adults in the United States. *Arch Intern Med.* 27 févr 2012;172(4):369-71.
22. Rumalla K, Karim AM, Hullar TE. The effect of hearing aids on postural stability. *The Laryngoscope.* mars 2015;125(3):720-3.
23. Chadha S, Kamenov K, Cieza A. The world report on hearing, 2021. *Bull World Health Organ.* 1 avr 2021;99(4):242-242A.
24. Bräcker T, Opie J, Nopp P, Anderson I. Introducing real-life listening features into the clinical test environment: Part I: Measuring the hearing performance and evaluating the listening effort of individuals with normal hearing. *Cochlear Implants Int.* mai 2019;20(3):138-46.
25. Gatehouse S, Noble W. The Speech, Spatial and Qualities of Hearing Scale (SSQ). *Int J Audiol.* févr 2004;43(2):85-99.
26. Lin FR, Metter EJ, O'Brien RJ, Resnick SM, Zonderman AB, Ferrucci L. Hearing loss and incident dementia. *Arch Neurol.* févr 2011;68(2):214-20.
27. Malcoiffe L. Evaluation d'un test de stéréo-équilibre sur les pertes asymétriques. 2023.
28. Seldran F, Stéréo-équilibre, intervention aux EPU 2023 de Lyon.

9.3 Annexe 3

Echelle visuelle analogique pour la mesure de l'effort d'écoute

Quel est l'effort que vous avez du fournir pour mener à bien cette tâche ?



9.4 Annexe 4

Chronologie des tests

	Groupe A1			Groupe A2			Groupe B			
	J0	J15	J30	J0	J15	J30	J0	J15	J30	J45
Remise questionnaires SSQ long, DHI, ABC Equilibre							x		x	X
Remise questionnaires SSQ 15, DHI, ABC Equilibre	x	x	x	x	x	x				
Seuils liminaires au casque	x			x			x			
Mesures MCL au casque	x			x			X			
Mesures des seuils prothétiques oreilles séparées	x	x	x	x	x	x		x	x	X
Mesure du seuil prothétique bilatéral	x	x	x	x	x	x		x	x	X
Mesure en champ libre des MCL en tonale oreilles nues de manière bilatérale							x			
Mesure en champ libre des MCL oreilles appareillées en tonale de manière bilatérale	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x
Mesure en champ libre des MCL en vocale oreilles nues de manière bilatérale							x			
Mesure en champ libre des MCL en vocale oreilles appareillées de manière bilatérale	x	x	x	x	x	x	x	x	x	X
Test de latéralité oreilles nues							x			
Test de latéralité oreilles appareillées	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x

	Groupe A1			Groupe A2			Groupe B			
	J0	J15	J30	J0	J15	J30	J0	J15	J30	J45
Mesure d'intelligibilité dans le bruit et effort d'écoute oreilles nues							x			
Mesure d'intelligibilité dans le bruit et effort d'écoute oreilles appareillées	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x
Modification des réglages		x		x				x	(x)*	
Retest latéralité		x		x				x	(x)*	
Retest MCL en tonale		x		x				x	(x)*	

(x)* : si nécessaire

9.5 Annexe 5

Récapitulatif des tests statistiques pour le Test retest

Paired Samples T-Test	Colonne1	Colonne2	Colonne3	Colonne4	Colonne5	Colonne6
Measure 1	Measure 2	Test	Statistic	z	df	p
R1MCLAAtot	R2MCLAAtot	Student	0.484		12	0.637
		Wilcoxon	58.000	0.874		0.414
R1WEBtot	R2WEBtot	Student	0.576		12	0.576
		Wilcoxon	44.500	0.431		0.695
R1Somme D - Di	R2 Somme D - Di	Student	-0.254		12	0.804
		Wilcoxon	41.500	-0.280		0.807
R1 Delta D - Di	R2 Delta D - Di	Student	-0.885		12	0.393
		Wilcoxon	22.000	-0.978		0.350
R1ABCtot	R2ABCtot	Student	0.725		11	0.483
		Wilcoxon	44.000	0.392		0.733
R1SSQspeech	R2SSQspeech	Student	-0.646		11	0.531
		Wilcoxon	18.000	-0.533		0.634
R1SSQspatial	R2SSQspatial	Student	1.089		11	0.299
		Wilcoxon	39.000	1.172		0.262
R1SSQQualities	R2SSQQualities	Student	1.292		11	0.223
		Wilcoxon	15.500	1.048		0.344
R1SSQtot	R2SSQtot	Student	0.917		11	0.379
		Wilcoxon	44.000	0.978		0.350
R1DHIPhysique	R2DHIPhysique	Student	-0.771		11	0.457
		Wilcoxon	4.000	-0.944		0.418
R1DHIEmotionnel	R2DHIEmotionnel	Student	0.456		11	0.658
		Wilcoxon	7.000	0.730		0.584
R1DHIFonctionnel	R2DHIFonctionnel	Student	-0.857		11	0.410
		Wilcoxon	4.000	-0.365		0.855
R1DHItot	R2DHItot	Student	-0.594		11	0.564
		Wilcoxon	7.000	-0.734		0.529