

Université de Rennes 1
Faculté de médecine
Ecole d'audioprothèse J.E. Bertin

Evolution de la reconnaissance phonémique en milieu bruyant lors d'un premier appareillage

Mémoire soutenu par Magali BUREL en vue de
l'obtention du diplôme d'Etat d'Audioprothésiste

Maître de mémoire : Robin PICARD

Année 2012

Remerciements

A mon maître de stage, Monsieur Picard, qui m'a guidée et épaulée tout au long de mon travail et qui a su me transmettre son savoir faire dans la pratique rigoureuse de mon futur métier.

Aux assistantes, Mesdames Lhomme, Vachon et Boutillier dont je suis très reconnaissante de m'avoir accueillie aussi chaleureusement, et de m'avoir intégré rapidement au sein de leur équipe.

Aux audioprothésistes, Madame Patrux et Madame Clatz pour leur aide incontestable, sans lequel le nombre de patients pour mes tests aurait été insuffisant. Mais aussi pour leur gentillesse à mon égard.

A l'ensemble des patients qui ont bien voulu participer à l'étude.

A l'ensemble des enseignants et intervenants de l'école qui ont su nous transmettre et nous faire découvrir un métier passionnant.

A ma famille pour m'avoir soutenue le long de ces trois années d'études, et de m'avoir donnée les moyens d'exercer ce métier.

Table des matières

Partie théorique

<i>Introduction</i>	8
<i>I. Traitement de la parole en milieu bruyant</i>	9
1) Données temporelles.....	9
a) Enveloppe temporelle et structure fine	9
b) Rôle de l'enveloppe temporelle et de la structure fine	9
2) Pertes auditives engendrant des difficultés de compréhension en milieu bruyant.....	10
a) Perte de sélectivité fréquentielle	10
b) Démasquage de la parole	11
c) Dégradation de la résolution temporelle et perte de la perception des informations de structures temporelles fines en lien avec le démasquage.....	12
3) Les limites du numérique dans la compréhension en milieu bruyant.....	13
<i>II. La plasticité cérébrale</i>	15
1) Définition et généralité.....	15
2) Une plasticité très rapide à se mettre en place	17
3) Plasticité liée à la perte auditive	17
a) Cas de surdité abrupte : conséquence de la plasticité sur la discrimination fréquentielle.....	18

4) Plasticité liée à la réhabilitation auditive	19
a) Conséquence de la plasticité sur l'intelligibilité :	20
b) Inversion des performances de discrimination fréquentielles chez des sujets malentendants réhabilités auditivement pour des pertes en pente de ski	20
c) Incidence sur la dynamique auditive	21
d) Effet sur la latence de l'Onde V	22
<i>I. Protocole expérimental</i>	24
1) But de l'étude	24
2) Réalisation de l'étude	25
a) L'audiométrie Vocale en milieu bruyant	25
b) Description du matériel	27
c) Population d'étude : critères d'inclusions/ d'exclusions	28
3) Réalisation des tests	29
a) Otoscopie	29
b) Intervalles de réalisation des tests	29
<i>II. RESULTATS ET ANALYSES STATISTIQUES</i>	31
1) Statistiques descriptives des tests des patients	31
a) Résultats des patients à deux semaines d'appareillage	31
b) Résultats des patients au premier mois d'appareillage	32
c) Résultats des patients au troisième mois d'appareillage	33
d) Résultats des patients au sixième mois d'appareillage	35
e) Evolution de la compréhension au cours du temps avec un appareillage stéréophonique	35
2) Etude analytique : Comparaison des résultats en fonction du temps	39
a) Comparaison entre deux semaines et un mois avec appareillage	40
b) Comparaisons entre le premier et le troisième mois avec appareillage	41
c) Comparaison entre deux semaines et trois mois avec appareillage	42

3) Les effets du temps sur le différentiel des rapports signal/ bruits pour les patients avec appareillage	43
a) Réalisation des calculs	43
b) Entre deux semaines et un mois d'appareillage	44
c) Entre un mois et trois mois d'appareillage	46
5) Effet de l'âge	48
a) Comparaison de l'évolution entre deux semaines et un mois	48
b) Comparaison entre un mois et trois mois	53
6) Comparaison des pourcentages d'erreurs selon le sexe	56
7) Corrélation entre le pourcentage d'amélioration de reconnaissance phonémique et la perte moyenne des patients	57
a) Etude descriptive des pertes moyennes pour chaque période de test	58
b) Réalisation des calculs	58
c) Résultats de l'analyse de corrélation	59
III. DISCUSSION	63
1) Comparaison des résultats en fonction du temps	63
2) Les effets du temps sur le différentiel des rapports signal/bruits pour les patients avec appareillage	64
3) Effet de l'âge	64
4) Corrélation entre le pourcentage d'amélioration de reconnaissance phonémique et la perte moyenne des patients	66
Conclusion	67
Bibliographie	69

Etude théorique

Introduction

Deux tiers des adultes de plus de 50 ans estiment ne pas entendre correctement et 45% doivent souvent faire répéter. Liée au vieillissement, la presbyacousie affecte différemment les individus. Elle touche davantage les hommes que les femmes, pour des fréquences supérieures à 2000 Hz. Sa définition : une perte bilatérale symétrique et progressive de l'audition, surtout sur les fréquences élevées, accompagnée d'une perte d'intelligibilité et de la discrimination temporelle. Le premier signe est la perte d'intelligibilité dans le bruit. D'ailleurs ce sera l'une des premières attentes du patient : améliorer sa compréhension en milieu bruyant. C'est pourquoi nous nous sommes demandés au bout de combien de temps d'appareillage, trouve-t-on de réelles améliorations des performances du patient en milieu bruyant lors d'un premier équipement? Alors que l'intelligibilité en milieu calme marque une très grosse différence rapidement avec et sans les appareils, la compréhension en milieu bruyant demande plus de temps pour présenter une bien nette amélioration. En effet l'oreille saine est capable de prouesse pour démasquer la parole en milieu bruyant, pour sélectionner un signal plutôt qu'un autre, l'oreille atteinte d'une déficience sensorielle est démunie de toutes ces cartes pour sélectionner un signal plutôt qu'un autre et l'appareillage auditif, malgré les progrès technologiques réalisés à ce jour, présente ses limites pour améliorer le rapport signal sur bruit. Combien de temps faut-il au système auditif pour remettre en place des systèmes neuronaux qui permet d'améliorer la compréhension en présence de bruit ? Beaucoup d'études étudient la plasticité cérébrale liée à la perte auditive et à la réhabilitation auditive, mais très peu évoquent cette amélioration de compréhension en milieu bruyant alors qu'il est le principal souhait du malentendant.

I. Traitement de la parole en milieu bruyant

1) Données temporelles

La parole contient des indices spectraux (défini comme la courbe qui enveloppe le signal sur sa représentation fréquentielle sur un axe fréquence/intensité) et des indices temporels (défini comme la courbe des plus faibles variations qui enveloppe le signal sur sa représentation temporelle sur un axe temps/intensité) redondants et complémentaires. En effet l'information temporelle est tout aussi importante que l'information fréquentielle, c'est ce qui permet de différencier certains phonèmes, notamment grâce au VOT (Voice Onset Time) ou tout simplement l'intensité du phonème. A exemple de « FA » et de « CHA » qui ont la même information fréquentielle, ce sont les variations d'amplitude de chaque fréquence qui sont analysées. Le phonème « ch » étant plus intense que « f », une perte auditive sélective dans l'aigu sera source de confusion sur le plan temporel, et cela indépendamment de la perte fréquentielle (1).

a) Enveloppe temporelle et structure fine

Aujourd'hui il est communément admis que la structure temporelle de la parole est composée de deux types de modulations : l'enveloppe temporelle avec des modulations d'amplitude (<50 Hz) qui correspondent au débit syllabique (3-4Hz) ; la structure fine avec des modulations d'amplitude rapide de l'intensité du signal (entre 500 et 5000 Hz), qui sont les porteuses des variations lentes. La structure temporelle fine correspond aux informations temporelles proprement dites dans le nerf auditif. La capacité à détecter les modifications de l'enveloppe temporelle d'un son s'appelle l'acuité auditive ou la résolution temporelle auditive. De nombreux tests ont tenté de mesurer cette faculté notamment la TMTF (perception de la modulation d'amplitude).

b) Rôle de l'enveloppe temporelle et de la structure fine

Plusieurs méthodes sont utilisées pour analyser la pertinence des différents éléments temporels du signal de la parole à savoir l'enveloppe temporelle et la structure fine. L'une des plus courantes consiste à mesurer les performances de reconnaissance des signaux de parole dont on a dégradé au préalable la structure

fréquentielle pour ne conserver que la structure temporelle ou bien la structure temporelle pour ne conserver que la structure fréquentielle. Avec ces méthodes, il a été montré que ces fluctuations lentes et rapides jouent un rôle capital dans l'intelligibilité. En effet, l'enveloppe temporelle même dégradée semble suffisante pour une excellente intelligibilité (Shannon et al. 1995 ; Smith et al. 2002) et semble importante pour identifier un signal de parole dans le silence, alors que la structure temporelle fine joue un rôle primordial dans le bruit (Nelson et al. 2003 ; Qin et Oxenham, 2003 ; Hopkins et al. 2008) (2).

Certaines études ont fait appel à un autre type de matériel linguistique : les chimères. Ces signaux de paroles sont ainsi nommés puisqu'ils ont la particularité de comporter l'enveloppe temporelle d'une phrase et la structure fine d'une autre. On observe alors des différences très significatives suivant la langue maternelle du sujet testé. Dans le cas de langue à structure syllabique, l'expérience relève une utilisation prépondérante des informations d'enveloppe par le sujet normo-entendant testé dans le silence. En revanche, la structure fine est privilégiée pour comprendre dans le silence dans les langues à tons (comme le mandarin) (3).

2) Pertes auditives engendrant des difficultés de compréhension en milieu bruyant

a) Perte de sélectivité fréquentielle

La perte sensorielle cochléaire se manifeste également par un déficit de la sélectivité fréquentielle (Pick et al. 1977 ; Florentine et al. 1980 ; Patterson et al. 1982 ; Glasberg et Moore, 1996). Ce déficit correspond à un élargissement des filtres auditifs. Néanmoins la variabilité entre les sujets étant importante, aucune relation simple n'apparaît entre élévation du seuil absolu de l'audition et perte de sélectivité fréquentielle. On note toutefois que les filtres ont tendance à s'élargir pour des seuils absolus supérieurs à 30 dB HL. Les conséquences perceptives directes de cette perte de sélectivité fréquentielles sont :

- La diminution de l'indépendance des cellules ciliées de la cochlée
- Un effet de lissage des indices de places d'excitations dans la cochlée, susceptibles d'exacerber les effets de masquage de la parole produits par les bruits ou par tout

signal de parole concurrent. Ces effets sont donc susceptibles de dégrader la plupart des mécanismes contribuant au démasquage (Gaudrain, 2008). Cette perte de sélectivité fréquentielle ne peut à ce jour être compensée par un appareil auditif.

b) **Démasquage de la parole**

Définition : le démasquage de la parole correspond à une amélioration de l'intelligibilité de la parole en présence de bruit masquant modulé temporellement en amplitude par rapport au cas où le bruit est stationnaire.

Pour des personnes ne souffrant pas de pertes auditives il est facile de tirer l'information de la parole du « brouhaha » ambiant alors que ce phénomène dit de « démasquage de la parole » diminue voir disparaît chez les personnes souffrant d'une perte auditive même légère conduisant à l'isolement complet de la personne dans des situations quotidiennes (repas familiaux, restaurant). En effet, un auditeur normo-entendant semble pouvoir tirer profit des fluctuations temporelles ou spectrales d'un signal masquant, notamment des minima d'énergie. Alors qu'un bruit stationnaire produit le même effet de masquage pendant toute sa durée, un bruit modulé en amplitude, est quant à lui caractérisé par une alternance de moment où le niveau sonore est élevé (les « pics » du masque) et le moment où le niveau est le plus faible (les « creux » ou « vallées » du masque). De nombreuses études ont démontré que les sujets sont capables de puiser assez d'informations discriminatives d'un signal vocal au moment des « creux » (où le rapport signal sur bruit est suffisamment élevé), afin de pouvoir compenser l'information masquée durant les « pics » (où le rapport signal sur bruit est trop bas) (Fullgrabe, Berthommier et Lorenzi 2004)(4).

Les dispositifs de réhabilitation auditive actuels semblent restituer une bonne intelligibilité dans le silence. Cependant les personnes appareillées sont d'une façon générale en très grande difficulté dans le bruit et ne présentent pas plus de capacité de démasquage qu'avant l'appareillage, bien que Georges et al. en 2006 suggèrent l'existence d'un lien clair entre audibilité et démasquage. A cela peut s'ajouter le phénomène de « groupement auditif » impliquant l'analyse des scènes auditives jouant un rôle dans le phénomène de démasquage de la parole (Bregman, 1990). En effet la ségrégation auditive du signal de parole cible et du masque de flux auditifs devrait être facilitée par l'introduction de disparités d'enveloppe temporelle entre le

signal et le bruit conduisant à une augmentation de l'intelligibilité dans le bruit. Alors que le groupement de flux permettra à l'auditeur de fusionner en un seul flux auditif un ensemble de phonème prononcé par un même locuteur. Le masque et la parole bénéficient ainsi d'un traitement différent.

Les mécanismes attentionnels influent sur ces analyses : l'attention que porte l'auditeur sur un indice est un élément important pour ces performances de ségrégations. Les processus de fusions semblent résulter de mécanismes automatiques (2) (5).

c) Dégradation de la résolution temporelle et perte de la perception des informations de structures temporelles fines en lien avec le démasquage

Tout d'abord, la résolution ou acuité temporelle est affectée par des lésions cochléaires (Glasberg et Moore, 1992 ; Oxenham et Moore 1997). Les différentes mesures de TMTF suggèrent que la résolution temporelle (estimée par la fréquence de coupure de la TMTF) est préservée chez les sujets malentendants lorsque l'audibilité est contrôlée (Moore, 2007). Toutefois, la sensibilité aux modulations d'amplitudes les plus lentes semble parfaitement normale voire améliorée, conformément aux effets prévus de recrutement de sonie (une expansion des fluctuations d'amplitude dans la cochlée produite par la perte de compression cochléaire instantanée) et aux mesures de perception d'enveloppe (TMTF), ce qui explique que les sujets souffrants d'une perte neurosensorielle présentent une bonne intelligibilité de la parole dans le silence lorsque l'audibilité est contrôlée par amplification linéaire ou non linéaire (Desaunay et al.). En revanche Lorenzi et al. (2006) démontrent que des sujets malentendants, quelque soit leur âge, semblent peu capable de tirer profit des informations de structure temporelle fine pour identifier les signaux, alors que les sujets normo-entendants atteignent de hauts niveaux d'identification de logatomes avec l'enveloppe seule ou la structure fine seule du signal dans chacune des 16 bandes de fréquences comprises entre 80 et 8000Hz. En parallèle, de nombreuses études montrent que le phénomène de démasquage de la parole est substantiellement réduit chez les personnes atteintes de pertes auditives neurosensorielles légères, modérées ou sévères. (Duquesnoy, 1983 ; Feten et Plomp, 1990 ; Gustafsson et Arlinger. 1994 ; Eisenberg et al. 1995 ; Bacon et al. 1998 ; Dubno et al. 2002 ; Summers et Molis 2004 ; Lorenzi et al. 2006). En accord avec ces dernières études, Desaunay et al. trouvent que les patients

malentendants présentent des capacités d'encodage et d'utilisation des informations de structures fines extrêmement déficitaires et ce quel que soit l'âge du patient (6). Nous pouvons ajouter un point important sur la corrélation entre les performances résiduelles en identification de parole de structure temporelle fine des sujets malentendants jeunes et leurs scores de démasquages (Fleuriot et al). Ainsi le déficit de codage de structure fine et/ou d'utilisation de la structure fine serait responsable de ce déficit de démasquage de la parole. Ce qui explique la difficulté pour les malentendants à séparer la parole du masque en environnement bruité et par conséquent de souffrir d'une perte d'intelligibilité en milieu bruyant (2).

Les informations de structures fines sont essentiellement codées avec précision en dessous de 2000 Hz environ chez de nombreuses espèces. (Rosen, Hind, Anderson et Brugge, 1971). Or les premiers résultats à ce jour sont surprenants : non seulement l'intelligibilité de la parole sur la base de la structure fine est abolie dès un niveau de perte modérée, mais une abolition de cette capacité est également observée pour des sujets présentant des seuils auditifs normaux en basse fréquence et une perte auditive modérée-sévère en haute fréquence > 2000 Hz (Debrulle et al. 2006 ; Duquesnoy, 1983). Par ailleurs l'appareillage auditif ne semble pas pouvoir compenser ce déficit de démasquage chez ces sujets malentendants. (Gatehouse et al. 2003 (6). Néanmoins, les aides auditives permettent une amélioration des discriminations temporelles mesurée par des tests de catégorisations perceptuelles (on demande au sujet de catégoriser des phonèmes sur la base d'indice acoustique temporel) (7).

3) Les limites du numérique dans la compréhension en milieu bruyant

Une perte auditive de perception donne les plus grandes difficultés d'audition et de communication dans des milieux bruyants. Les malentendants ont donc besoin d'aides auditives qui, à la fois, rétablissent l'audibilité et procure une amélioration du rapport S/B. En d'autres termes, les aides auditives doivent amplifier sélectivement le signal que le malentendant veut entendre plus que tout autre signal présent au même instant. Les besoins individuels d'amélioration du S/B varient. En règle générale cependant, plus la perte auditive est importante et plus l'amélioration du signal au bruit doit être grande pour atteindre le même niveau d'intelligibilité que des

auditeurs normaux. Claus Brenner Larsen et al. en 1998, mènent une étude où ils comparent un appareil à programmation numérique multi-microphonique et un appareil numérique. Les sujets sont équipés d'appareillages stéréophoniques. Et les résultats sont probants : l'appareil à multi microphones présente de meilleurs résultats de façon très significative (8). Cette étude montre que le traitement numérique seul ne permet pas d'améliorer l'intelligibilité en milieu bruyant mais bien les microphones directionnels.

II. La plasticité cérébrale

1) Définition et généralité

Il est établi aujourd'hui, que les réseaux neuronaux sont doués de plasticité fonctionnelle : C'est-à-dire la capacité du système nerveux à se réorganiser en fonction des afférences neurosensorielles et ce tout au long de notre vie. En effet il a été montré chez l'animal et chez l'homme qu'une lésion auditive change l'organisation topographique du système auditif primaire (Roberston et Irvine 1989 ; Willott, 1984). D'autres études ont démontré objectivement une réorganisation le long des voies auditives. En outre, plusieurs auteurs ont mis en évidence les conséquences de la plasticité cérébrale chez l'adulte atteint d'une perte unilatérale grâce à l'imagerie médicale : Sous stimulation monaurale, le sujet normo-entendant présente une latéralisation de la réponse dans le cortex controlatéral, néanmoins pour le sujet à perte unilatérale, une activation des deux hémisphères comparable à celle trouvée lors d'une stimulation binaurale chez un normo-entendant est mise en évidence (Bilecen et al. 2000 ; Fujiki et al. 1998 ; Schefer et al. 1998).

La plasticité cérébrale est possible grâce à deux sortes de mécanismes :

- L'établissement de nouvelles connexions,
- L'altération des connexions existantes (par l'altération des structures synaptiques ou du potentiel d'action des neurotransmetteurs).

Ces mécanismes sont possibles grâce à la capacité de l'axone de modifier sa fréquence de représentation. Cette nouvelle connexion est possible lorsque la zone cible des synapses libérées peut se connecter à des branches avoisinantes. Par exemple, lorsqu'un sujet souffre d'une perte auditive, il n'y a plus d'entrée sensorielle, cette partie donc est infiltrée par des branches d'axones d'une région saine de la cochlée. Cette réorganisation induit des distorsions en faveur des fréquences intactes. L'axone est donc capable de grandir et de se développer en fonction des afférences. Il se produit la même chose lors d'un entraînement auditif, en effet l'amélioration des capacités est le résultat de nouvelles connexions synaptiques. Pour l'illustrer, nous pouvons prendre exemple d'un entraînement auditif. Par exemple, Recanzone et al. (1993) démontrent que la fréquence de discrimination entraînée modifie l'organisation topographique dans la région du

cortex auditif primaire, et ces altérations sont à corréluer avec l'amélioration de la précision perceptive. Nous avons une réelle modification de l'information véhiculée par les neurones. En effet l'apprentissage induit une modification sélective du champ récepteur¹ des aires secondaires et qui est maintenu après l'apprentissage (Bakin et Weinberfer, 1990). On parle de plasticité de long terme (9).

Cette plasticité est retrouvée dans d'autres domaines à exemple d'un entraînement de jonglage : au bout de sept jours d'apprentissage, on constate sur l'IRM un épaississement des régions spécialisés au niveau des bras et de la vision. Lorsque cet entraînement s'est arrêté, les zones précédemment épaissies ont retrouvés leur taille initiale. L'apparition de nouveaux neurones dans le cortex humain est très peu probable. On s'accorde plutôt à penser que l'épaississement du cortex auditif serait dû à la multiplication des ramifications et des synapses entre les neurones. Les épines dendritiques où se fabriquent les synapses sont capables de changer de forme en quelques heures ou jours. De la même façon, on peut affirmer qu'il n'existe pas de spécialisation définitive des aires cérébrales (10). Nous avons une réorganisation des voies auditives toute au long de la vie en fonction de leur stimulation.

Nous pouvons noter que l'appareillage auditif n'améliore pas uniquement l'audition, en effet dans une étude menée par Koenig où est testée la mémoire visuelle des patients dans une étude longitudinale. Ces derniers doivent lire des mots apparaissant sur un écran. Les résultats ont montré que les performances de mots retenus des patients après appareillage sont supérieures à celles obtenues avant la compensation du déficit auditif. L'amélioration des performances mnésiques chez le patient appareillé est ainsi validée, offrant un argument supplémentaire en faveur d'un appareillage auditif qui en plus d'une amélioration des capacités perceptives, réduit voire supprime les déficits de mémoires engendrés par la perte auditive (7).

¹ Champ récepteur d'un neurone peut se définir par la gamme de fréquences tonale qui provoquent une réponse du neurone enregistré.

2) Une plasticité très rapide à se mettre en place

Dix personnes normo-entendantes ont écouté pendant 3 heures continues de la musique où la bande passante a été coupée entre 0.7 et 1.6kHz et ce pendant 3 jours consécutifs. Une magnéto-encéphalogramme (MEG)² a été réalisé avant et après l'expérimentation. On constate que l'activité corticale pour le 1kHz a diminué significativement durant ces 3 jours, en revanche la fréquence contrôle basée sur 500 Hz présente la même activité au cours du temps. Ce qui montre que la fréquence d'accord du neurone du cortex auditif est modifiée par l'écoute de la musique filtrée. Ces 3 jours d'écoute de musiques ont suffi pour établir une réorganisation de la représentation corticale produite. Nous avons une déafférentation fonctionnel du cortex auditif (11).

3) Plasticité liée à la perte auditive

Rajan et Irvine (1998) ont défini les conditions requises pour mettre en place une réorganisation tonotopique :

- La perte auditive est due à une surdité cochléaire et non rétro cochléaire,
- La perte sensorielle doit être complète dans une région de la cochlée, de façon à ce que les neurones ne puissent plus transporter d'information (12).

Chez l'animal adulte, le cortex auditif subit des réorganisations tonotopiques suite à des lésions mécaniques sélectives d'une portion de la cochlée. Cette réorganisation est constatée un mois après la lésion. Il apparaît donc qu'une réorganisation corticale et sous-corticale se produit (Robertson et Irvine 1989 : chez les cochons d'inde ; Willott et al. 1993 : chez les souris ; Harrison et al. 1993, Rajan et al. 1993 : chez les chats ; Schwaber et al. 1993 : chez le macaque).

Lorsque la cartographie de représentation des fréquences se réorganise, nous avons une réafférenciation des neurones devenus « sourds » sur les neurones codant pour des fréquences qui entendent encore. Ainsi beaucoup plus de neurones sont dédiés aux fréquences encore stimulés, ce qui permet au système auditif de répondre vigoureusement à des sons. Nous avons donc un nombre anormalement élevé de neurones pour répondre à certains stimuli. En outre si le système auditif code pour des mauvaises fréquences et s'approprie de nouvelles associations entre des stimuli et la réponse neuronale, le codage des sons restent affecté.

²La Magnéto-encephalography mesure de l'activité électrique du cerveau.

a) Cas de surdité abrupte : conséquence de la plasticité sur la discrimination fréquentielle

Beaucoup d'études ont démontré que l'organisation des cartes sensorielles n'était pas fixée, mais douée d'une grande plasticité même à l'âge adulte. Plusieurs auteurs, tels que McDermott et al. en 1998 et Thaï Van et al. en 2002 et 2003, mettent en évidence de meilleures performances de discrimination fréquentielle, une amélioration des performances de perception d'intensité pour des pertes en pente de ski au niveau de la fréquence de coupure, à condition que la perte soit suffisamment abrupte et ce quelque soit la localisation de la perte (grave aigües ou encoche). A l'appui de cela, Irvine et Rajan (1996) n'ont pas observé de réorganisations corticales chez un animal ayant une perte auditive idiopathique se développant progressivement. Dans tous les cas nous enregistrons une modification des cartes sensorielles au niveau cortical et sous cortical à la suite de lésions des récepteurs périphériques sensoriels. Les nerfs corticaux privés de leurs afférences habituelles deviennent sensible à des fréquences adjacentes encore entendant. Parallèlement à l'élévation des seuils de perceptions auditives dans la bande fréquentielle, correspondant à la zone de la lésion, les nerfs auditifs corticaux codant initialement cette zone, voient leur seuil de réponses diminuer pour les fréquences situées en bordure de lésions. C'est-à-dire à la fréquence de coupure (F_c).

Une lésion cochléaire pourrait induire une augmentation du nombre de neurones répondant à un intervalle de fréquence réduit autour de F_c , expliquant l'amélioration locale des capacités de discrimination fréquentielle observée (13) (14). Dietrich et al. mesurent l'activité cérébrale de patients souffrant d'une perte en pente de ski grâce à la MEG, et constate que l'activité cérébrale est significativement plus importante au niveau de la lésion auditive par rapport à la zone pré-lésionnelle, ce qui révèle une expansion de la représentation corticale. Cette expansion est probablement le reflet du recrutement de la « déafférentation » des neurones. On peut noter aussi que l'activité cérébrale est à mettre en relation avec le ressenti de l'acouphène. En effet, plus l'activité cérébrale augmente, plus l'acouphène devient invalidant (12).

Ces réorganisations existeraient au niveau du noyau central des colliculi inférieurs (Irvine et al 1991). Aucun mécanisme périphérique n'est responsable de cette amélioration. A contrario, Buss et al. (1998) réalisent une étude sur des sujets présentant des pertes auditives en pente abrupte, qui ne révèle pas de meilleures performances de discriminative fréquentielle à proximité de la zone lésée (14)(13)(9).

4) Plasticité liée à la réhabilitation auditive

La réintroduction de stimuli par l'aide auditive impliquerait une nouvelle plasticité auditive (la plasticité secondaire). En effet depuis de nombreuses années, il est suggéré que la réhabilitation auditive des personnes souffrant de pertes neurosensorielles entraînerait une plasticité fonctionnelle le long des voies auditives (Palmer et al, 1998; Ponton, 1996 ; Robinson et Gatehouse, 1996 ; Willott, 1996). Chez des sujets réhabilités auditivement, la réintroduction d'information en direction du système nerveux centrale est supposée induire une inversion du phénomène de plasticité corticale. Les cartes sensorielles préalablement modifiées par la déafférentation partielle pourraient de nouveau se normaliser après l'amplification suggérant une plasticité secondaire. En effet si l'on suppose que la détérioration des propriétés d'encodages des neurones est liée à la déafférentation, alors la réintroduction des afférences auditives devrait restaurer ces propriétés.

La plasticité secondaire est la clé de la réussite de l'appareillage et s'en est d'ailleurs son premier but. Par exemple, on suppose que la réorganisation centrale de la cartographie de la représentation des fréquences est profitable car les neurones qui ne répondent plus à des stimulations suite à des dommages cochléaires sont utilisés pour des fréquences toujours entendues par le sujet. Si les fréquences sourdes sont restituées par le biais de l'aide auditive, il se créera sans doute une sorte de concurrence pour les « vieux » neurones. Ce qui pourrait provoquer un problème pour le codage des sons. C'est pourquoi, si la plasticité n'était pas réversible, un appareil auditif pourrait être contre indiqué (15).

a) Conséquence de la plasticité sur l'intelligibilité :

Des études ont été réalisées traitant l'intelligibilité du patient. Là encore la plasticité cérébrale se met en route très rapidement.

Gatehouse (1989) mesure des scores d'intelligibilité sans aides auditives dans les deux oreilles de patients appareillés d'une seule oreille. Il montre qu'à haute intensité (95 dB SPL), l'oreille appareillée présente de meilleure performance que l'oreille non-appareillée, cependant à des intensités plus basses (65 dB SPL) l'oreille non-appareillée présente de meilleure performance que l'oreille appareillée. Cela résulterait des effets de l'acclimatation. Selon Gatehouse, « l'acclimatation à des intensités implique que la performance de l'oreille est plus importante à des niveaux d'intensités auxquelles elle est exposée habituellement » (13). La compréhension dans le calme a été traitée dans le mémoire de Melle Taline NENEJIAN à l'université de Lyon. Elle mène son étude pendant un mois sur des personnes nouvellement appareillées de surdité symétrique, elle montre que l'intelligibilité entre le jour de l'appareillage, à 15 jours et à un mois s'améliore de manière significative avec une amplification et des réglages parfaitement identiques durant la durée de l'étude : nous pouvons en déduire que le phénomène de la plasticité cérébrale peut expliquer l'amélioration des scores phonétiques durant le premier mois de port. En conclusion, la plasticité cérébrale est présente quelque soit le type de perte auditive et est rapide à se mettre en place (16).

b) Inversion des performances de discrimination fréquentielles chez des sujets malentendants réhabilités auditivement pour des pertes en pente de ski

L'équipe de chercheur a recueilli des performances de discriminations fréquentielles avant et après appareillage. Les sujets sélectionnés avaient une surdité dans les hautes fréquences. Ils ont été testés à 1 mois, 3 mois et 6 mois d'appareillage.

A 1 mois et 3 mois après appareillage, on constate une détérioration significative des performances de discrimination fréquentielles observée aux alentours de la fréquence de coupure de la perte, au niveau de la fréquence qui présentait initialement la meilleure performance. En revanche une octave avant la perte auditive, aucune évolution de performance de discrimination n'a été notée. A 6 mois d'appareillage, les performances de discrimination sont à peu près normalisées pour toutes les fréquences.

Ces résultats suggèrent que le phénomène de plasticité cérébrale engendré par une privation auditive peut être inversé. Le décours temporel de cette plasticité secondaire serait très rapide puisque les modifications observées apparaissent à un mois d'appareillage (14).

c) Incidence sur la dynamique auditive

Une étude réalisée par Madame Philibert et al. testent des personnes appareillées avant l'appareillage, et à un mois, trois mois et six mois après appareillage sans leurs aides auditives. Ils leur aient demandé de catégoriser les sons purs de 500 et 2 000 Hz qu'ils entendent : très faible, faible, confortable, fort et trop fort. On trouve une différence significative entre trois et six mois d'appareillage. On a constaté que pour la forte catégorisation, l'intensité était beaucoup plus importante à six mois d'appareillage qu'à trois mois, qu'à un mois, qu'avant l'appareillage et cet effet était beaucoup plus marqué pour la fréquence à 2kHz, qui est la plus amplifiée. En revanche à 500Hz, il n'y avait pas de différence significative entre le début de l'appareillage et six mois après. Les aides auditives permettraient d'augmenter la dynamique et de diminuer le recrutement d'intensité (Fowler, 1936 ; Steinberg et Gardner, 1937). Pour rejoindre cette idée, une étude récente a montré que la perception du 2000 Hz s'améliore principalement pour des intensités de 95 dB, intensités qui correspondent à des intensités de voix moyennes (65 dB) avec un gain approximatif de 20dB (13). En 2002, Madame Philibert avait réalisé une étude qui a pour but de démontrer les mêmes hypothèses. Elle demande à deux groupes parfaitement homogènes en âge et en perte auditive de catégoriser les sons purs de 500 et de 2000 Hz qu'ils entendent. On retrouve des résultats similaires que dans l'étude réalisé en 2005 : il y a une différence significative entre les deux groupes concernant toutes les catégorisations (de très faible à trop fort) uniquement pour le

2000 Hz. Le port d'aides auditives a pour conséquence, chez le sujet testé oreille nue, d'améliorer la tolérance aux sons dans la mesure où le groupe appareillé catégorise comme confortable une intensité déjà jugée forte par le groupe non appareillé. A noté que cet effet est plus important sur l'oreille droite (17) (18).

L'appareillage aurait également un effet sur la discrimination d'intensité, en effet les personnes non appareillées ont statistiquement une plus mauvaise discrimination d'intensité. Robinson et Gatehouse (1995) trouvent que l'oreille appareillée présente de meilleures performances de discrimination d'intensité que des oreilles non réhabilitées auditivement et ce uniquement pour les hautes fréquences et les fortes intensités. Ceci est expliqué par la correction auditive qui se situe principalement dans les hautes fréquences et par les intensités entendues habituellement par le sujet. Néanmoins l'étude menée par Philibert et al. rentrent en contradiction avec cette dernière, qui ne montre pas de différence significative entre les deux groupes. Cela peut être expliqué par la différence de stimuli utilisé : la première étude utilise un son complexe alors que la seconde utilise un son pur.

d) Effet sur la latence de l'Onde V

Philibert et al. ont mis en évidence une diminution de la latence de l'onde V sur l'oreille droite (pour des droitiers testés). Ce résultat peut être interprété comme une augmentation de la synchronisation neuronale avec l'appareillage (Cox et Metz suggère qu'une latence courte de l'onde V permettrait une meilleure discrimination de la parole). Du fait des modifications perceptives et électrophysiologiques qui l'accompagnent, il est fortement probable que la réhabilitation auditive induise une plasticité fonctionnelle le long des voies auditives, déjà dans le tronc cérébral et plus particulièrement au niveau du colliculus inférieur. (Rowe, 1981 ; Stockard et Rossister, 1977). Chez les chats, un article montre qu'un environnement sonore riche suite à un traumatisme pourrait réduire la perte auditive et pourrait prévenir de la réorganisation auditive du cortex. (Norema et Eggermont, 2005) (13).

Etude Clinique

I. Protocole expérimental

1) But de l'étude

Le but de ce mémoire est de mesurer la reconnaissance phonémique en présence de bruit au cours du temps lors d'un premier appareillage, ainsi nous pouvons constater le moment où l'évolution présente une amélioration significative. Malheureusement, le temps imparti du stage ne nous permet d'observer le temps nécessaire aux personnes pour atteindre un plateau de performance. Ainsi les personnes ont été testées à deux semaines, un mois et trois mois après avoir été équipées d'appareils en stéréophonie. Beaucoup d'études ont été réalisées sur les pertes en pentes de ski marquant une réorganisation de la carte tonotopique. Mais peu d'études ont étudié des sujets souffrant de presbyacousie alors qu'elle est la principale surdité traitée dans notre métier et qu'elle présente aussi une plasticité cérébrale (référence II 4.c. de la première partie). La principale préoccupation des personnes appareillées est de comprendre en milieu bruyant, c'est pourquoi mon étude a été menée dans une ambiance sonore de type cocktail party. Afin d'en tirer un maximum d'informations, mon étude a été soumise à plusieurs protocoles statistiques : dans un premier temps nous avons comparé les performances des sujets entre différents intervalles de temps. En suite, nous nous sommes demandés si l'impact du bruit était toujours le même ? En d'autres termes, le sujet est-il moins gêné par le bruit au cours du temps ? Puis nous avons voulu savoir si l'âge pouvait avoir une incidence sur les perspectives d'évolution des patients. Peut-on affirmer que des personnes plus âgées améliorent-elles moins rapidement leurs scores de reconnaissance phonémique que des personnes plus jeunes ? On est en droit de se poser les mêmes questions quant à leur importance de la perte auditive. Une personne ayant une perte plus importante voit-elle ses performances évoluer moins rapidement qu'une personne ayant une perte d'audition moins prononcée ?

2) Réalisation de l'étude

a) L'audiométrie Vocale en milieu bruyant

Liste de Logatome de Dodelé : L'Audiométrie Verbo-fréquentielle en milieu bruyant (AV_fB)

Nous avons choisi d'utiliser des listes de mots sans signification et enregistrés car il permet de faire abstraction de la suppléance mentale et de la lecture labiale. Chaque liste de mot est constituée de 17 mots de 3 phonèmes formés sous le modèle voyelle-consonne-voyelle.

Pour élaborer ces listes, Monsieur F. Lefevre et Monsieur L. Dodelé ont pris soin de les équilibrer parfaitement en difficultés du point de vue de la compréhension. De plus, ces listes ont été équilibrées par rapport au déficient auditif presbyacousique. C'est par conséquent un test très sensible et reproductible.

Pour compter les erreurs, la confusion de phonème et le phonème manquant sont comptabilisés comme des erreurs, en revanche les erreurs surnuméraires ne sont pas comptées. Chaque liste est composée de 51 items que l'on ramène sur 50. Pour obtenir le pourcentage d'erreurs, il nous suffit de multiplier par deux le nombre de fautes notées. Le premier mot de chaque liste n'est pas compté, il est considéré comme un mot d'appel. Si le patient réalisait 50 % d'erreurs au cours d'une liste, nous arrêtons le test. (En annexe : les listes verbo-fréquentielles utilisées).

ii) Le bruit : L'Onde Vocale Globale (OVG)

Ce stimulus diffusé sur le haut parleur arrière est constitué de l'enregistrement des voix de deux couples : 1 français et 1 anglais. Le mixage des ces 4 voix, écrêté et stabilisé grâce à un compresseur numérique a permis d'obtenir un bruit de fond bien stable et adapté.

Le bruit mis au point pour ce test est :

- * Discontinu
- * Représentatif du spectre de la parole à long terme : 4 voix se superposent
- * Non reconnaissable : aucun mot du « cocktail party » n'est identifiable et donc ne peut pas être confondu avec le signal.

- * Ecrêté : il n'y a aucune voix qui puisse fausser le test
- * Séparé du signal (20).

Nous avons choisi ce type de bruit car il est plus représentatif d'une situation courante qu'un bruit blanc ou un bruit rose par exemple. De plus, selon l'étude réalisée par Bouzian, dans laquelle il compare la compréhension en milieu bruyant avec plusieurs bruits de fond : aucune différence significative n'a été démontrée entre chaque bruit. Néanmoins, le bruit type cocktail party est le moins perturbant (23). A l'appui Millet et Licklider trouve que l'intelligibilité s'avère bien meilleure en présence de bruit interrompu que de bruit stationnaire (2).

iii) Le rapport signal/bruit et conditions de réalisation des tests

Avant de réaliser les tests, au début de chaque séance nous rappelions la consigne au patient. Nous nous sommes appliqués à garder la même pour chacun de nos patients. Nous rassurons également les patients en leur expliquant que le bruit deviendrait gênant :

« Vous allez entendre des mots qui n'ont aucune signification, surtout n'essayez pas de donner un sens au mot. Vous allez répéter exactement ce que vous entendez, même si vous n'avez entendu qu'une partie du mot. Il y aura également un bruit de fond que j'augmenterai au fur et à mesure ce qui rendra le test de plus en plus difficile ».

La liste n°1 était utilisée comme liste d'entraînement afin de nous assurer que le patient ait bien compris la consigne. Le signal fixé était à 65 dB et le bruit à 59 dB, nous avons donc un rapport de +6 dB. Le bruit augmentait par pas de 3 dB jusqu'à atteindre un RSB de 0 dB. Nous n'arrêtons pas les listes entre chaque rapport signal/bruit. Nous avons choisi un signal fixe de 65 dB en référence à la performance optimale de l'oreille à des intensités habituelles (19) (20).

LISTE	SIGNAL	BRUIT
Liste d'entraînement=Liste n°1	65 dB	59 dB
Liste n°2	65 dB	59 dB
Liste n°3	65 dB	62 dB
Liste n°4	65 dB	65 dB

iv) Limites du test

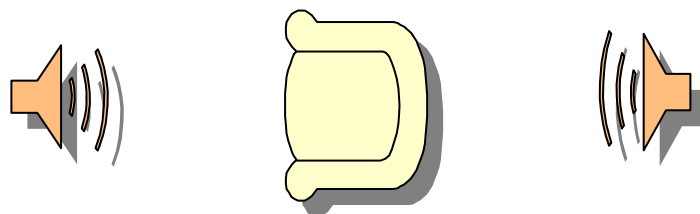
Bien que ce test semble réaliste, ce n'est qu'un test clinique et il est loin de représenter les situations quotidiennes dans lesquelles se trouve le patient. Dans un restaurant par exemple, la source ne vient pas toujours d'en face et se limite rarement à une seule personne. Le bruit de l'arrière vient de toutes les directions et est provoqué par de nombreuses sources d'émission, alors que dans notre cabine nous n'avons qu'une seule source d'émission. De plus, notre cabine clinique ne tient pas compte de la réverbération des pièces courantes étant donné qu'elle est insonorisée. Par ailleurs, le test ne dure que quelques minutes et donc le sujet est parfaitement concentré. En outre, le test étant rapide, ne tient pas compte de la fatigue que peu éprouver le patient lors d'un repas de famille par exemple.

b) Description du matériel

Les tests ont été réalisés grâce à la chaîne de mesure AURICAL, cette dernière a été étalonnée avant la réalisation de tous mes tests le 25 janvier 2012 par GN OTOMETRICS.

Pour réaliser l'audiométrie vocale en milieu bruyant, nous avons utilisé les listes de Dodelé comme signal, et l'Onde Vocale Globale (OVG) comme bruit de fond. Ces listes se trouvent sur le CD4 du collège nationale piste 57 à 61.

Le signal et le bruit étaient diffusés via deux haut-parleurs situés à l'avant et à l'arrière (configuration SIGNAL= 0° face au patient –BRUIT= 180° dos au patient) à une distance de 80 cm du patient et fixés au plafond de la cabine. Les haut-parleurs étaient calibrés en dB SPL.



Afin d'entendre correctement les réponses des patients, ils étaient munis du micro cravate et nous avions un appareil de type ALERA proposé par Gn Resound. Ainsi le bruit ne nous perturbait pas dans l'écoute des réponses du patient.

c) Population d'étude : critères d'inclusions/ d'exclusions

Tout d'abord il s'agissait exclusivement de patients nouvellement appareillés, cela nous permet d'observer le temps nécessaire à une personne pour s'adapter à un appareillage auditif. Ils devaient être équipés d'un appareillage stéréophonique, ce qui permet d'avoir un effet de relief sonore et améliore la compréhension de la parole en milieu bruyant. Durant l'anamnèse, je m'assurais que le patient ne souffrait pas de diabète et n'avait pas de cholestérol. Le patient devait porter les appareils au minimum huit heures par jour.

Critères d'inclusion

Surdité	Perception
Appareillage	Binaural
Expérience	Premier appareillage Echec d'essai d'appareillage antérieur

Critères d'exclusions

Surdité	Transmission ou mixte Unilatérale Brusque/traumatique Fluctuante
Appareillage	BAHA (Bone Anchorage Hearing Aid) CROS/BICROS (Controlateral Routing of Signal) Implant cochléaire Implant d'oreille moyenne
Expérience	Déjà appareillé Renouvellement
Etiologie	Maladie de Ménière Neurinome Cholestéatome Diabète Maladie ototoxique

3) Réalisation des tests**a) Otoscopie**

Avant la passation de chaque test, nous avons réalisé une otoscopie classique afin de vérifier l'intégrité des conduits auditifs externes et du tympan. Le tympan devait être bien dégagé avec un triangle lumineux apparent.

b) Intervalles de réalisation des tests

Les patients ont été testés à deux semaines, un mois, trois mois et six mois d'appareillage. Notre stage ne durant que quatre mois, il nous était impossible de réaliser un test sur le même patient à deux semaines et six mois d'appareillage. Pour tester à six mois d'appareillage, nous avons contact  des personnes appareillées depuis trois mois. Néanmoins nous ne pourrons pas faire d'étude statistique sur l'évolution entre trois mois et six mois car nous avons un nombre très restreint de cas. Beaucoup de patients ont subi deux passations de test, c'est-à-dire pour la

période deux semaines-un mois, et un mois-trois mois. Très peu en ont subi les trois phases de test.

Temps d'appareillage	Nombre de patients testés	
2 semaines	13 patients	9 patients
1 mois	18 patients	
3 mois	4 patients	
6 mois		

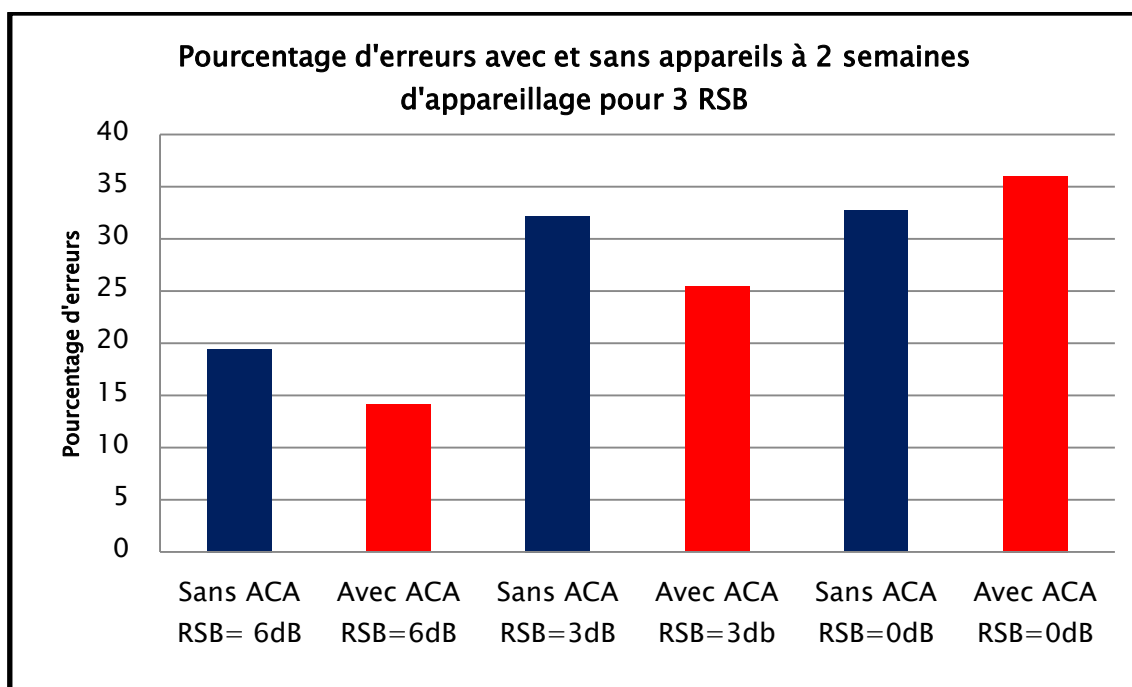
II. RESULTATS ET ANALYSES STATISTIQUES

1) Statistiques descriptives des tests des patients

Pour les personnes testées à deux semaines et un mois d'adaptation un test sans appareillage a été réalisé à la première période uniquement, de ce fait pour réaliser les moyennes de l'étude statistique à un mois sans appareillage, nous avons repris les mêmes valeurs qu'à deux semaines. L'amélioration est négligeable, en effet en deux semaines de temps les personnes ne présentent pas une amélioration significative de l'intelligibilité, en référence à l'étude théorique menée précédemment qui mets en avant une amélioration significative sur un mois de temps d'appareillage. Nous ne pourrions pas comparer les graphiques avec des aides auditives à différentes périodes, car beaucoup n'ont subi que deux cessions de passations de tests. A noter que si la personne atteignait un minimum de 50% d'erreurs, le test était interrompu. Ainsi nous avons noté 50% d'erreurs même si la personne en a réalisé davantage.

a) Résultats des patients à deux semaines d'appareillage

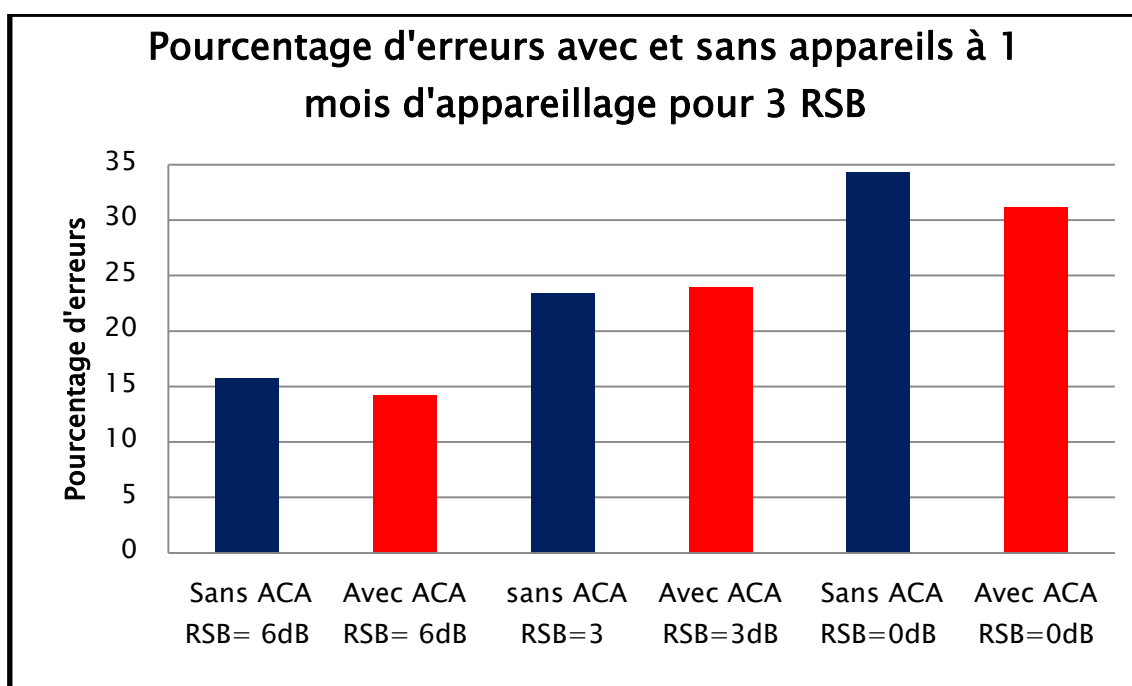
	Moyenne	Minimum	Maximum	Ecart-type
Sans ACA RSB= 6dB	19,44	4,00	44,00	11,25
Sans ACA RSB=3dB	32,17	6,00	50,00	16,68
Sans ACA RSB=0dB	32,73	12,00	50,00	13,51
Avec ACA RSB=6dB	14,11	2,00	28,00	7,65
Avec ACA RSB=3dB	25,44	8,00	50,00	13,19
Avec ACA RSB=0dB	36,00	18,00	50,00	11,95



Nous pouvons constater qu'au rapport signal/bruit de 0 dB, les appareils n'apportent pas d'amélioration voire détériorent la reconnaissance phonémique. En revanche, pour les RSB plus élevés, l'appareil apporte déjà un confort. Le nombre minimum d'erreurs reste relativement important, et est même dégradé avec les appareils (pour le RSB=0dB)... Cela peut être expliqué par le fait que les sujets sont très gênés par le bruit de fond. L'écart-type est important sauf pour le RSB=6 dB lorsque les appareils sont portés.

b) Résultats des patients au premier mois d'appareillage

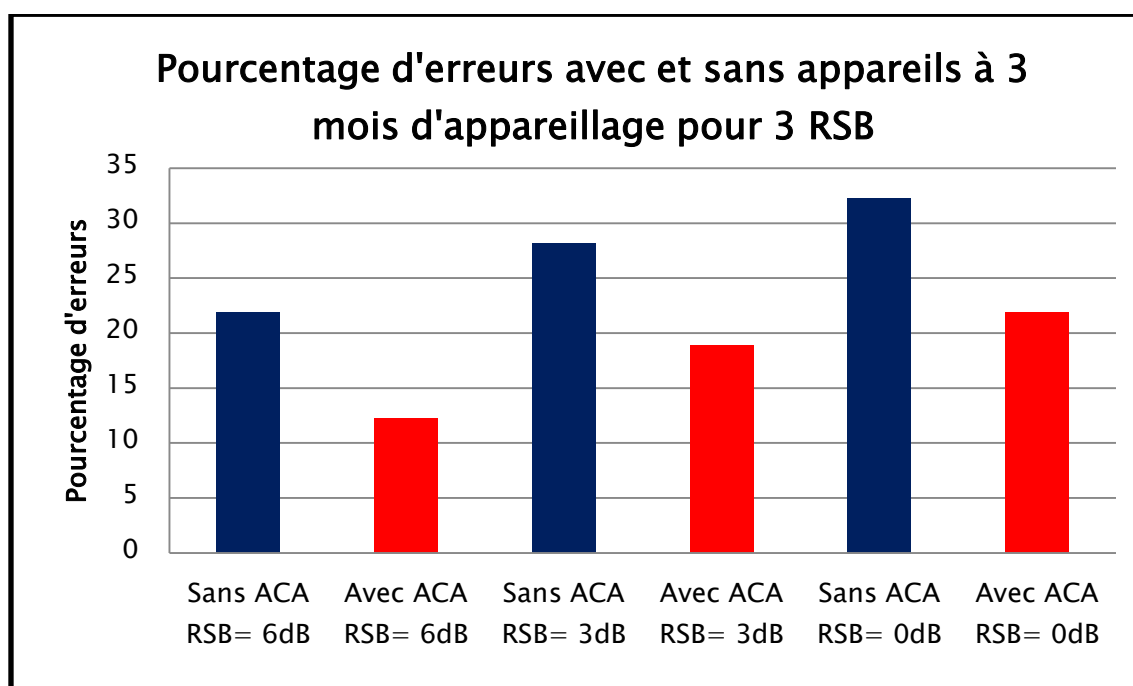
	Moyenne	Minimum	Maximum	Ecart-type
Sans ACA RSB= 6dB	15,71	8,00	32,00	9,12
Sans ACA RSB=3dB	23,43	4,00	46,00	16,56
Sans ACA RSB=0dB	34,29	18,00	50,00	12,62
Avec ACA RSB= 6dB	14,23	2,00	44,00	10,01
Avec ACA RSB=3dB	24,00	6,00	50,00	13,05
Avec ACA RSB=0dB	31,12	4,00	50,00	16,23



Ici, nous constatons que les personnes semblent déjà moins gênées par le bruit. On constate une amélioration plus importante avec les appareils pour le RSB=0 dB. Les écart-types sont relativement importants, ce qui montre une grande disparité du niveau d'aisance en milieu bruyant entre les personnes. La moyenne d'erreurs semble augmenter avec la même pente lorsque le niveau de bruit augmente avec et sans les appareils. On constate que le minimum d'erreurs varie très peu entre chaque rapport signal sur bruit avec les appareils.

c) Résultats des patients au troisième mois d'appareillage

	Moyenne	Minimum	Maximum	Ecart-type
Sans ACA RSB= 6dB	21,86	6,00	48,00	14,56
Sans ACA RSB= 3dB	28,15	10,00	50,00	14,93
Sans ACA RSB= 0dB	32,33	8,00	50,00	16,86
Avec ACA RSB= 6dB	12,26	2,00	36,00	9,21
Avec ACA RSB= 3dB	18,87	6,00	50,00	13,39
Avec ACA RSB= 0dB	21,86	6,00	50,00	13,94



Ces résultats ne peuvent être comparés à ceux obtenus pour deux semaines et un mois d'appareillage car notre échantillon de personnes est différent. Néanmoins nous pouvons constater que l'écart se creuse au RSB=0 dB entre la présence ou l'absence d'appareils auditifs. Les personnes semblent beaucoup moins gênées par le bruit. Le pourcentage d'erreurs augmente beaucoup moins rapidement au fur et à mesure que le bruit augmente avec les appareils auditifs, en comparaison avec l'augmentation des erreurs sans les appareils auditifs. En revanche les écarts types sont encore très importants, sauf pour le test réalisé à un RSB=6 dB avec les appareils auditifs. Le minimum d'erreurs est faible même sans les appareils, donc le pourcentage d'erreurs étant faible, le contraste est beaucoup moins important avec les aides auditives. Nous ne pouvons pas comparer les maximums d'erreurs, néanmoins nous constatons une baisse assez importante pour le RSB=6dB. En effet, le pourcentage d'erreurs passe de 48% à 36% avec les ACA. L'écart type reste important sauf pour le rapport signal/bruit le plus élevé.

d) **Résultats des patients au sixième mois d'appareillage**

	Moyenne	Minimum	Maximum	Ecart-type
Sans ACA RSB= 6db	25,00	16,00	48,00	15,45
Sans ACA RSB= 3db	33,00	4,00	50,00	21,94
Sans ACA RSB= 0db	38,50	10,00	50,00	19,21
Avec ACA RSB= 6db	18,50	4,00	30,00	10,75
Avec ACA RSB= 3db	30,50	12,00	50,00	20,29
Avec ACA RSB= 0db	38,00	12,00	50,00	17,96

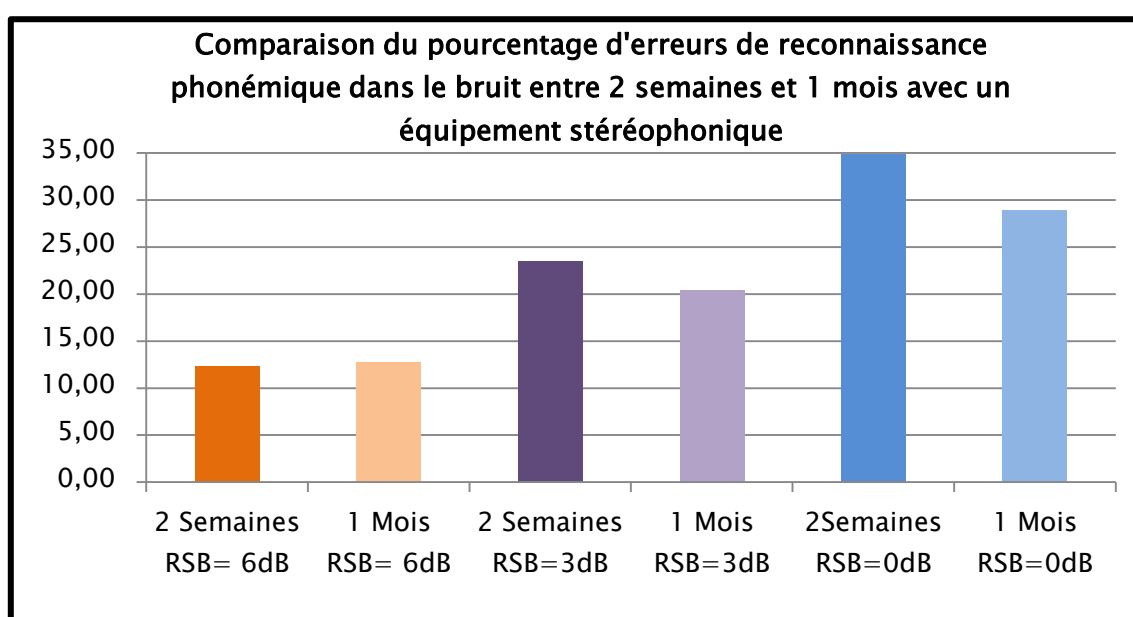
Le très faible nombre de patient ayant réalisé le test à ce stade d'appareillage nous empêche de tirer des conclusions. Ces dernières seraient un peu hâtives. L'écart-type est très important. Nous pouvons voir qu'au RSB=0 dB, la moyenne d'erreurs avec et sans appareil est très proche à contrario des résultats précédents. Cela peut s'expliquer, par le fait qu'un patient avait bénéficié d'une augmentation du gain, mais ne le supportait pas et se sentait très mal avec les nouveaux réglages. De plus, ce patient réalise 50% d'erreur à partir du RSB=3dB, ce qui a tendance à augmenter fortement la moyenne du nombre d'erreur, étant donné que cette dernière est réalisée sur 4 patients uniquement.

e) **Evolution de la compréhension au cours du temps avec un appareillage stéréophonique**

Nous allons comparer les résultats au cours du temps par sujets appariés, ce qui nous permettra de visualiser l'évolution de la compréhension réalisée entre chaque intervalle de temps. Ainsi pour ce protocole statistique, tous les patients ont subi au moins deux phases de tests. Nous avons cherché à utiliser au mieux notre population d'une phase à une autre, c'est-à-dire de suivre une évolution ponctuelle de deux semaines à un mois et de un mois à trois mois d'appareillage.

Entre deux semaines et un mois

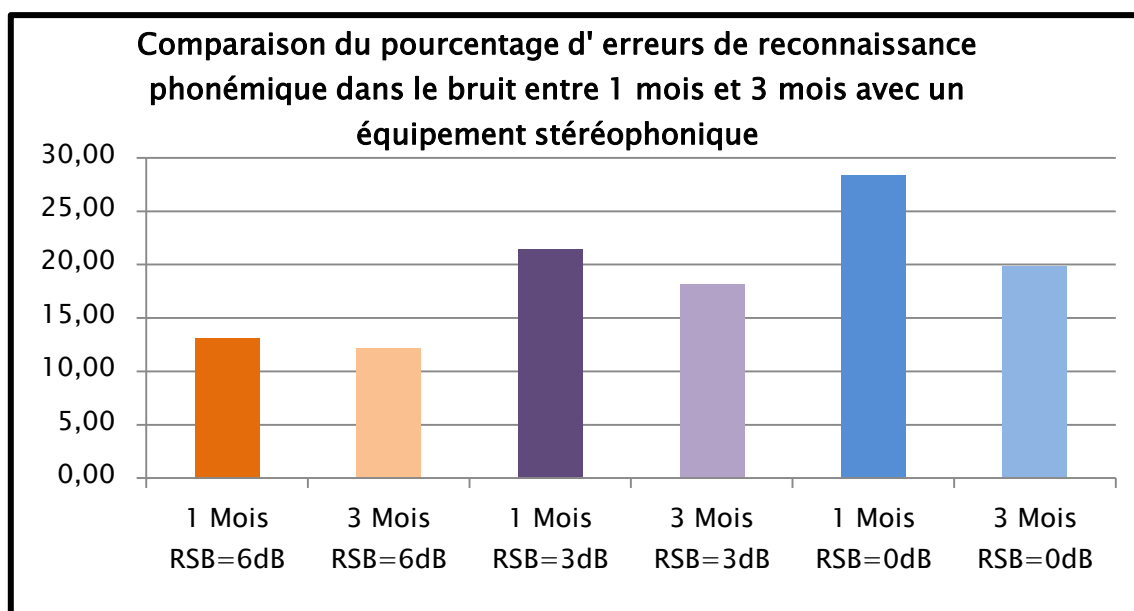
	moyenne	maximum	minimum	écart type
2 Semaines RSB= 6dB	12,31	28	2	6,82
1 Mois RSB= 6dB	12,77	26	4	6,66
2 Semaines RSB=3db	23,54	50	8	12,55
1 Mois RSB=3dB	20,46	44	8	10,77
2 Semaines RSB=0dB	34,92	50	18	12,21
1 Mois RSB=0dB	28,92	50	4	17,27



Nous remarquons qu'entre deux semaines et un mois, l'amélioration s'accroît au cours du temps avec la difficulté du test. En revanche, le nombre maximum d'erreurs reste relativement le même. Pour ce qui concerne, le nombre minimum d'erreurs, il baisse de façon importante pour le rapport signal/bruit=0 dB en deux semaines de temps. L'écart-type reste relativement le même entre les deux périodes, mais une disparité plus importante se fait ressentir au bout d'un mois d'appareillage pour le RSB=0dB (avec un écart type plus grand). Nous constatons que ce dernier augmente avec le RSB qui diminue. Nous avons peu de différence de performance en ce qui concerne les minimums et maximums de pourcentage d'erreurs, sauf pour le minimum du rapport signal/bruit égale à 0 qui diminue considérablement et passe de 18% à 4% d'erreurs en deux semaines de temps uniquement.

Entre un mois et trois mois

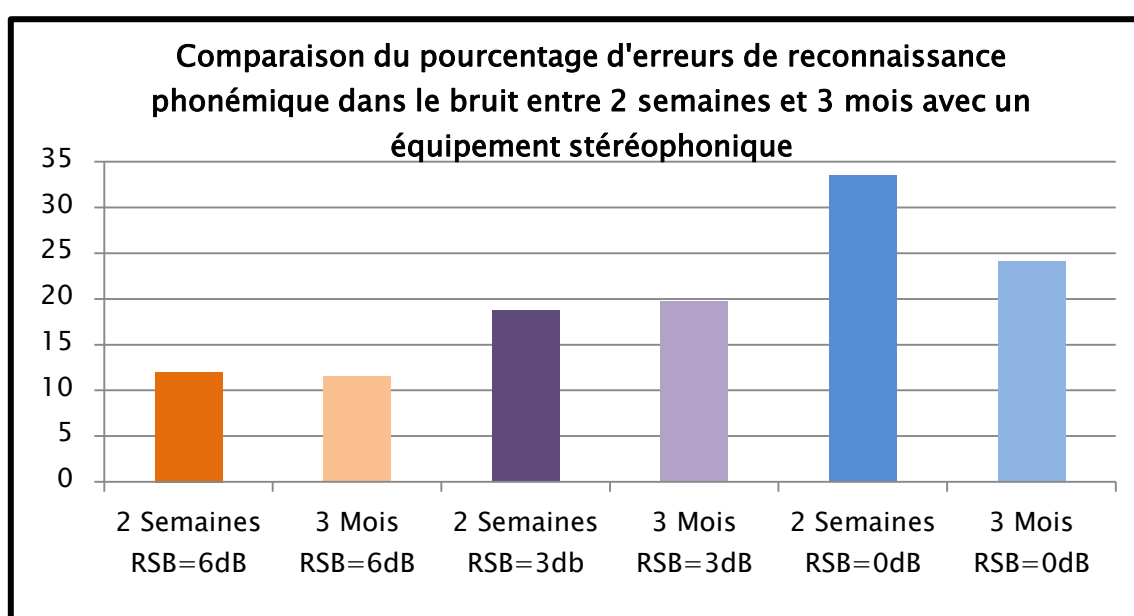
	moyenne	maximum	minimum	écart type
1 Mois RSB=6dB	13,11	44	4	8,04
3 Mois RSB=6dB	12,22	46	2	8,11
1 Mois RSB=3dB	21,44	50	6	11,24
3 Mois RSB=3dB	18,11	50	6	12,41
1 Mois RSB=0dB	28,41	50	4	16,18
3 Mois RSB=0dB	19,82	50	6	13,97



Entre un mois et trois mois d'appareillage, les moyennes de chaque rapport signal/bruit évoluent de la même façon qu'entre deux semaines et un mois. La moyenne du pourcentage d'erreurs au rapport signal/bruit de 0 semble tout de même chuter davantage que les autres au cours du temps. Le nombre maximum d'erreurs étant bloqué à 50% d'erreurs, il est difficile de conclure si le sujet présente une amélioration ou non. Le pourcentage d'erreur minimum reste stable. En étant faible, il est difficile pour lui de montrer une progression. L'écart-type est encore ici élevé.

Entre deux semaines et trois mois

	moyenne	Maximum	minimum	écart type
2 Semaines RSB=6dB	12,00	28	6	7,09
3 Mois RSB=6dB	11,50	30	4	8,80
2 Semaines RSB=3dB	18,75	30	10	7,70
3 Mois RSB=3dB	19,75	46	6	15,40
2 Semaines RSB=0dB	33,50	50	18	12,91
3 Mois RSB=0dB	24,12	50	8	17,32



Dans ce cas nous avons très peu de patients, nos conclusions seraient hâtives. En revanche, nous constatons une petite surprise dans nos résultats : au RSB= 3 dB, les performances des sujets semblent meilleures à deux semaines qu'à trois mois d'appareillage. Cela peut s'expliquer par le fait que trois sujets sur les neufs testés, présentaient des performances beaucoup plus médiocres. Après discussion avec elles, deux personnes étaient malades et l'autre était quelque peu préoccupée par des contrariétés familiales. En revanche malgré ces trois personnes, en ce qui concerne le rapport signal/bruit=0dB, la différence de résultat entre deux semaines et trois mois est très importante. On peut donc penser que les autres personnes ont diminué leur nombre d'erreurs de façon très importante.

Entre trois mois et six mois

Comme dit précédemment, nous n'avons réalisé aucune statistique entre ces deux périodes. Cela est justifié par le petit nombre de patient qui ont subi le test à ces deux instants t d'appareillage. En effet huit personnes appareillées depuis trois mois sont venues et seulement quatre personnes sont revenues trois mois après car certaines ont oublié de venir ou d'autres n'ont pas voulu revenir bien qu'ils étaient au courant du déroulement de la passation des tests...

2) Etude analytique : Comparaison des résultats en fonction du temps

Afin d'interpréter nos résultats, une analyse statistique est essentielle. Pour toute cette étude, seules les personnes présentes à deux phases successives sont prises en compte dans ces protocoles statistiques.

Dans un premier temps, nous avons testé l'évolution de la reconnaissance phonémique au cours du temps pour chaque rapport signal/bruit.

Pour comparer les performances moyennes des patients à deux périodes différentes, nous avons utilisé le test t de Student pour échantillons appariés. Plus précisément, si on considère un groupe de n patients dont on a mesuré des performances X à la phase 1 et leurs performances Y à la phase 2, on calcule les différences : $D = X - Y$ entre les performances des patients. Ensuite on calcule la moyenne des différences MD ainsi que l'écart type SD. La valeur de Student à n-1 degré de liberté est :

$$t = \frac{MD}{SD} * \sqrt{(n - 1)}$$

Ensuite on calcule la p valeur en utilisant la loi de Student.

Ceci permet de décider entre les deux hypothèses :

H1 : Les deux variables présentent une différence significative: il y a une évolution significative de la reconnaissance phonémique entre deux périodes différentes pour le RSB donné. La reconnaissance phonémique en milieu bruyant s'est améliorée.

H0 : L'évolution de la reconnaissance phonémique ne s'est pas ou très peu améliorée entre les deux périodes pour le RSB donné.

Nous avons regroupé les différents résultats des tests statistiques sous forme de tableau où figure la moyenne des résultats de chacun des tests, l'écart type, le degré de liberté le t et la p valeur qui permet d'affirmer si oui ou non il y a une différence significative.

a) Comparaison entre deux semaines et un mois avec appareillage

RSB=0dB

13 patients ont été testés à deux semaines et un mois d'appareillage.

	Moyenne	Ec-Type	t	dl	p
2 ^{ème} semaine RSB=0 dB	34,92	12,21			
1 ^{ER} mois RSB=0 dB	28,92	17,27	2,77	12	0,025

Nous constatons que l'amélioration des performances en milieu bruyant a évolué de façon significative (t=2.77, p=0.025).

RSB=3dB

	Moyenne	Ec-Type	t	dl	p
2 ^{ème} semaine RSB=3 dB	23,53	12,54			
1 ^{ER} mois RSB=3 dB	20,46	10,77	1,45	12	0,037

Nous remarquons alors que la différence entre deux semaines et un mois d'appareillage pour un rapport signal/bruit de 3 dB est significatif (t= 1.45, p= 0.037).

RSB=6dB

	Moyenne	Ec-Type	t	dl	p
2 ^{ème} semaine RSB=6 dB	12,31	6,82			
1 ^{ER} mois RSB=6 dB	12,77	6,66	0,23	12	0,41

En revanche, il n'y a pas de différence significative sur la reconnaissance phonémique en milieu bruyant entre deux semaines et un mois d'appareillage pour le RSB=6 dB. Les résultats entre ces deux périodes pour ce rapport signal/bruit sont relativement proches. Plus le RSB augmente, moins nous constatons de différences entre les résultats de la deuxième semaine et du premier mois d'appareillage.

b) Comparaisons entre le premier et le troisième mois avec appareillage

Dix-huit patients ont été testés alors qu'ils étaient appareillés depuis un mois et trois mois.

RSB=0dB

	Moyenne	Ec-Type	t	dl	p
1 ^{er} mois RSB=0dB	28,412	16,183			
3 ^{ème} mois RSB=0dB	19,824	13,974	3,183	17	0,0058

Nous remarquons une amélioration très significative ($t=3.183$, $p=0.0058$), cette amélioration se constate réellement et se trouve plus importante qu'entre deux semaines et un mois d'appareillage.

RSB=3dB

	Moyenne	Ec-Type	t	dl	p
1 ^{er} mois RSB=3 dB	21,4444	11,2471			
3 ^{ème} mois RSB=3dB	18,1111	12,4139	1,4541	17	0,080000

Nous ne constatons pas d'amélioration significative ($t=1.45$, $p= 0.08$), mais nous pouvons observer qu'elle est tendancielle.

RSB=6dB

	Moyenne	Ec-Type	t	dl	p
1 ^{er} mois RSB= 6dB	13,11	8,04			
3 ^{ème} mois RSB=6dB	12,22	8,11	0,73	17	0,240000

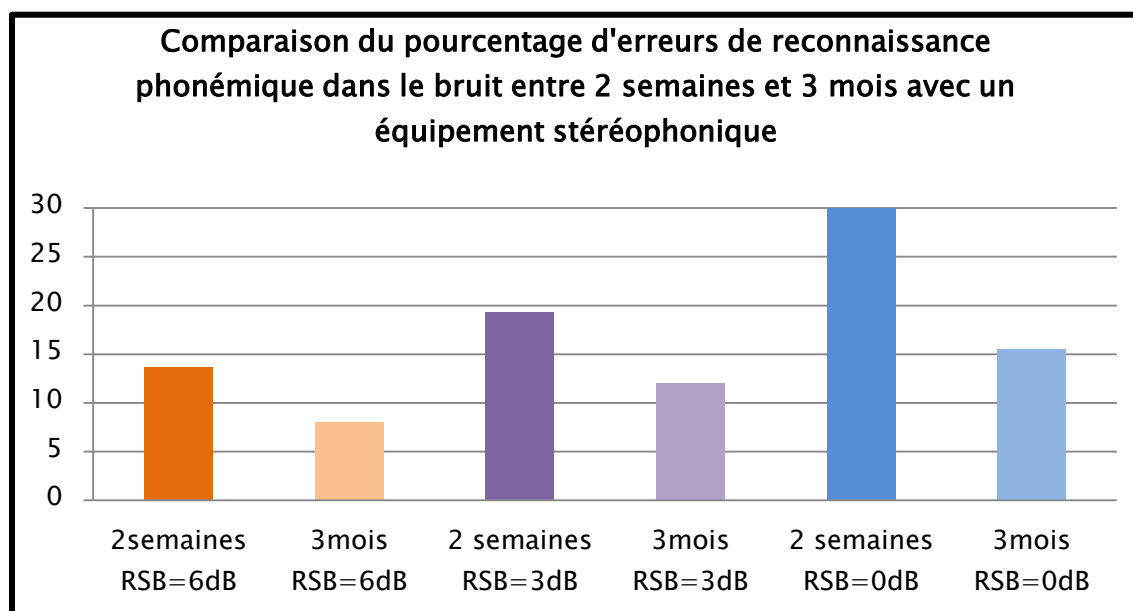
Entre le premier mois et le troisième, nous n'avons pas de différence significative pour le RSB=6.

c) Comparaison entre deux semaines et trois mois avec appareillage

Nous avons pu tester neuf personnes à deux semaines et trois mois d'appareillage.

Ce test de Student a été effectué dans un premier temps pour l'ensemble des patients et s'est avéré non significatif. Nous avons cherché à comprendre les raisons et nous avons constaté que trois patients avaient un nombre d'erreurs étonnement élevé à trois mois alors qu'il était plus faible à deux semaines et à un mois. Il faut noter que pendant leur passation du test à trois mois, ces patients étaient malades et avaient d'autres préoccupations qui ont empêché leur concentration. C'est pourquoi, pour effectuer cette analyse, nous les avons éliminés et obtenus des résultats très significatifs comme le montre le tableau suivant. Nous n'avons pas effectué de test statistique pour le RSB=0 car ce dernier est significatif entre deux semaines et un mois, et entre un mois et trois mois il est donc évident qu'il sera d'autant plus significatif entre deux semaines et trois mois d'appareillage

Ci-dessous, le graphique montrant les moyennes des résultats obtenus pour 6 personnes entre deux semaines et trois mois d'appareillage. Les statistiques qui suivent sont donc basés sur ces résultats.



RSB=3dB

	Moyenne	Ec-Type	t	dl	P
2 ^{ème} semaine RSB=3dB	19,333	7,866			
3 ^{ème} mois RSB=3dB	12,000	6,325	4,824	5	0,005

Pour ce rapport signal/bruit nous constatons une différence très significative pour ces 6 personnes ($t= 4.824$, $p=0.005$), nous sommes en droit de penser que s'il y a une amélioration significative pour 6 personnes, n'ayant pas sélectionné mes patients, cette significativité se fera d'autant plus sentir si le nombre de sujets augmente.

RSB=6dB

	Moyenne	Ec-Type	t	dl	P
semaine2_RSB=6dB	13,67	7,53			
mois3 RSB=6dB	8,00	4,90	3,11	5	0,03

Même interprétation et remarques. On peut ajouter que cette significativité diminue en même temps que le RSB augmente de la même façon que pour nos précédents tests entre 2 semaines-1 mois et 1mois-3mois.

3) Les effets du temps sur le différentiel des rapports signal/ bruits pour les patients avec appareillage

Dans la partie II)1) de la partie théorique, on constate que le nombre d'erreurs augmente moins vite lorsque le rapport signal sur bruit diminue. En d'autres termes le nombre d'erreurs pour le RSB=6, RSB=3 et RSB=0 est beaucoup plus proche l'un de l'autre lorsque les personnes sont appareillées depuis trois mois que depuis un mois que depuis deux semaines. On cherche à savoir si cette différence est significative entre deux passations de tests.

a) Réalisation des calculs

Dans cette partie, nous nous sommes demandés si l'impact du bruit était le même au cours du temps. Pour se faire nous avons dans un premier temps effectué la différence d'erreurs entre le rapport signal/bruit 0 et 3 dB, 3 et 6 dB, et 0 et 6 dB

pour chacune des trois passations de tests. Il est plus difficile pour les sujets de répéter les phonèmes si le RSB est plus faible : nous appellerons cela le gain de reconnaissance phonémique.

Par exemple si à deux semaines d'appareillage, un patient à un niveau RSB=3dB réalise un pourcentage d'erreurs de 30% ; et au RSB=0dB un pourcentage de 20%, sa différence calculée est :

$$2\text{sem_RSB (0)} - \text{RSB (3)} = 30 - 20 = 10\%$$

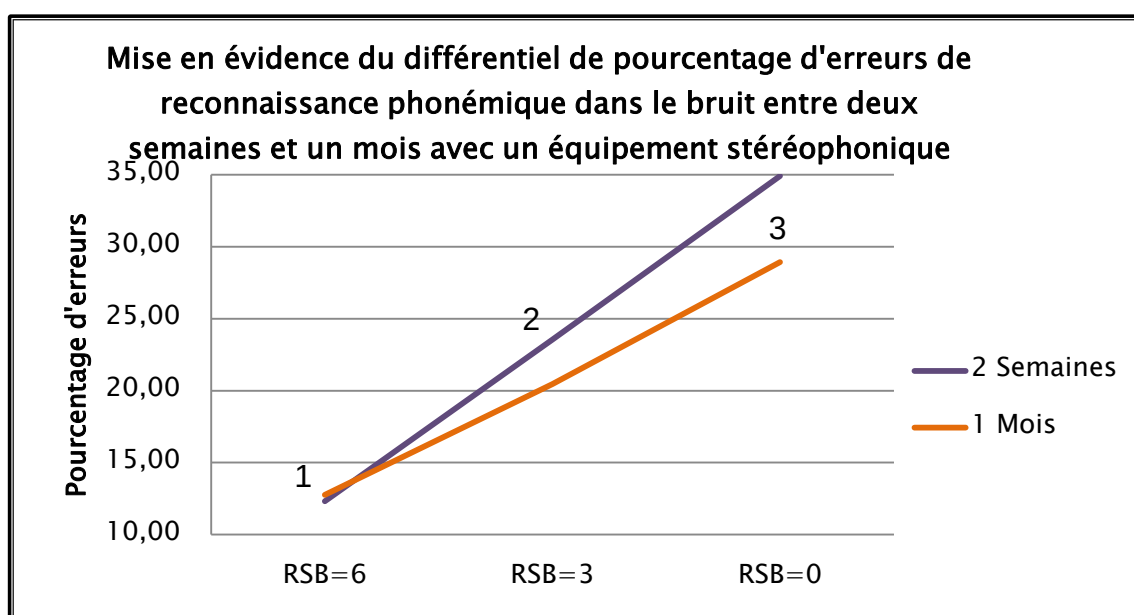
Le gain de reconnaissance phonémique est de 10%.

Ensuite nous avons voulu vérifier si cette différence entre chaque rapport signal bruit restait le même ou si la gêne dans le bruit s'atténuait avec le temps. Pour réaliser les tests statistiques de cette partie, nous avons retiré de nos analyses les personnes qui observaient une régression dans leurs résultats.

b) Entre deux semaines et un mois d'appareillage

Nous allons analyser les résultats de treize personnes.

On cherche à comparer les pentes des deux courbes suivantes. Sont-elles résolument différentes ?



RSB 0/RSB 3

On cherche à comparer la pente de la courbe entre les points 2 et 3.

	Moyenne	Ec-Type	Différ.	Ec-Type Différ.	t	dl	p
2sem_RSB (0)-RSB (3)	9,45	10,77					
1mois_RSB(0)-RSB (3)	6,18	8,60	3,27	13,66	0,79	10	0,22

Différence du pourcentage d'erreur entre RSB=0dB et RSB=3dB à deux semaines puis à un mois.
Puis comparaison de cette différence de pourcentage d'erreurs entre le premier mois et la deuxième semaine.

Le gain de reconnaissance phonémique ne s'améliore pas significativement entre deux semaines et un mois entre les RSB 0 et 3. Le bruit gêne de la même façon entre deux semaines et un mois.

RSB 3/RSB 6

On cherche à comparer la pente de la courbe entre les points 1 et 2.

	Moyenne	Ec-Type	Différ.	Ec-Type Différ.	t	dl	p
2sem_RSB(3)-RSB(6)	11,45	11,32					
1mois-RSB(3)-RSB(6)	7,64	8,52	3,82	10,18	1,24	10	0,120000

Même remarque.

RSB 0/RSB 6

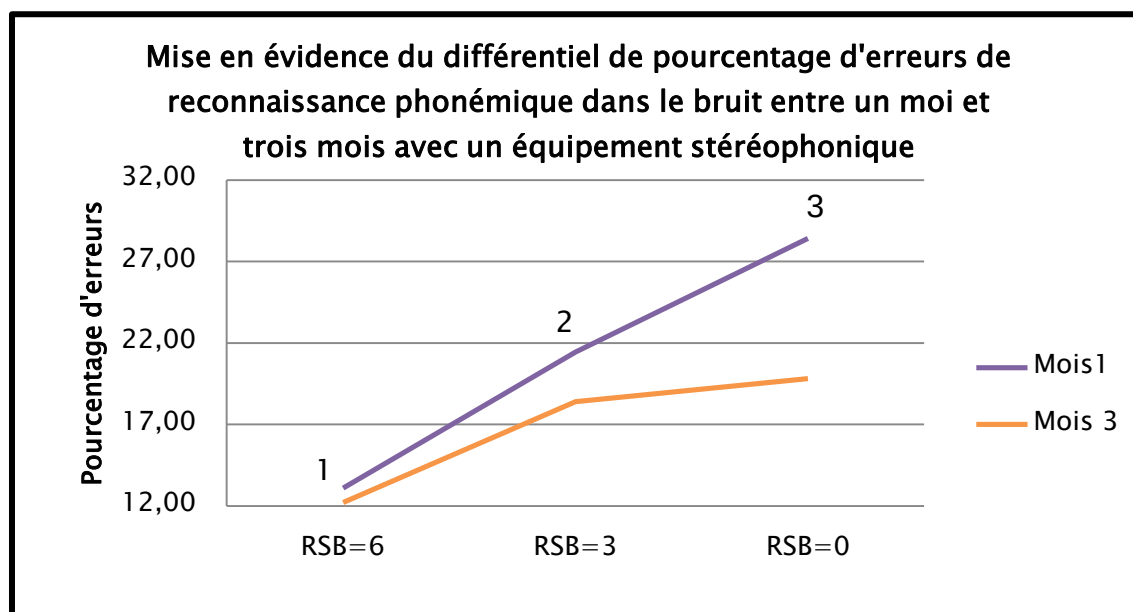
On cherche à comparer la pente de la courbe entre les points 1 et 3.

	Moyenne	Ec-Type	Différ.	Ec-Type Différ.	t	dl	p
2sem_RSB(0)-RSB(6)	20,909	10,931					
1mois_RSB(0)-RSB(6)	13,818	11,948	7,091	9,481	2,481	10	0,016500

En conclusion nous constatons que le gain en pourcentage d'erreurs est très important entre le rapport signal sur bruit de 0 et 6 ($t=2.48$, $p=0.016$). Le fait de ne pas avoir une différence significative entre 0 et 3, 3 et 6 vient du fait du nombre de patients retraits et qu'entre 0 et 6, nous avons un effet de cumul. Plus précisément le pourcentage d'erreur gagné entre 0 et 6 est plus important à deux semaines qu'à un mois. Cela signifie qu'à un mois le bruit pénalise moins la personne. Ou à un mois, le patient est relativement plus adapté au bruit qu'à deux semaines.

c) Entre un mois et trois mois d'appareillage

Nous allons maintenant réaliser les mêmes procédures statistiques pour le premier et le troisième mois d'appareillage. Les scores de seize sujets sont analysés.



RSB 0/RSB 3

On cherche à comparer la pente des deux courbes entre les points 2 et 3.

	Moyenne	Ec-Type	Différ.	Ec-Type Différ.	t	dl	p
1mois_RSB(0)-RSB(3)	6,33	6,21					
3mois_RSB(0)-RSB(3)	2,07	4,08	4,27	6,01	2,75	15	0,007798

Les deux pentes sont « significativement » très différentes ($t=2,75$; $p=0,0078$).

RSB 3/RSB 6

On cherche à comparer la pente des deux courbes entre les points 1 et 2.

	Moyenne	Ec-Type	Différ.	Ec-Type Différ.	t	dl	P
1mois_ RSB(3)-RSB(6)	8,38	9,64					
3mois_ RSB(3)-RSB(6)	4,00	4,79	4,38	8,83	1,98	15	0,033000

Les deux pentes sont « significativement » différentes ($t=1,98$; $p=0,03$).

RSB 0/RSB 6

On cherche à comparer la pente des deux courbes entre les points 1 et 3.

	Moyenne	Ec-Type	Différ.	Ec-Type Différ.	t	dl	p
1mois_ RSB(0)-RSB(6)	14,60	12,12					
3mois_ RSB(0)-RSB(6)	5,67	6,56	8,93	11,73	2,95	14	0,005000

Les deux pentes sont « significativement » très différentes ($t=2,95$; $p=0,005$).

Nous constatons que tous les gains de reconnaissance phonémique entre un et trois mois sont significatifs, plus précisément les sujets sont moins gênés par le bruit, il a beaucoup moins de répercussions pour reconnaître les phonèmes. Autrement dit pour trois mois d'appareillage, le différentiel entre chaque rapport signal/bruit augmente moins que pour un mois. Cela confirme encore une fois l'adaptation du patient au cours du temps.

Nous n'analyserons pas le différentiel entre deux semaines et trois mois car il nous semble évident que les tendances obtenues vont être plus accrues.

5) Effet de l'âge

Notre population a été répartie en deux groupes. Le groupe 1 est constitué de personnes âgées de moins de 75 ans et le groupe 2 est constitué de personnes âgées de 75 ans et plus.

On veut comparer les deux tranches d'âges et leur vitesse d'adaptation en fonction du temps d'appareillage. On veut répondre à la question suivante:

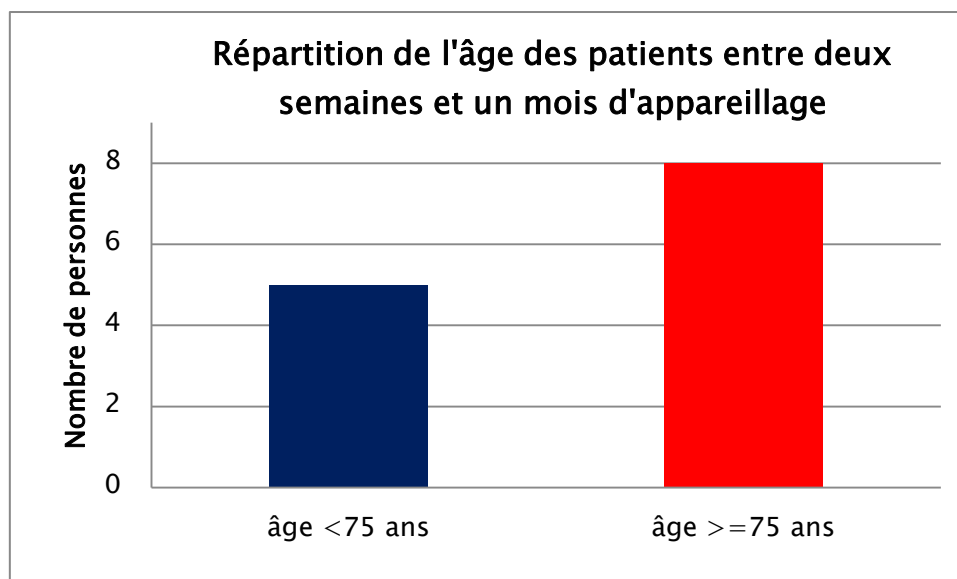
Un groupe évolue-t-il plus rapidement que l'autre au cours du temps ?

Seul l'âge a été pris en compte pour réaliser les deux différents groupes, par conséquent devant le faible nombre de patients, il existe une grande variabilité interindividuelle dans ces deux derniers.

Pour répondre à cette question on peut, soit effectuer différents tests de Student, soit effectuer une procédure globale en utilisant l'analyse de la variance (ANOVA) qui prend en compte le facteur âge et le facteur temps d'appareillage. Rappelons que l'analyse de la variance permet de calculer le rapport F de Fisher-Snedecor pour chaque facteur et une p valeur correspondante qui permet de décider s'il y a un effet significatif ou pas. Les résultats sont significativement différents (globalement) si $p < 0.05$.

a) Comparaison de l'évolution entre deux semaines et un mois

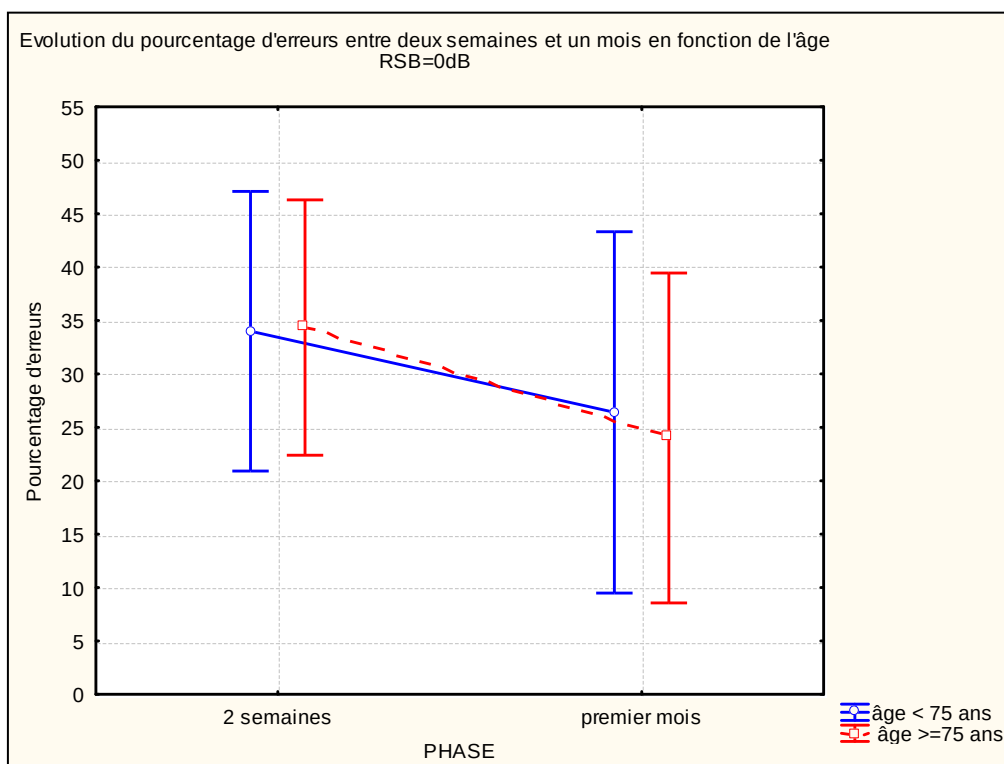
Nous n'avons pas enlevé les personnes réalisant une régression du pourcentage d'erreurs au cours des différentes passations, car nous pensons que l'âge a une influence sur l'état de forme des personnes.

Répartition de l'âge

Au total treize sujets ont subi le test à deux semaines et un mois ce qui nous conduit à analyser les statistiques avec cinq personnes de moins de 75 ans et huit personnes de 75 ans et plus.

RSB=0 dB

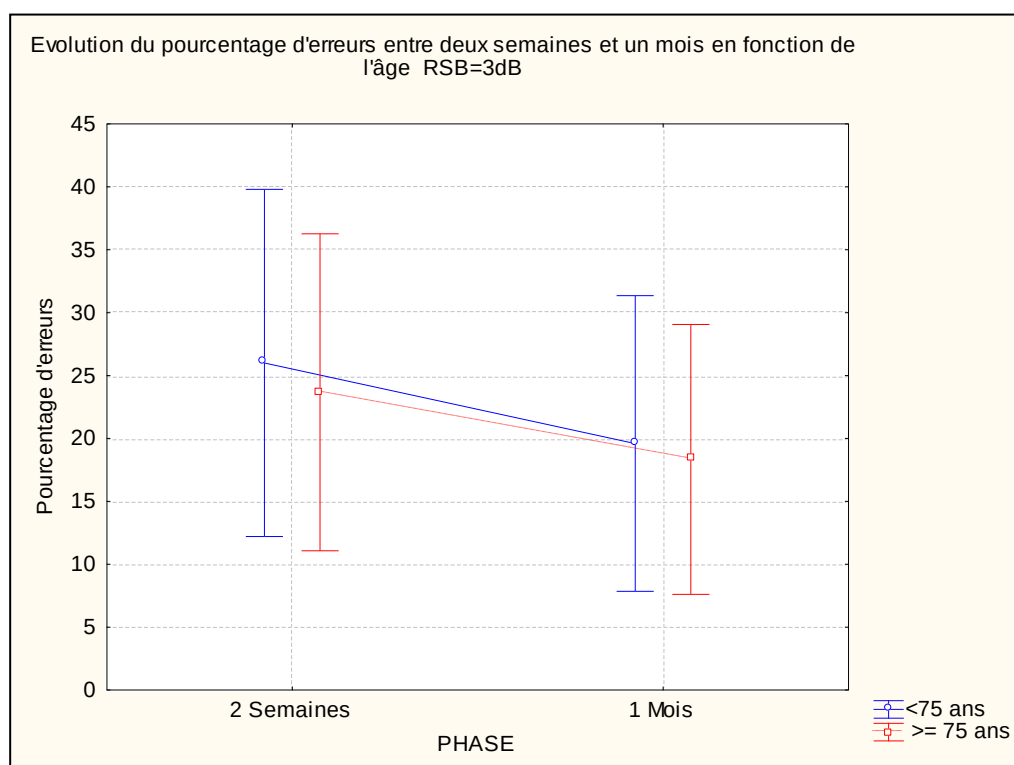
RSB=0dB entre 2semaines-1mois	F	p
PHASE*tranche d'âge	0,24	0,636



Conclusion : L'analyse montre que globalement, pour un RSB=0dB, qu'il n'y a pas de différence entre les deux tranches d'âge (globalement). Par conséquent on peut dire qu'il y a une absence d'interaction âge et temps d'appareillage, ce qui signifie que les deux tranches d'âge évoluent à la même vitesse ($F=0.24$, $p=0.636$).

RSB= 3 dB

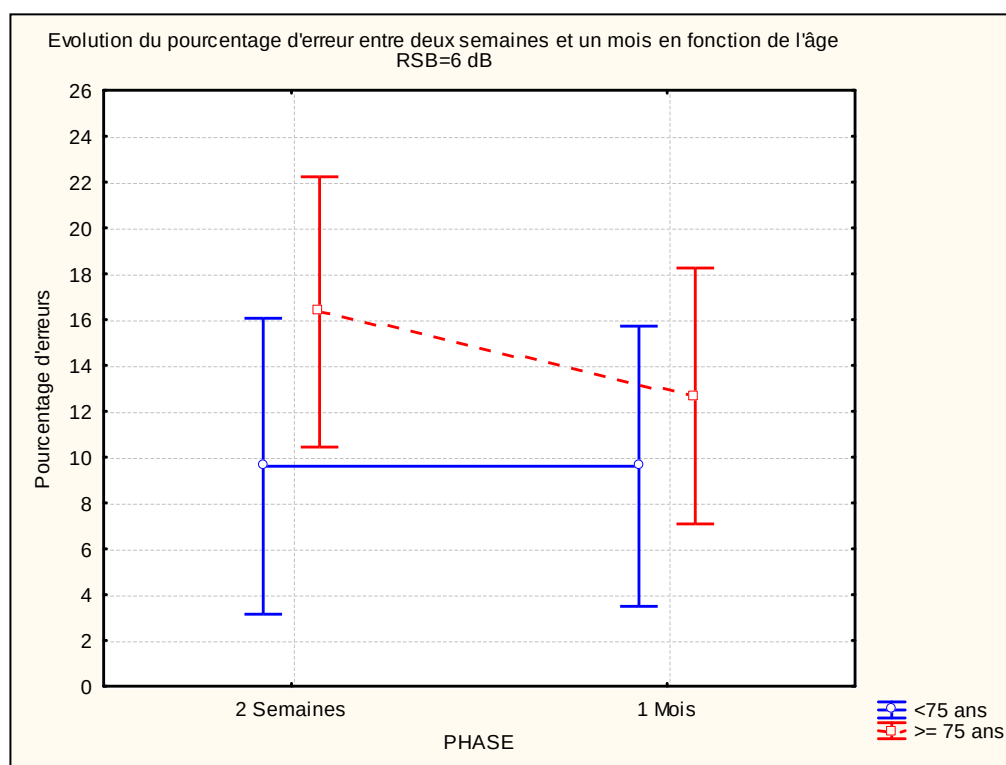
RSB=3dB entre 2semaines-1mois	F	p
PHASE*tranche d'âge	0,03	0,87



Idem (même commentaire qu'à 0dB)

RSB=6 dB

RSB=6dB	entre	F	p
2semaines-1mois			
PHASE*tranche d'âge		2,513	0,07



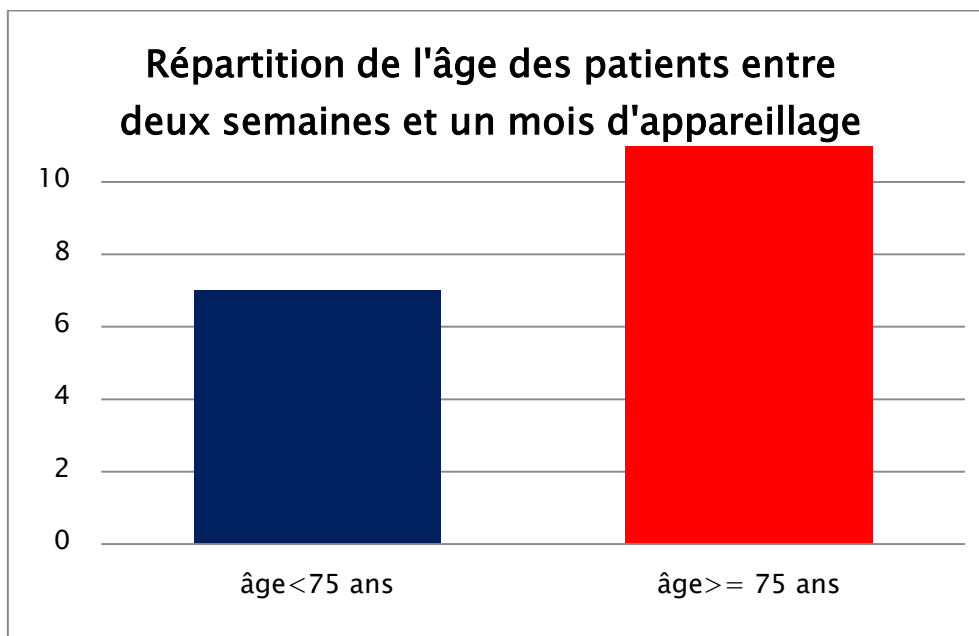
Conclusion : L'analyse de la variance indique que l'interaction entre le temps d'appareillage et l'âge est presque significative ($p=0.07$). Nous allons chercher à comprendre les raisons de cette interaction en effectuant un test de Student seulement pour le groupe des plus de 75 ans qui semble avoir une évolution significative à première vue.

plus de 75 ans	Moyenne	Ecart-Type	t	dl	p
semaine2_RSB=6dB	16,33	7,31			
mois 1 RSB= 6dB	12,67	6,65	2,10	5	0,045000

Nous constatons qu'il y a une différence significative ($t= 2.10$, $p=0.045$) entre deux semaines et un mois alors qu'elle ne l'est pas pour les moins de 75 ans. Autrement dit, les personnes âgées de 75 ans et plus voient leur reconnaissance phonémique évoluer entre deux semaines et un mois pour un rapport signal/bruit de 6 dB, ce qui n'est pas le cas pour les personnes de moins de 75 ans, pour qui le pourcentage d'erreurs est stable.

b) Comparaison entre un mois et trois mois

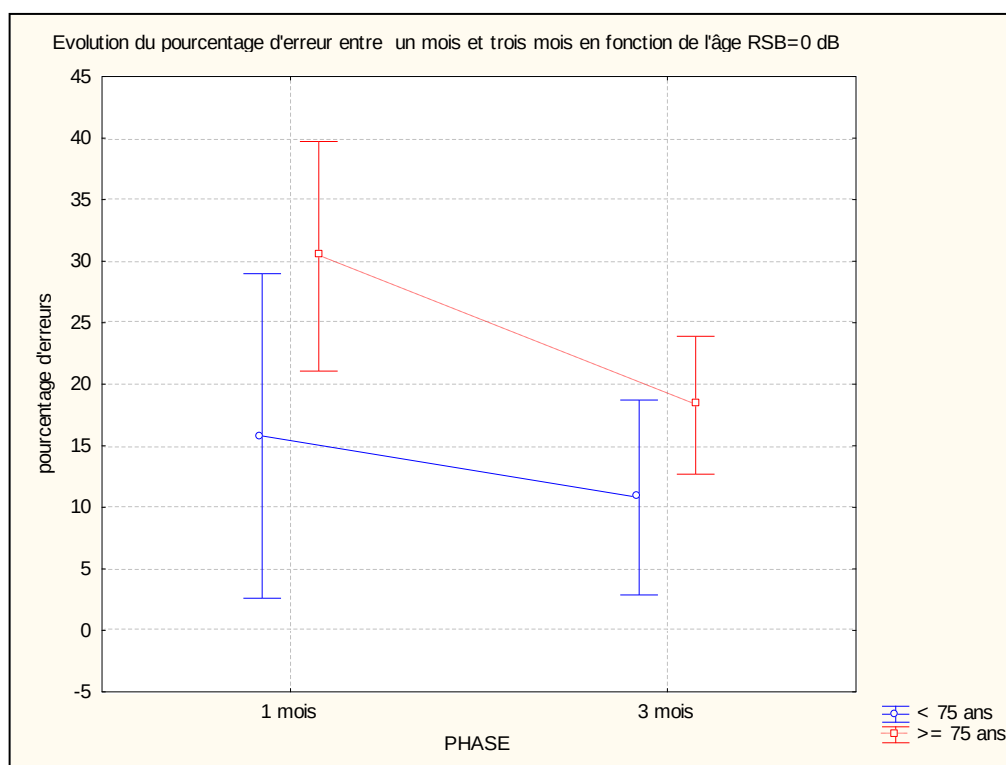
Répartition de l'âge



Au total dix-huit patients ont subi le test à un mois et trois mois d'appareillage ce qui nous conduit à analyser les statistiques avec sept personnes de moins de 75 ans et onze personnes de 75 ans et plus.

RSB= 0 dB

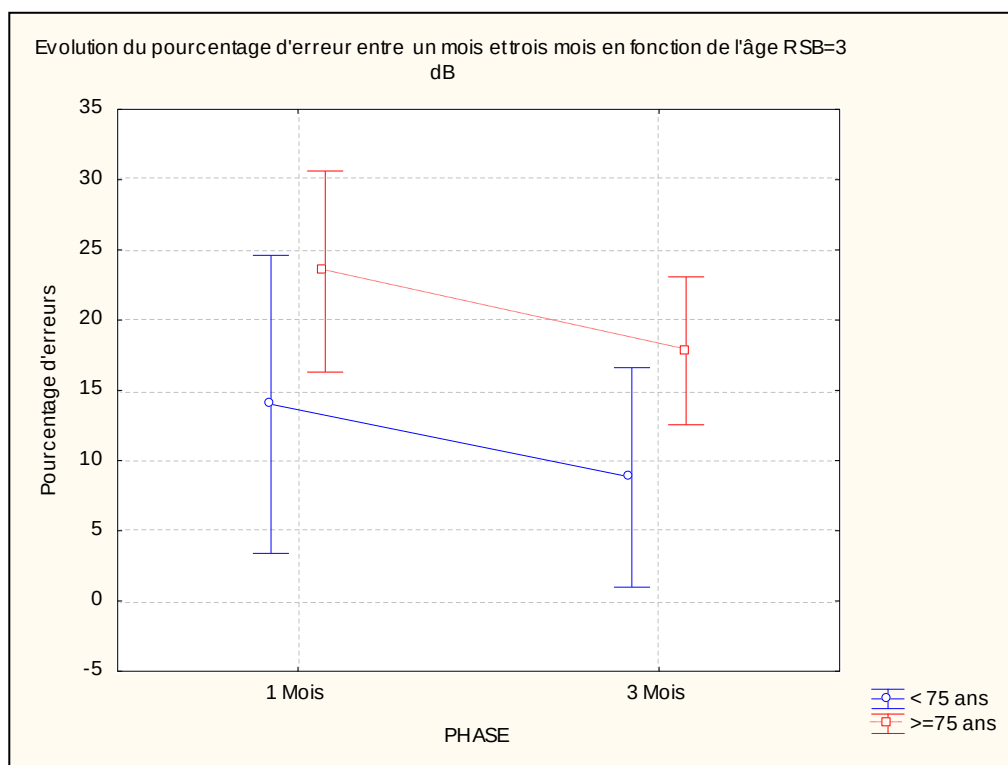
0 dB 1mois-3 mois	F	p
PHASE*tranche d'âge	1,328	0,27



Conclusion : Nous constatons au vue des résultats, on ne peut pas affirmer que les patients de 75 ans et plus voit leur compréhension s'améliorer plus rapidement en milieu bruyant pour un RSB=0, autrement dit les deux tranches d'âges évoluent à la même vitesse ($F=1.328$, $p=0.27$).

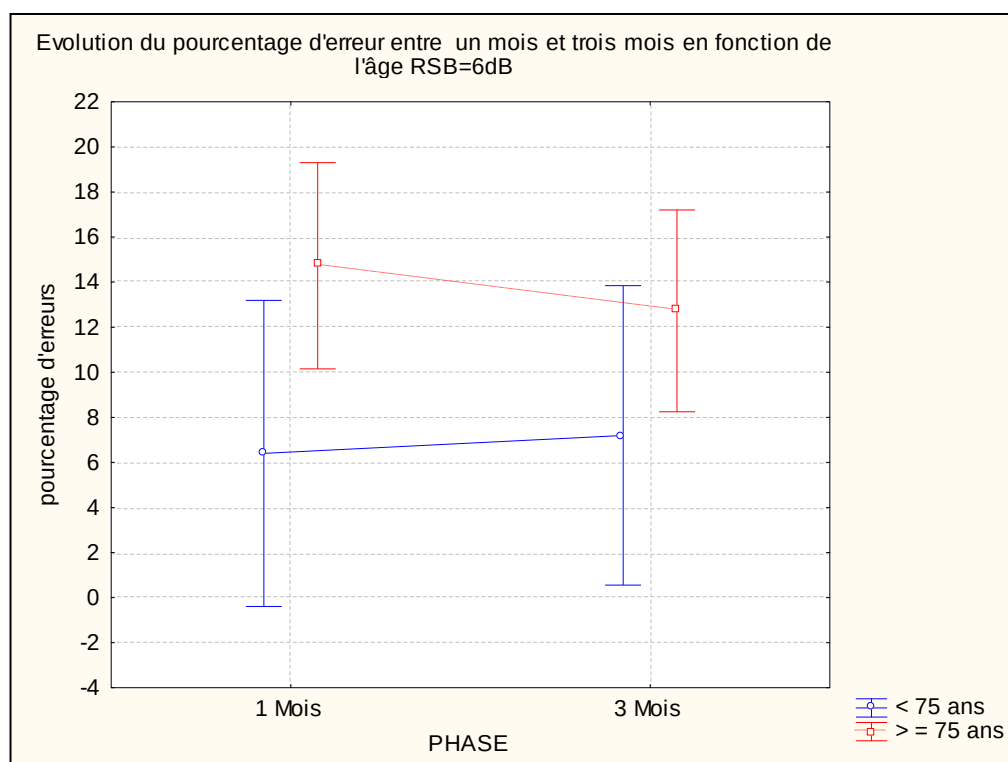
RSB= 3 dB

3 dB 1mois-3 mois	F	p
PHASE*tranche d'âge	0,01	0,46



RSB=6 dB

6 dB 1mois-3 mois	F	p
PHASE*tranche d'âge	1,012	0,165



Conclusion Nous constatons que la pente du nombre d'erreur est plus abrupte pour les personnes âgées de plus 75 ans, malgré cette amélioration nous ne sommes pas en mesure d'affirmer que l'âge peut interagir avec la vitesse d'évolution ($F=1.012$, $p=0.165$)

6) Comparaison des pourcentages d'erreurs selon le sexe :

Le nombre de femmes qui ont suivi tous les protocoles expérimentaux est très faible, c'est pourquoi les statistiques ne sont pas très pertinentes. De plus en vue du nombre restreint de personnes, il y a énormément de biais.

Dans le tableau ci-dessous, la moyenne 1 et l'écart-type 1 correspond respectivement à la moyenne du nombre d'erreurs des hommes. Il en est de même que le code 2 correspond à celui des femmes.

selon sexe	Moyenne 1	Moyenne 2	Valeur t	dl	p	Ecart-Type 1	Ecart-Type 2
semaine2 Avec aca RSB=6dB	13,56	16,00	-0,48	10	0,6411	8,11	5,29
Semaine2 Avec aca RSB=3dB	20,22	37,33	-2,52	10	0,0304	9,46	12,70
semaine2 Avec aca RSB=0dB	35,78	34,67	0,13	10	0,9017	13,06	13,61
Mois 1 Avec aca RSB= 6dB	14,63	11,75	0,64	22	0,5268	12,02	5,06
Mois 1 Avec aca RSB=3dB	24,38	22,00	0,40	22	0,6941	16,09	6,41
Mois 1 Avec aca RSB=0dB	29,38	29,88	-0,07	22	0,9439	17,64	12,77
Mois 3 Avec aca RSB=6dB	9,00	13,20	-1,16	17	0,2636	6,31	8,79
Mois 3 Avec aca RSB=3dB	13,29	16,80	-0,79	17	0,4422	8,54	8,67
Mois 3 Avec aca RSB=0dB	16,38	18,80	-0,52	17	0,6126	8,34	10,35

En conclusion : Pour cet échantillon, la majorité des résultats ne semblent pas significatifs, sauf à la deuxième semaine d'appareillage pour le RSB=3dB ($t=-2,52$; $p=0,0304$). Les deux sexes ne semblent pas présenter de différence de compréhension en milieu bruyant. Néanmoins ces analyses ne sont pas fiables étant donné du nombre important de biais.

7) Corrélation entre le pourcentage d'amélioration de reconnaissance phonémique et la perte moyenne des patients

Une étude réalisée par Barrenas et Wikstrom montrent que la compréhension de la parole en milieu bruyant est influencée principalement par la perte dans les hautes fréquences. Ainsi il est plus facile de prévoir les performances des sujets en milieu bruyant grâce à leur audiogramme. L'audiométrie vocale ne peut absolument pas nous aider à diagnostiquer les performances de notre patient en milieu bruyant (22). De ce fait, nous sommes en droit de nous demander si la perte moyenne joue un rôle sur les chances d'améliorations des scores en milieu bruyant des individus. Les pertes moyennes ont été calculées sur 5 fréquences : 500 Hz, 1000 Hz, 2000 Hz, 3000 Hz et 4000 Hz. Aucune pondération n'a été accordée aux fréquences. Puis nous avons calculé la moyenne des deux oreilles. A noter que nous avons quasiment que des surdités symétriques.

a) Etude descriptive des pertes moyennes pour chaque période de test

Statistiques descriptives des pertes moyennes pour les personnes réalisant le test à deux semaines et un mois d'appareillage

Moyenne	46,0833333
Maximum	63
Minimum	39
Ecart-type	6,59832394

Statistiques descriptives des pertes moyennes pour les personnes réalisant le test à un mois et trois mois d'appareillage

Moyenne	46,47058824
Maximum	63
Minimum	35
Ecart-type	7,62493973

Statistiques descriptives des pertes moyennes pour les personnes réalisant le test à deux semaines et trois mois d'appareillage

Moyenne	47,375
Maximum	63
Minimum	40
Ecart-type	7,308263425

b) Réalisation des calculs

Pour chaque niveau RSB avec ou sans appareil, nous avons dans un premier temps calculé la différence entre les pourcentages d'erreurs des deux périodes. Par exemple si un patient avec appareil au niveau RSB=0 dB réalise un pourcentage

d'erreurs à deux semaines de 30% et un pourcentage d'erreurs à un mois de 20%, sa différence calculée est :

$$\text{OdB_avec_}(2\text{sem}-1\text{mois}) = 30-20 = 10\%$$

Cette différence représente un bénéfice entre les deux périodes (gain en termes d'erreurs)

Ensuite on calcule le coefficient de corrélation entre cette différence et la perte moyenne des deux oreilles pour l'ensemble des patients.

Si la corrélation calculée est positive, cela signifie plus la personne a une grande perte, plus elle a un bénéfice important,

Inversement si la corrélation calculée est négative, cela signifie que plus la personne a une grande perte, moins elle présente un bénéfice, c'est-à-dire que le gain en terme de pourcentage d'erreur est important.

On effectue ensuite un test de Student pour savoir si ces corrélations sont significatives.

En annexe, se trouve les nuages statistiques de la corrélation lorsque cette dernière est significative qui permet d'illustrer les liens et donne la droite de régression.

c) Résultats de l'analyse de corrélation

Avant d'analyser les corrélations, le tableau suivant met en avant la moyenne, le minimum, l'écart-type, et l'intervalle confiance à 95% des gains en termes d'erreurs entre les deux périodes.

	Moyenne	Confiance inf	Confiance sup	Minimum	Maximum	Ecart-type
0dB_avec_(2sem-1mois)	6,00	-1,22	13,22	-22,00	26,00	11,94
3dB_avec_(2sem-1mois)	3,08	-3,96	10,12	-20,00	30,00	11,65
6dB_avec_(2sem-1mois)	-0,46	-4,85	3,93	-18,00	12,00	7,26
0dB_avec_(1mois-3mois)	8,62	2,50	14,75	-4,00	44,00	11,49
3dB_avec_(1mois-3mois)	2,94	-2,14	8,02	-16,00	32,00	9,88
6dB_avec_(1mois-3mois)	1,18	-1,50	3,85	-10,00	10,00	5,20
0dB_sans_(2sem-3mois)	5,67	-7,16	18,50	-6,00	24,00	12,23
3dB_sans_(2sem-3mois)	2,00	-8,13	12,13	-14,00	20,00	10,95
6dB_sans_(2sem-3mois)	-4,00	-16,90	8,90	-32,00	12,00	13,95
0dB_avec_(2sem-3mois)	9,38	-3,60	22,35	-22,00	29,00	15,52
3dB_avec_(2sem-3mois)	-1,00	-14,90	12,90	-36,00	12,00	16,63
6dB_avec_(2sem-3mois)	0,50	-8,99	9,99	-24,00	12,00	11,35

On remarque que la diminution du nombre d'erreurs se fait davantage remarquer pour le signal bruit égale à 0. Nous constatons que le maximum de bénéfice entre deux périodes est vraiment très important (jusqu'à 44% d'amélioration entre un et trois mois pour le rapport signal sur bruit de zéro).

Entre deux semaines et un mois avec un appareillage

Perte moyenne	Corrélation	t	p
0dB_avec_(2sem-1mois)	-,8283	-5,53	0,000
3dB_avec_(2sem-1mois)	-,6036	-2,83	0,013
6dB_avec_(2sem-1mois)	-,6045	-2,84	0,131

Calcul du coefficient de corrélation entre la différence calculée et la perte moyenne des patients.

Test de Student qui permet de constater si les corrélations sont significatives ou non.

Nous remarquons une corrélation très significative pour le rapport signal bruit de 0 dB ($t = -5,53$; $p = 0,000$) cette significativité semble diminuer avec l'augmentation du rapport signal sur bruit ($t = -2,83$; $p = 0,013$) pour le RSB=3dB et ($t = -2,84$; $p = 0,131$)

pour le RSB= 6dB. De plus nous pouvons noter que cette corrélation est négative, par conséquent moins la perte auditive est importante, plus la personne verra une progression dans ces résultats.

Entre un mois et trois mois avec un appareillage

Perte moyenne	corrélation	t	p
0db_avec_ (1mois-3mois)	0,03	0,12	0,9034
3db_avec_ (1mois-3mois)	-0,24	-0,91	0,3803
6db_avec_ (1mois-3mois)	-0,51	-2,20	0,0453

La corrélation pour un RSB de 0 et 3 dB n'est pas significative ($t=0.12$; $p=0.90$; $t=0.91$; $p=0.38$) respectivement. En revanche pour RSB=6 dB, la corrélation est significative, cela signifie que la perte influence l'amélioration au cours du temps. Nous avons une corrélation négative, cela signifie donc que plus la perte est importante, moins l'amélioration de reconnaissance phonémique se fait ressentir entre un mois et trois mois d'appareillage.

Entre deux semaines et trois mois avec un appareillage

Perte moyenne	corrélation	t	p
0db_avec_ (2sem-3mois)	-0,83	-5,51	0,0001
3db_avec_ (2sem-3mois)	-0,77	-4,49	0,0005
6db_avec_ (2sem-3mois)	-0,91	-8,41	0,0000

Entre deux semaines et trois mois, la corrélation est très significative et ce pour chacun des trois rapports signal sur bruit avec $t=-5,51$ et $p=0,0001$ pour le RSB= 0 dB ; $t=-4,49$ et $p=0,0005$ pour RSB=3 dB ; $t=-8,41$ et $p=0,000...$ pour RSB=6 dB. La perte influe énormément sur les chances d'amélioration des scores de reconnaissance phonémique. Nous avons des corrélations négatives ce qui indique

que plus la personne est atteinte de surdité neurosensorielle importante, moins elle verra améliorer ses performances en milieu bruyant.

Entre deux semaines et trois sans appareillage

Perte moyenne	corrélation	t	p
0db_sans_ (2sem-3mois)	0,52	2,27	0,0394
3db_sans_ (2sem-3mois)	0,00	0,01	0,9909
6db_sans_ (2sem-3mois)	-0,68	-3,51	0,0035

Lorsque le sujet effectue les tests sans les appareils auditifs entre deux semaines et trois mois, nous avons des résultats quelque peu surprenants : en effet nous constatons une corrélation significative pour le rapport signal sur bruit égale à 0 ($t=2,27$; $p=0.039$) mais cette corrélation est positive : plus la personne est handicapée par sa perte auditive, plus le gain de reconnaissance phonémique est important. Pour un rapport signal sur bruit de 3 dB, nous n'avons pas de corrélation entre la perte auditive et l'amélioration des performances des patients. En revanche pour le rapport signal sur bruit de 6 dB, nous montrons une corrélation ($t=-3,51$; $p=0,0035$), cette dernière est négative, donc les personnes atteintes d'une perte plus légère verront leur score s'améliorer davantage que des personnes plus atteintes. Cela peut être expliqué par le faible nombre de patients et donc la part de différences interindividuelles se fait d'autant plus ressentir.

III. DISCUSSION

1) Comparaison des résultats en fonction du temps

L'évolution de la compréhension en milieu bruyant entre deux semaines et un mois d'appareillage est significative pour un rapport signal sur bruit égale à 0 et 3, outre le fait que le gain a évolué pendant les différentes phases (gain plus important à trois mois qu'à un mois qu'à deux semaines d'appareillage). On peut penser que le patient s'habitue aux appareils et développe de nouveaux repères pour l'écoute de la parole notamment en milieu bruyant et ce d'autant plus que le temps entre deux tests augmentent (le test est beaucoup plus significatif, entre un mois et trois mois qu'entre deux semaines et un mois d'appareillage). De plus même si le démasquage de la parole semble très limité pour les personnes malentendantes, le fait de rendre de l'audibilité améliore ce dernier et donc la compréhension en milieu bruyant (Georges et al. 2006). Les tests statistiques ne marquent pas de différence significative pour les rapports signal sur bruit de 3 et 6 dB pour la phase 1mois-3mois et de 6 dB pour la phase 2semaines-1 mois. Et cette différence se fait d'autant moins ressentir que le bruit diminue. Cela peut être expliqué par le fait que la difficulté étant amoindrie, les sujets présentent déjà des performances correctes et le peu d'intervalle de temps entre les tests semble insuffisant pour marquer suffisamment l'amélioration. De plus les résultats peuvent être biaisés : en effet un certain nombre de patients ne sont pas revenus pour une deuxième période de tests. Suite à leurs absences, nous les avons appelés et nous ont répondu qu'ils ne souhaitaient pas revenir car les réglages leurs convenaient, alors que les personnes souhaitant modifier leurs réglages sont toutes venues au rendez-vous. De plus, nous aurions peut être vu une évolution significative si notre échantillon était plus grand.

A contrario, le mémoire soutenu par T. Nenejian montre une significativité entre les résultats de reconnaissance phonémique au test de Lafon à deux semaines et un mois d'appareillage. Néanmoins, le patient n'utilise pas les mêmes stratégies de compréhension. En effet son étude s'étant réalisé dans le silence, le patient utilise l'enveloppe temporelle pour décoder la parole, qui reste intact chez les personnes malentendantes à la différence de la structure fine qui se voit dégradée et sert à comprendre en milieu bruyant. En revanche par effet de cumul, nous avons une

différence significative pour les RSB égale à 3 et 6 dB entre les phases de 2 semaines-3 mois. Ce qui conforte le fait qu'une plasticité secondaire se mette en place. On peut supposer à l'appui des études que les améliorations sont significatives dès un mois d'adaptation (des différences significatives seraient sans doute constatées au premier mois d'appareillage si les personnes avaient été testées lors du premier jour de prêt des appareils auditifs).

2) Les effets du temps sur le différentiel des rapports signal/bruits pour les patients avec appareillage

Les résultats trouvés confortent que la plasticité cérébrale est très rapide à se mettre en place. Le gain de reconnaissance phonémique ne présente pas de différence significative entre deux semaines et un mois. L'impact du bruit semblerait le même... Néanmoins, on voit une différence entre deux phases pour les RSB= 0 dB et RSB= 6 dB. Par conséquent, l'impact du bruit est moins important au cours de l'adaptation. Et ce manque de significativité des gains de reconnaissance phonémique pour le différentiel de rapport signal/bruits de 0-3 et 3-6dB peut être expliqué, sans certitude, par le nombre restreint de patient conjointement à l'étude statistique précédente concernant la comparaison des résultats au cours du temps. Pour obtenir des statistiques certaines, il aurait fallu tester davantage de patients. En revanche, tous les gains de reconnaissances phonémiques sont significatifs entre un mois et trois mois, cela signifie que le bruit a beaucoup moins d'impact pour la compréhension en milieu bruyant. Les performances du rapport signal sur bruit supérieur se rapprochent des performances du rapport signal sur bruit inférieur. Autrement dit, les erreurs augmentent beaucoup moins vite au cours de l'adaptation lorsque le rapport signal sur bruit diminue. Les sujets se sont acclimatés à leurs appareils. Et cette acclimatation se poursuit au-delà du premier mois d'appareillage conformément à l'incidence sur la dynamique auditive vue en première partie. Ces résultats démontrent également une plasticité cérébrale pour tous types de pertes, même celles en pentes douces.

3) Effet de l'âge

Cette partie est à analyser avec prudence : en effet, même si nous comparons l'âge de deux groupes, ces groupes ne sont pas homogènes et donc il y a quelques

biais, comme par exemple leur perte auditive, l'appareil auditif ou même les personnes en elle-même. Pour obtenir des statistiques fiables, cette étude aurait dû être menée sur des centaines de patients. Néanmoins, nous pouvons en tirer quelques grandes lignes :

Sur nos échantillons, l'âge ne semble pas influencer sur la vitesse d'évolution de la reconnaissance phonémique globalement. Quelque soit la tranche d'âge, les résultats semblent évoluer de la même façon, sauf pour le rapport signal sur bruit de 6 dB entre les phases de deux semaines et un mois d'appareillage. Cela peut être expliqué par le fait que les patients âgés de moins de 75 ans présentent dès le départ une bonne reconnaissance phonémique, la plage d'amélioration est donc plus limitée. De plus, nous avons que sept personnes dans notre échantillon, et si une personne voit ses performances régresser, la moyenne est fortement diminuée, ce qui se confirme pour le même RSB entre les périodes de un mois et trois mois qui voient même ces performances diminuer. On peut donc penser que quelque soit le rapport signal sur bruit, et quelque soit les différentes phases d'adaptations, les personnes évoluent à la même vitesse. De plus, nous pouvons ajouter une critique sur les deux tranches d'âges choisies. Même si de manière générale, la forme physique a tendance à régresser globalement à partir de 75 ans, cela n'est qu'une moyenne et devant un si petit échantillon, la part individuelle est très importante et varie vraiment selon les personnes. Conformément à notre étude, Monsieur Bizeau expose un mémoire où il compare l'intelligibilité en milieu silencieux de deux groupes parfaitement homogènes et se différenciant uniquement par leur âge (moyenne de 61 ans et de 74.4 ans). La comparaison statistique de l'évolution de l'intelligibilité, entre les deux populations, pour chaque période de tests (J, J+7, J+15, J+30, J+45 jours d'adaptations) n'est pas significative (21). Une étude de Barrenas et Wikstrom montre que l'âge n'a pas d'impact sur les résultats de compréhension dans le bruit s'il n'y a pas de perte. Il en est de même pour des personnes présentant un même degré de perte auditive pour des personnes âgé entre 65 et 75 ans. Le score de reconnaissance phonémique est relativement le même (22). En conclusion, à partir de 65 ans, l'âge ne semble pas jouer un rôle sur les scores de reconnaissances phonémique et sur leur évolution suite à l'adaptation d'un appareillage stéréophonique.

4) Corrélation entre le pourcentage d'amélioration de reconnaissance phonémique et la perte moyenne des patients

Entre deux semaines et un mois, la significativité des résultats augmente régulièrement avec la diminution du rapport signal sur bruit. A la différence de la période d'adaptation entre un mois et trois mois d'appareillage où nous avons des résultats opposés : plus le rapport signal sur bruit augmente, plus la corrélation est significative. Quant à la période deux semaines- trois mois d'appareillage, nous ne constatons pas de régularité dans les résultats pour les tests réalisés avec un appareillage, MAIS ces derniers sont toujours significatifs avec une corrélation négative. Nous avons très peu de patients pour cette période, cependant nous pensons que si la corrélation est significative pour très peu de patient, elle le sera d'autant plus que le nombre de patient sera plus important.

Les résultats sont plus anarchiques, lorsque les tests de corrélation sont réalisés sans les appareils. Nous ne savons pas exactement comment expliquer ce manque de régularité logique, mais ce dernier peut, peut être, être dû aux différents biais (âge, marque des appareils, gamme, évolution des réglages différentes...) mais aussi au faible nombre de patients.

Un élément essentiel semble tout de même se dégager : nous remarquons que quasiment toutes les corrélations sont négatives, sauf pour le RSB= 0dB entre un mois et trois d'appareillage, corrélation = 0,03 (qui est presque négatif) . Ce qui nous amène à la conclusion suivante : plus la prise en charge de la déficience auditive est précoce, meilleure sera la progression des performances de la compréhension en milieu bruyant.

Les conclusions dégagées méritent d'être vérifiées par des chercheurs qui testeront un plus grand nombre de sujet et limiteront quelques biais comme l'âge, l'appareil utilisé... En effet la part de différences interindividuelle entre les sujets doit probablement être la cause de certains résultats inexplicables.

Conclusion

Notre objectif de départ était de quantifier l'amélioration attendue lors d'un premier appareillage. Pour évaluer la durée de la phase d'adaptation nous avons utilisé plusieurs procédures statistiques pour mesurer directement l'amélioration de l'intelligibilité. Nous avons également cherché à mesurer l'impact du bruit sur la compréhension en milieu bruyant sur les différentes périodes d'adaptation.

Dores et déjà, nous pouvons tirer de notre étude que les progrès évoluent régulièrement au cours du temps, mais que chaque rapport signal sur bruit évolue de façon différente. Nous montrons également qu'il est inutile d'effectuer des tests à chaque rendez-vous sous peine de décourager le patient devant une faible amélioration. Notre étude montre également que l'appareillage en lui-même n'améliore pas grandement la compréhension en milieu bruyant, mais c'est bien l'effet de la plasticité cérébrale induit par l'appareillage auditif qui permet d'améliorer l'intelligibilité en milieu bruyant. Ce mémoire a été difficile à traiter compte tenu de la de l'âge avancé de la population qui a parfois difficile à se déplacer et aurait été sans douter réaliser différemment si la durée du stage était plus longue. C'est pourquoi, il serait intéressant de la réaliser par des chercheurs étudiant la progression de chaque sujet de deux semaines à 6 mois d'appareillage.

S'agissant des autres tests comme l'effet de l'âge ou la corrélation avec la perte auditive, notre population n'étant pas parfaitement homogène, les résultats trouvés ne sont pas définitifs.

Bibliographie

Bibliographie

- 1- H. BISCHOFF, BIZAGUET, « Les enveloppes temporelles de la parole, décodage et analyse. » Précis d'audioprothèse, Production, phonétique acoustique et perception de la parole. Masson.
- 2- DAN GNANSIA, sous la direction d'ALAN CHEVIGNE et CHRISTIAN LORENZI. « Intelligibilité dans le bruit et démasquage de la parole chez les sujets normo-entendants, malentendants et implantés cochléaires. » Les cahiers de l'audition Vol22 n°6 ; Nov/Dec 2009
- 3- M. DESAUNAY, S. GARNIER, « Vers une nouvelle vision de la perception temporelle. » Audio Info, la revue d'audioprothèse n°93, Octobre 2005
- 4- Texte tiré du mémoire de MATHIEU HUSSON, réalisé chez X. DEBRUILLE et co-encadré par le professeur LORENZI. « Les effets de masquage et de démasquage. » *Audio Info, la revue de l'audioprothèse n°100, Mai 2006*
- 5- C. RENARD, B. AZEMA, « Données fréquentielles et temporelles de la perception de la parole, Analyse des flux auditifs » Précis d'audioprothèse, Production, phonétique acoustique et perception de la parole. Masson.
- 6- DESAUNAY, DEBRUILLE, GARNIER, LORENZI, « Les troubles d'intelligibilité de la parole résultent-ils d'un codage anormal des informations de structure temporelle fine ? » *L'Ouïe Magazine, le magazine de la filière de l'audition N°11, Décembre 2006*
- 7- LUDIVINE AUBIN, « Au-delà de l'aide auditive...la plasticité cérébral avérée. » *Audio Info Hors série spécial ORL, Avril 2004*
- 8- ANNE MAY, CLAUS BRENNER LARSEN, ASGAUT WARLAND, « Le numérique suffit-il à améliorer l'audition dans le bruit ? » *Les cahiers de l'audition vol 11n°5 Sept/Oct 1998*

9- J-M. EDELINE, « Plasticité du système auditif central chez l'adulte. » *Les cahiers de l'audition Vol 16 n°2, Mars/avril 2003*

10- CATHERINE VIDAL, *Le cerveau évolue-t-il au cours de la vie ?* édition le Pommier, 2010, collection les petites pommes du savoir

11- CHRISTO PANTEV ET AL., "Short-term plasticity of the human auditory cortex." *Brain research 842 (1999) 192-199*

12- VOLKER DIETRICH ET AL., "Cortical reorganization in patients with high frequency cochlear hearing loss." *Hearing Research 158 (2001) 95-101*

13- B. PHILIBERT, L. COLLET, J-F VESSON, E. VEUILLET., "The auditory acclimatization effect in sensorineural hearing-impaired listeners: Evidence for functional plasticity." *Hearing Research 205 (2005) 131-142*

14- L. COLLET ET AL., *Améliorer le vécu sensoriel : du handicap à la restauration.* 2005 Collection : neuroscience sensorielle et cognitive

15- JAMES F., WILLOTT, "Physiological plasticity in the auditory system and its possible relevance to hearing aid use, deprivation effects, and acclimatization." *Ear and Hearing vol 17 n°3 (66S-77S)*

16- TALINE NENEJIAN, « Évolution du score phonétique en Lafon pour des sujets nouvellement appareillés, pendant le premier mois de port. » *Mémoire réalisé en vue de l'obtention du diplôme d'audioprothèse à l'université de Lyon en 2009*

17- B. PHILIBERT, L. COLLET, J-F VESSON, E. VEUILLET, «Intensity-related performances are modified by long-term hearing aid use : a functional plasticity." *Hearing research 165 (2002) 142-151*

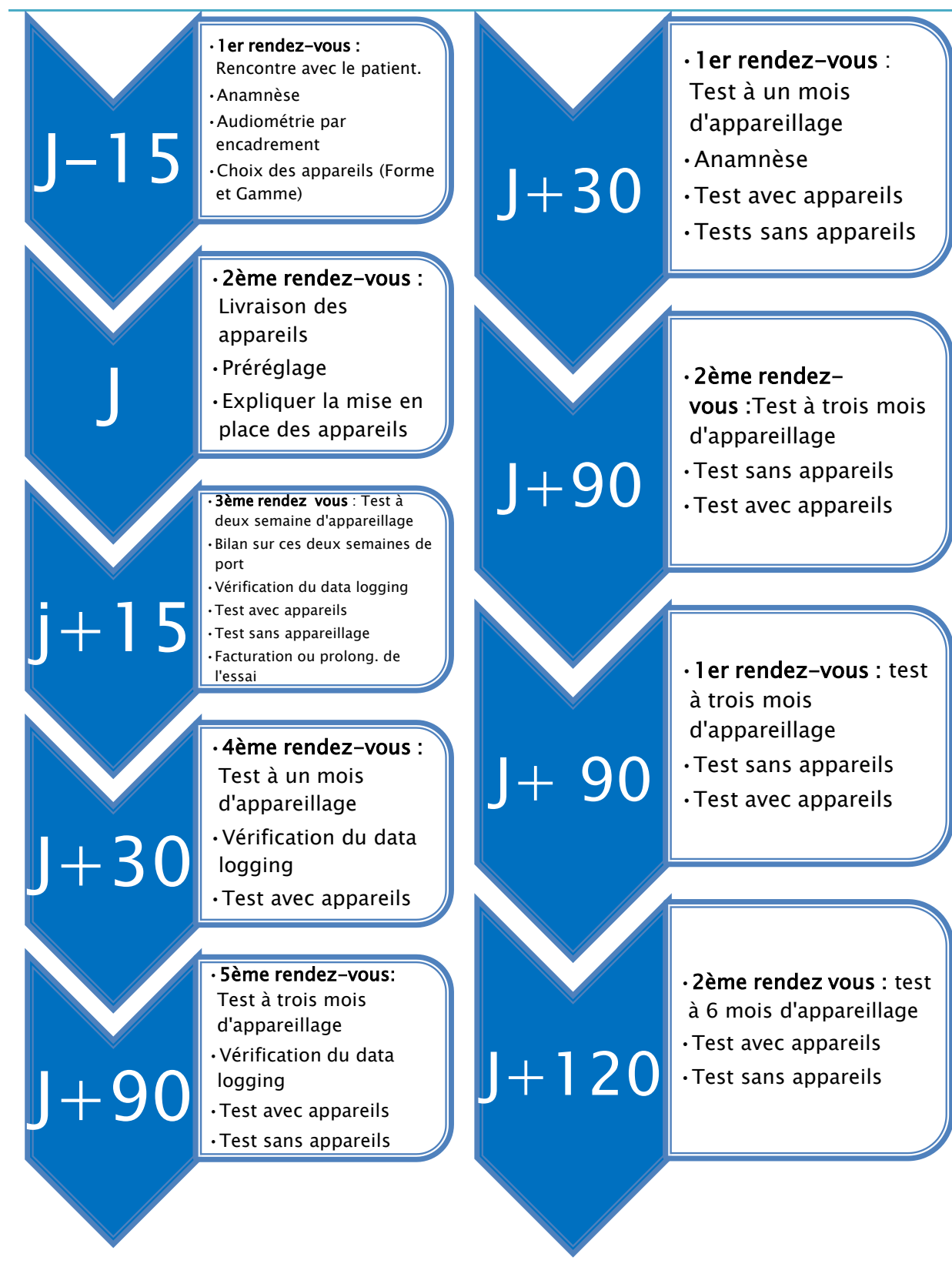
- 18- E. VEUILLET, D. GABRIEL, B. PHILIBERT, H. THAI VAN, L. COLLET, « Fonctions de la prothèse auditive : les principaux résultats du groupement de recherche CNRS prothèse auditive. » *Les cahiers de l'audition vol 17 n°3 mai/juin 2004*
- 19- S. GARNIER, « Pourquoi et comment tester l'intelligibilité en milieu bruyant ? » *Audio info, la revue de l'audioprothèse n°62, avril 2002*
- 20- DODELE L., LEFEVRE F, « Le contrôle immédiat de l'efficacité prothétique. Mesure objectives : Audiométrie vocale en présence de bruit. » *Précis d'audioprothèse tome III, l'appareillage de l'adulte : le contrôle d'efficacité prothétique*
- 21- FLORIAN BIZEAU, « Incidence de l'âge sur la phase d'adaptation. » *Mémoire réalisé en vue de l'obtention du diplôme d'audioprothèse à l'université de Lyon en 2009*
- 22- M.L. BARRENAS, I. WIKSTROM , "The influence of hearing and age on speech recognition scores in noise in audiological patients and in the general population." *Ear and hearing vol21n°6, décembre 2000*
- 23- E. BOUZIAN, « Intelligibilité dans le bruit et appareillage. » *Mémoire réalisé en vu de l'obtention du diplôme d'audioprothèse à l'université de Lyon en 2009*

Annexes

Annexe 1 : Liste verbo-fréquentielle de Dodelé

Patient : _____					
L1	L2	L3	L4	L5	
dB	dB	dB	dB	dB	Signal
dB	dB	dB	dB	dB	Bruit
a d un	ai d eu	an tr oi	o k a	a ss ain	
6 eu f an	4 ai f a	6 eu f é	4 au f ai	4 é f au	f 1,4
5 u <u>ss</u> ai	4 eu ss a	6 i ss eu	4 <u>ai</u> ss i	2 <u>ai</u> ss a	s 5,8
4 eu ch é	3 an ch é	5 a ch ou	3 é ch a	4 i ch an	ch 0,6
6 ain v a	3 <u>a</u> v au	4 i <u>v</u> é	4 a v on	6 on v a	v 2,7
3 ai z au	9 ou z eu	5 on z a	4 i z ain	6 ou z é	z 1,5
1 a j on	4 u j ai	4 u j é	4 é j o	4 eu j i	j 1,5
4 i <u>p</u> a	2 é <u>p</u> a	7 au p eu	4 eu p é	6 eu p ain	p 4
5 <u>ai</u> t é	7 i t eu	2 a t o	5 i t a	5 <u>ai</u> t i	t 5,3
4 eu k é	3 i k a	3 ou k an	4 an k ou	5 u k a	k 4
4 i b an	6 ai b eu	6 eu b a	3 a b ain	6 eu b an	b 1,1
7 eu d a	5 ain d eu	4 ain d an	4 an d eu	3 a d é	d 4,3
5 eu gu ain	4 é gu an	5 ai gu eu	6 eu g ai	4 an g o	gu 0,6
5 o <u>m</u> an	7 i m ain	1 a m ai	5 i m é	5 eu m ai	m 3,6
4 ai <u>n</u> ou	3 <u>é</u> n an	3 <u>é</u> n a	7 ou n eu	6 eu n ain	n 2,9
3 é <u>w</u> a	5 on w ai	4 ain w i	2 ai w a	0 a w é	w 1
2 <u>a</u> ré	1 <u>o</u> ri	2 ai r ai	5 <u>an</u> r a	3 <u>a</u> ri	r 7,8
3 i <u>l</u> ou	1 <u>a</u> lou	4 i <u>l</u> an	5 u <u>l</u> ou	2 <u>ai</u> l on	l 6,2
					Phon. Déform. Total/50

Annexe 2 : Déroulement des rendez-vous



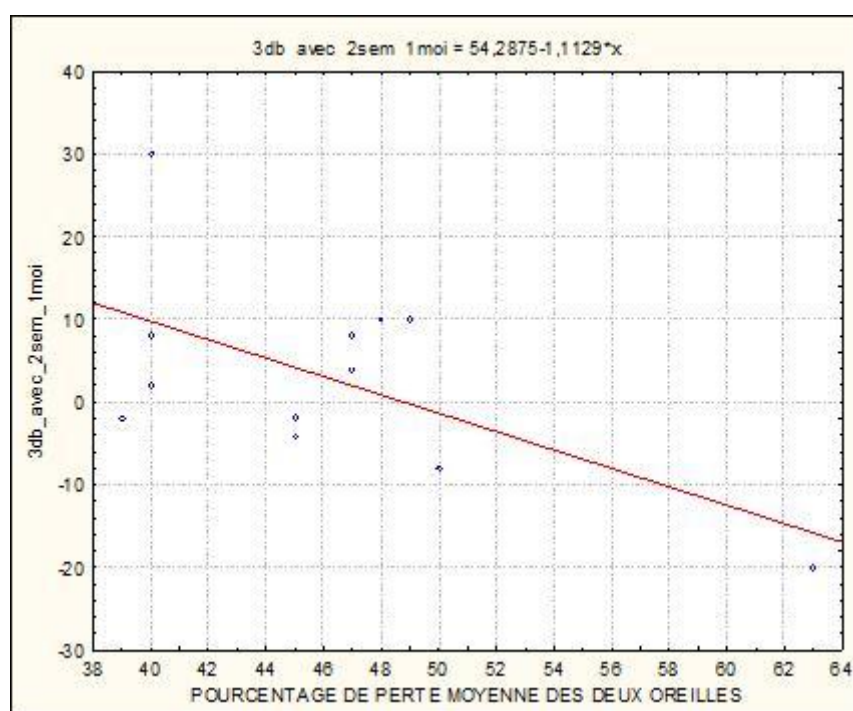
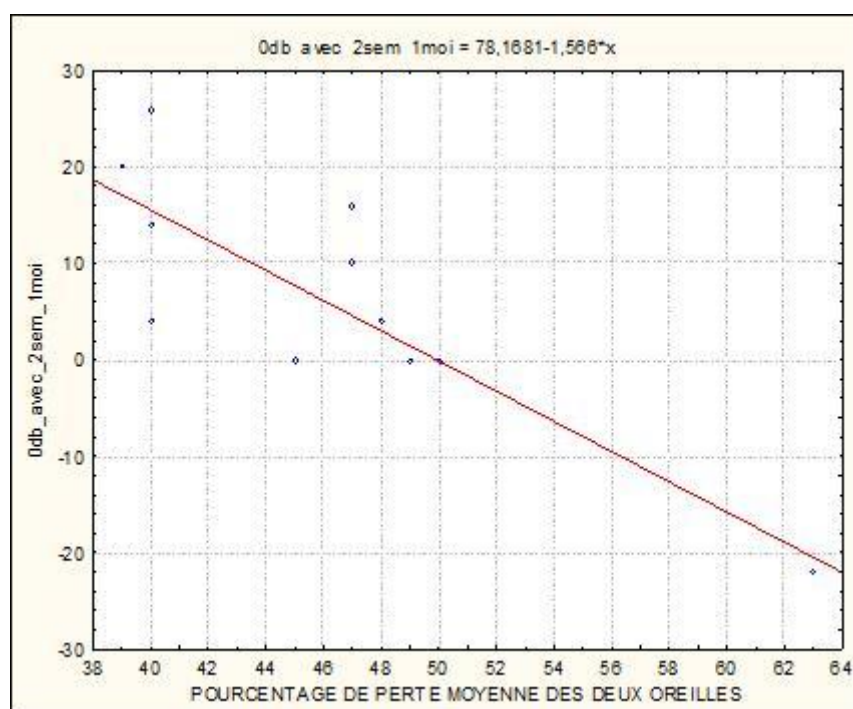
Annexe 2 : Déroulement des rendez-vous

Nous avons contacté en février des sujets appareillés depuis novembre-début décembre, puis ils ont dû revenir courant mai ainsi nous avons pu tester à J+90 et J+120.

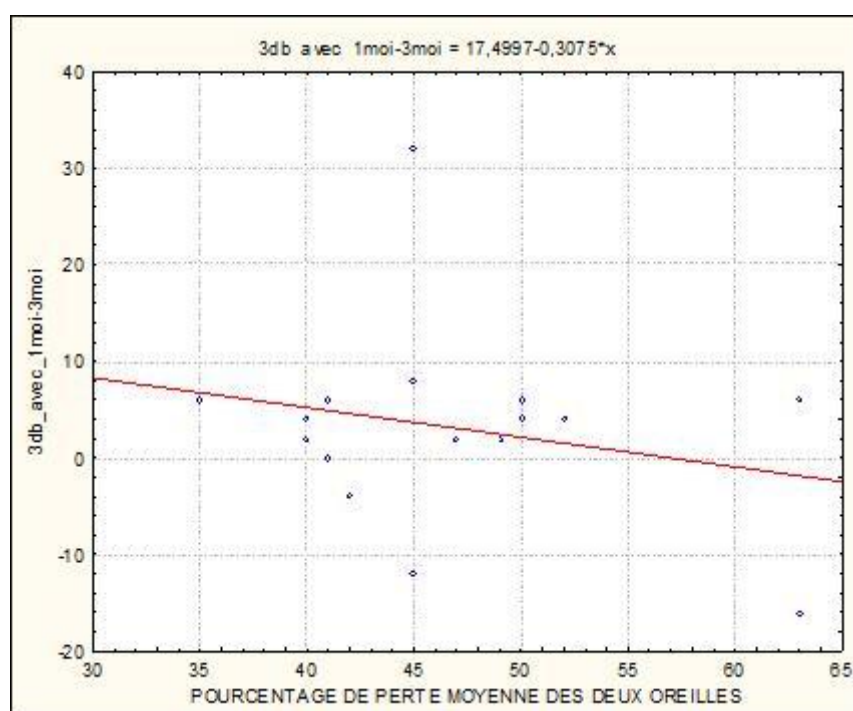
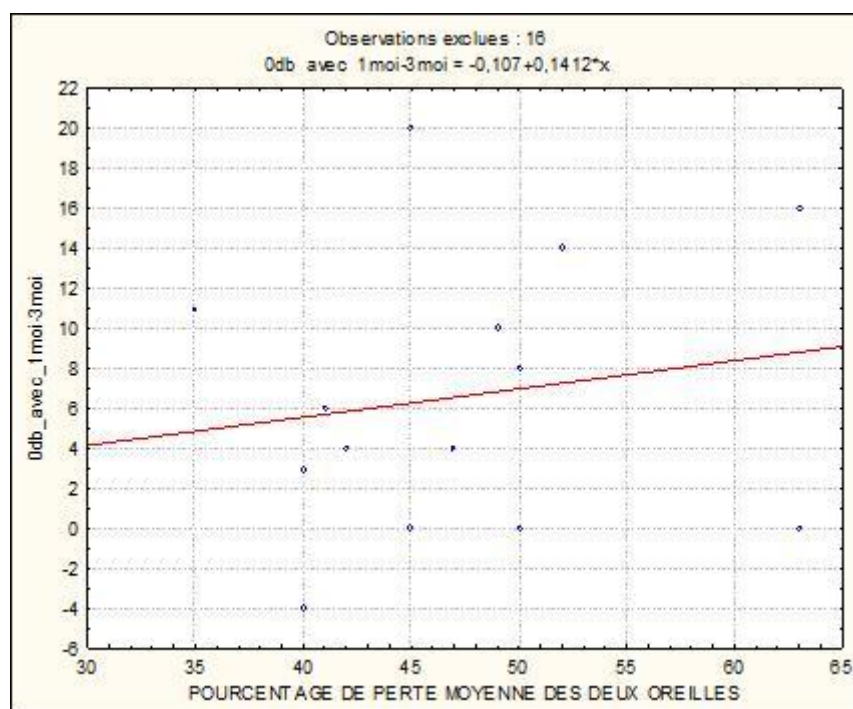
Les sujets appareillés depuis fin décembre à janvier ont été testés en février pour le test à un mois d'appareillage puis en Mars-Avril pour le test à trois mois d'appareillage.

Les sujets rencontrés à partir du mois de février ont été testés à deux semaines, un mois et certains testés à 3 mois d'appareillage (jusqu'à mi juin).

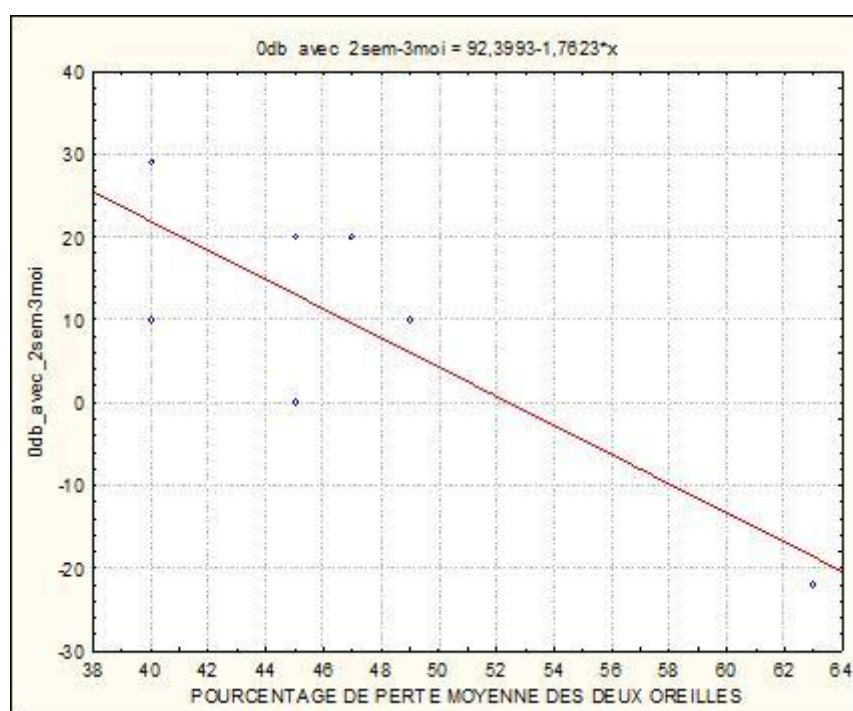
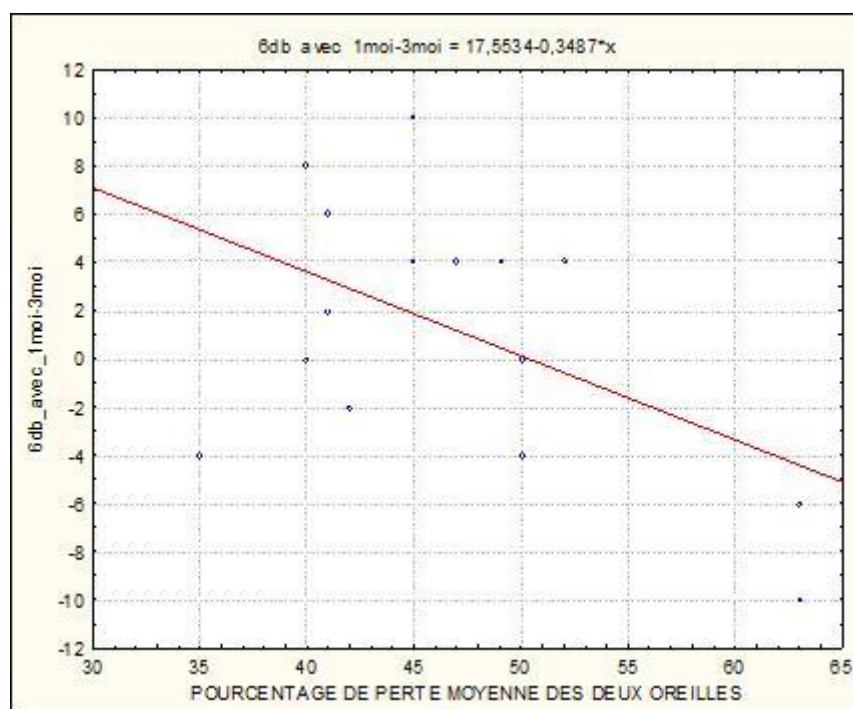
Annexe 3 : Nuage statistique de Corrélation



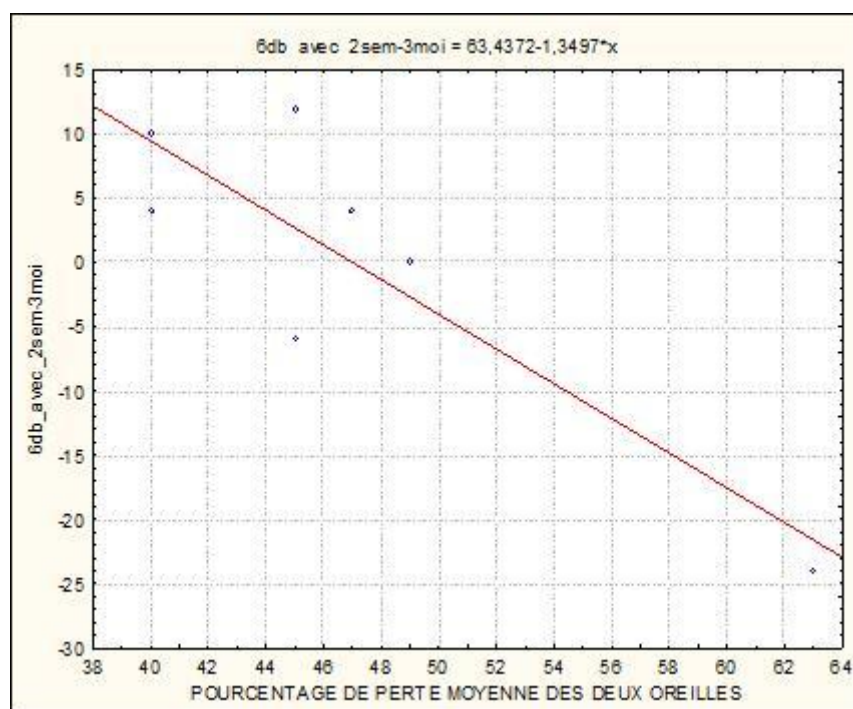
Annexe 3 : Nuage statistique de Corrélation



Annexe 3 : Nuage statistique de Corrélation



Annexe 3 : Nuage statistique de Corrélation



Résumé :

Dans cette étude, nous avons testé des patients à l'aide des listes verbo-fréquentielles de Dodelé à deux semaines, un mois et trois mois après les avoir équipés d'appareils de correction auditive en stéréophonie. Le but est de quantifier l'évolution de la reconnaissance phonémique en milieu bruyant des malentendants lors d'un premier appareillage. Nous voulons évaluer le temps d'appareillage nécessaire pour obtenir une amélioration significative de leurs résultats. Toutefois, notre étude est multiple, après avoir quantifié le temps nécessaire pour observer des améliorations significatives, nous avons essayé de voir si certains paramètres individuels pouvaient jouer en faveur ou non du sujet. Par exemple si l'âge ou le degré de perte auditive pouvait être corrélé avec la progression des scores des patients.