



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

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



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

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

Directeur Docteur Xavier PERROT

**L'effort d'écoute auto-déclaré chez les personnes adultes
malentendantes**

MEMOIRE présenté pour l'obtention du

DIPLOME D'ETAT D'AUDIOPROTHESISTE

par
Romane MOREL

Autorisation de reproduction

Lyon, le 19 octobre 2018

Directeur de l'Enseignement
Stéphane GALLEGO

Permis numéro 721

UNIVERSITE CLAUDE BERNARD - LYON 1

Président de l'Université

Président du Conseil Académique

Vice-président du Conseil d'Administration

Vice-président de la Commission Formation et Vie
Universitaire

Vice-président de la Commission Recherche

Directrice Générale des Services

M. le Professeur Frédéric FLEURY

M. le Professeur Hamda BEN HADID

M. le Professeur Didier REVEL

M. le Professeur Philippe CHEVALIER

M. Fabrice VALLEE

Mme Dominique MARCHAND

COMPOSANTES - SANTE

Comité de Coordination des Etudes Médicale (C.C.E.M.)

Faculté de Médecine Lyon Est

Faculté de Médecine et de Maïeutique Lyon Sud – Charles
Mérieux

Faculté d'Odontologie

Institut des Sciences Pharmaceutiques et Biologiques

Institut des Sciences et Techniques de la Réadaptation

Département de Formation et de Recherche en Biologie
Humaine

Président : M. le Professeur P.COCHAT

Doyen : M. le Professeur G.RODE

Mme la Professeure C.BURILLON

Directeur : M. le Professeur D. BOURGEOIS

Directrice : Mme la Professeure
C.VINCIGUERRA

Directeur : M. le Dr X. PERROT

Directrice : Mme la Professeure A-M. SCHOTT

COMPOSANTES ET DEPARTEMENTS - SCIENCES ET TECHNOLOGIE

Faculté des Sciences et Technologies

Département Biologie

Département Chimie Biochimie

Département GEP

Département Informatique

Département Mathématiques

Département Mécanique

Département Physique

UFR Sciences et Techniques des Activités Physiques et
Sportives

Observatoire des Sciences de L'univers de Lyon

Polytech Lyon

Ecole Supérieure de Chimie Physique Electronique

Institut Universitaire de Technologie de Lyon I

Ecole Supérieure du Professorat et de l'Education

Institut de Science Financière et d'Assurance

Directeur : M.F DE MARCHI

Directeur : M. le Professeur F. THEVENARD

Directeur : Mme C.FELIX

Directeur : M. Hassan HAMMOURI

Directeur : M. le Professeur S. AKKOUCHE

Directeur : M. le Professeur G. TOMANOV

Directeur : M. le Professeur H. BEN HADID

Directeur : M. le Professeur J-C PLENET

Directeur : M. Y. VANPOULLE

Directeur : M. I DANIEL

Directeur : M. le Professeur E. PERRIN

Directeur : M. G. PIGNAULT

Directeur : M. le Professeur C. VITON

Directeur : M. le Professeur A. MOUGNIOTTE

Directeur : M. N. LEBOISNE

Remerciements :

Je tiens à commencer ce mémoire en remerciant monsieur Stéphane GALLEGO, monsieur Mathieu FERSCHNEIDER et madame Annie MOULIN d'avoir toujours été à l'écoute pour répondre à nos questions et nous venir en aide.

Je tiens aussi à remercier madame Tiphaine BIGEARD, ma maîtresse de stage, qui m'a permis de réaliser mon mémoire à ses côtés, d'approfondir mon autonomie afin de savoir prendre mon indépendance à la fin de mon stage.

Je tiens à remercier madame Camille GRANIER, madame Patricia ELBAZE et madame Maryne FARGIER avec qui j'ai pu travailler durant mon stage pour les conseils qu'elles m'ont prodigués et la confiance qu'elles ont placée en moi.

Je remercie également tous les membres de l'équipe Audition Conseil d'avoir toujours répondu présents quand j'ai eu besoin d'aide.

Je remercie toute l'équipe du CRNL, centre de recherche en neurosciences de Lyon, de nous avoir aidés dans la réalisation de ce mémoire.

Je remercie enfin les quatre étudiants en stage au sein du même groupe avec qui nous avons réalisé un protocole commun pour nos mémoires.

Résumé :

Depuis plusieurs années, l'intérêt porté à l'effort d'écoute est de plus en plus croissant. Bien qu'il y ait encore beaucoup de désaccords dans la littérature quant à sa conception et son utilité dans le monde de l'audioprothèse, cette étude a pour objectif d'évaluer la validité d'un questionnaire notant l'effort d'écoute subjectif des personnes adultes malentendantes. Il s'agit du questionnaire de l'étude d'Alhanbali modifié et traduit en français. Notre étude porte sur 61 personnes divisées en deux groupes qui sont évaluées à deux dates d'un mois d'intervalle. Les personnes sont toutes appareillées par des aides auditives à conduction aérienne. Les explications sur l'effort d'écoute sont encore trop faibles et ne nous permettent pas de comprendre ce qui empêche de corrélérer l'effort d'écoute avec d'autres paramètres évalués tels que l'âge, la gamme, le port moyen... Mais après une analyse statistique de corrélation, nous avons pu valider ce questionnaire et même trouver un lien très marqué entre l'effort d'écoute subjectif et l'intelligibilité.

Mots clés : effort d'écoute, perte d'audition, SSQ (Speech Spatial Qualities of hearing scale), questionnaire, EVA (effort d'écoute auto évalué lié à la vocale), EEQ (questionnaire d'effort d'écoute français).

Sommaire

<u>Remerciements</u>	page 2
<u>Résumé</u>	page 3
<u>I. Introduction</u>	page 6
<u>1.1. Définitions</u>	page 7
<u>1.2. Mesures de captation</u>	page 9
<u>1.2.1. Subjectives</u>	page 9
<u>1.2.1.1. Méthodes subjectives liées à des tests d'intelligibilité</u> ...page 10	
<u>1.2.1.2. Le SSQ</u>	page 11
<u>1.2.2. Objectives</u>	page 12
<u>1.2.2.1. Comportementales</u>	page 13
<u>1.2.2.2. Physiologiques</u>	page 14
<u>1.3. Les technologies auditives actuelles</u>	page 18
<u>1.4 Conclusion de la partie théorique</u>	page 20
<u>II. Matériels et méthodes</u>	page 22
<u>2.1. Protocole</u>	page 22
<u>2.1.1 Participants</u>	page 22
<u>2.1.2 Conditions d'inclusion</u>	page 23
<u>2.1.3. Tests et examens</u>	page 23
<u>2.1.3.1 Questionnaires</u>	page 24
<u>2.1.3.2 Tests cognitifs</u>	page 24
<u>2.1.3.3 Vocales</u>	page 26
<u>2.2 Mesures de l'effort d'écoute</u>	page 28
<u>2.2.1 EAS</u>	page 28
<u>2.2.2 EAS Vocale</u>	page 30

<u>III. Résultats</u>	page 31
<u>3.1 Analyses statistiques</u>	page 31
<u>3.2 Résultats</u>	page 32
<u>3.2.1 Variabilité interne</u>	page 32
<u>3.2.2 Reproductibilité</u>	page 33
<u>3.2.3 Variabilité externe</u>	page 34
<u>IV. Discussions</u>	page 38
<u>V. Conclusion</u>	page 39
Annexes.....	page 42
Répertoire des figures.....	page 44
<u>VI. Bibliographie</u>	page 46

I. Introduction

La déficience auditive est l'un des handicaps le plus courant dans la population et présente un risque dans la vie quotidienne en raison des problèmes liés à la reconnaissance vocale, la communication et l'acquisition du langage (Ohlenforst et al., 2017). Le but d'un appareillage auditif est d'améliorer l'audibilité, l'intelligibilité et le confort du patient. Suite à l'intuition que les fonctions auditives et cognitives sont interdépendantes au cours de la compréhension de la langue parlée et de nombreuses autres tâches d'écoute, l'intérêt porté à l'effort d'écoute est de plus en plus croissant (Lemke et Besser, 2016). En effet, de nombreux auditeurs déficients auditifs perçoivent les environnements bruyants comme fatigants et décrivent le discours de la compréhension comme actif (Pichora-Fuller et al., 2016). Les personnes malentendantes se plaignent souvent de la nécessité d'augmenter leur effort d'écoute pour comprendre la parole dans les milieux bruyants (McGarrigle et al., 2014). Individuellement, différentes quantités de ressources de traitement mental sont impliquées lors de l'écoute dans des conditions défavorables (Lemke et Besser, 2016). Plusieurs facteurs internes et externes peuvent contribuer à des efforts accrus associés à l'écoute, notamment l'âge, des influences cognitives, comme la capacité de mémoire et d'attention, ou encore le stress (Pichora-Fuller et al., 2016) mais aussi les niveaux sonores, les propriétés acoustiques de la salle... (Lemke et Besser, 2016). Les adultes ayant une perte auditive rapportent une augmentation de l'incidence de la fatigue, ils sont donc absents du travail plus fréquemment, prennent plus de temps pour récupérer, et peuvent même se retirer de la société (Hornsby et al. 2016). Il a été également prouvé que les enfants atteints de surdité éprouvent plus de fatigue que leurs homologues normo-entendants. En partie en

raison de l'effort nécessaire pour écouter leur enseignant et d'interagir avec leurs camarades de classe (Hornsby et al., 2014). De plus, le stress et la fatigue de l'écoute active peuvent compromettre le bien être, l'apprentissage et la réussite scolaire chez les enfants (McGarrigle et al., 2017). Ces phénomènes ont été traité par différents auteurs en mesurant l'effort d'écoute. Cependant, les différentes méthodes « *d'auto-évaluation* », « *comportementale* » ou encore « *physiologique* » et définitions comme « *facilité d'écoute* », « *effort d'écoute* », ou « *difficulté d'écoute* » ont été utilisées, ce qui ne conduit pas nécessairement aux mêmes résultats. Bien que les résultats de recherche aient augmenté, les progrès ont été entravé par un vaste désaccord sur la nature de l'effort d'écoute et sa validité comme une construction mesurable. Cela a entraîné une prolifération de mesures putatives d'effort d'écoute avec l'ambiguïté qui en découle concernant leur interprétation et leur relation mais aussi une grande confusion sur la terminologie associée à chaque mesure (McGarrigles et al., 2014).

Nous verrons donc ensemble les définitions, et les mesures qui peuvent être utilisées, ainsi que les appareils auditifs avant d'aborder la problématique de ce mémoire. Puis nous vous expliquerons le protocole utilisé et les résultats obtenus après l'analyse statistique.

1.1. Définitions

Un livre blanc (McGarrigle et al., 2014) définit l'effort d'écoute comme « *l'effort mental requis pour assister à et à comprendre, un message auditif* ». L'étude visait, à l'époque, à réorganiser les données sur l'effort d'écoute et la fatigue auditive afin de mieux caractériser et évaluer ceux-ci. Car les études dans le domaine de l'effort d'écoute sont

encore à leurs balbutiements, et il y a un désaccord considérable en ce qui concerne sa conceptualisation.

En outre, un atelier sur la déficience auditive et l'énergie cognitive rejoint cette définition en la généralisant comme étant « *la répartition délibérée des ressources en santé mentale pour surmonter les obstacles dans la poursuite de l'objectif lorsqu'on effectue une tâche d'écoute* » (Pichora-Fuller et al., 2016).

Actuellement, l'effort nécessaire à l'écoute de la parole en milieu bruyant est une plainte récurrente chez les personnes ayant une déficience auditive, qui n'est pas capturée lors des essais d'intervention clinique standard. Dans Le livre blanc nous trouvons la définition de la fatigue auditive comme « *fatigue extrême résultant de l'effort physique ou mental* » (Oxford English Dictionary, 2006). Les auteurs se sont concentrés sur la « *fatigue mentale* » résultant de l'écoute active, qui est souvent rapportée par les personnes malentendantes. Les rapports de la fatigue, liée à l'écoute par des personnes ayant une déficience auditive, les incitent à l'identification de mesures objectives de l'effort d'écoute, afin d'obtenir la « *racine* » du problème. Cependant, malgré le lien intuitif entre les efforts nécessaires en temps réel à l'écoute et la fatigue (à plus long terme) qui émerge suite à cet effort, il y a actuellement peu d'appuis empiriques pour cette connexion dans la recherche de l'audience. La « *fatigue liée à l'écoute* » est souvent mesurée comme une diminution des performances physiques ou cognitives et peut se rapporter à la fatigue qui résulte de l'écoute active soutenue (Hornsby et al., 2014). L'effort d'écoute peut être mesuré à l'aide de mesures subjectives ou objectives.

1.2. Mesures de captation

Ces dernières années, trouver des mesures objectives à paramètres physiologiques afin de déterminer l'effort d'écoute est devenu de plus en plus populaire (Zekveld, 2010, Kramer et Festen, 2010) mais nous trouvons aussi des mesures subjectives incluant le jugement ou des déclarations de sujets, tels que les échelles de cotation ou des questionnaires (Holube, 2016).

1.2.1. Subjectives

Les questionnaires sont souvent associés à des expériences de la vie quotidienne et offrent généralement un ensemble fermé de possibilités de réponses. Les méthodes d'auto-évaluation d'effort d'écoute sont rapides, faciles à livrer et ne nécessitent pas d'expertise particulière pour administrer les consignes au patient ou pour interpréter les résultats.

Cependant, les limites des mesures d'auto-évaluation découlent de leur nature subjective. Par exemple, il peut y avoir des différences individuelles dans les termes de « *seuils* » d'effort, c'est-à-dire que ce qu'une personne identifie comme un « *effort* » peut ne pas correspondre à l'idée qu'un autre individu se fait de ce même « *effort* » (McGarrigles, 2014).

Ces mesures donnent un aperçu de comment le traitement actif de la parole est vécu par l'individu ; comme par exemple avec le normalisé et validé « *speech, spatial and qualities of hearing scale (SSQ)* ».

1.2.1.1. Méthodes subjectives liées à des tests d'intelligibilité

Une méthode subjective pour mesurer l'effort d'écoute a déjà été utilisée notamment dans l'étude de Krueger et al. en 2017. Cette étude était portée sur 25 NH (*normal hearing*), les patients étaient exposés à différents SNRs (*Signal Noise Ratio*) et divisés en deux groupes. Le premier ne venait qu'une seule fois, alors que le second était testé trois fois. Tous n'avaient aucune expérience des tests auditifs. Les *stimuli* utilisés étaient trois phrases des listes OLSA (voix masculine) avec des masqueurs différents soit un ISTS (*International Speech Test Signal*) soit un bruit de fond stationnaire soit un bruit nommé « *Cafétéria* » enregistré dans la cafétéria de l'Université. Ils ont utilisé une échelle catégorielle nommée ACALES (*Adaptive Categorical Listening Effort Scaling*) dont l'unité est l'*effort scale categorical units* (ESCU). Cette échelle exprime des phrases qui correspondent à un nombre d'ESCU non visible aux sujets. La catégorie « *aucun effort* » correspond à 1 ESCU et augmente de nombre impair en nombre impair jusqu'à « *effort extrême* » (13 ESCU). L'étude conclut que les masqueurs stationnaires sont perçus comme plus actifs et surtout que cette procédure de captation est facile, rapide, et réalisable par tous les sujets.

Selon Devocht et al. (2017), l'effort d'écoute est calculé à partir d'une échelle verticale allant de 0 « *aucun effort* » à 13 points « *effort intense* » ; il est demandé à chaque patient de noter son effort d'écoute après avoir entendu une phrase dans du bruit, avec une modification de SRT (*Speech Reception Threshold*). Il y a cinq SRTs différents, et l'effort d'écoute de la personne est calculé par la moyenne de ces réponses aux cinq SRTs différents, sachant qu'ils travaillent sur deux groupes, un CI (implant cochléaire que d'un côté) et un CI,HA (implant cochléaire d'un côté et un appareil auditif de l'autre).

L'effort d'écoute a été testé de manière subjective dans des conditions de SNRs différents. En outre, la réduction de l'effort d'écoute s'est révélée liée aux SNRs plus élevés, et l'audition bimodale reflète une expérience sonore plus volumineuse, moins grêle et donc plus agréable. L'un des avantages de l'écoute bimodale trouvé dans cette étude est que l'effort d'écoute diminue. Il faut cependant noter que même avec un appareillage bimodal, l'effort d'écoute était loin de zéro, puisqu'il est tombé seulement à 5 sur une échelle de 13 points.

Enfin l'étude de Rudner et al. (2012) qui est portée sur deux groupes de personnes, tous les participants ont une perte bilatérale légère à modérée appareillée depuis au moins un an. La différence entre les deux groupes est le type de compression utilisé par leur appareil. L'effort d'écoute est quantifié à l'aide d'une échelle visuelle analogique. L'étude visait à déterminer les différences des deux types de compression sur l'effort d'écoute qui pour eux reflète la charge cognitive. Les auteurs concluent sur l'importance d'évaluer l'effort d'écoute afin de vérifier l'efficacité des prothèses auditives, et ont aussi trouvé que l'effort d'écoute subjectivement évalué diminue lorsque les SNRs s'améliorent.

1.2.1.2. Le SSQ

Le SSQ (*speech, spatial and qualities of hearing scale*) est un questionnaire de Gatehouse S., & Noble W. (2004) conçu pour mesurer l'éventail de déficiences auditives dans plusieurs domaines. Une attention particulière est accordée à l'écoute de la parole dans divers contextes, ainsi qu'aux composantes directionnelles, de distance et de mouvement de l'audition spatiale. En outre, les capacités à la fois à séparer les sons et à assister à des flux de parole simultanés sont évaluées, reflétant la réalité de l'audition

dans le monde de tous les jours. Les qualités de l'audition incluent la facilité d'écoute, le naturel, la clarté et l'identification des différents hauts-parleurs, des différentes pièces et instruments musicaux, et des différents sons quotidiens. L'application du SSQ à 153 nouveaux patients cliniques avant appareillage indiquait que la plus grande difficulté résidait dans les flux vocaux simultanés, la facilité d'écoute, l'écoute dans des groupes et dans le bruit, et l'évaluation de la distance et du mouvement. Après avoir contrôlé les différences de niveau d'audition, il a été constaté que les problèmes d'audition spatiale occupent une place importante. Les résultats impliquent des aspects de la dynamique temporelle et spatiale du handicap auditif dans l'expérience du handicap. Le SSQ est prometteur en tant qu'instrument d'évaluation de différentes natures, en particulier celles qui impliquent la fonction binaurale.

Par ailleurs, selon Dawes et coll. (sous presse), les auteurs ont construit une sous-échelle d'effort d'écoute par rapport aux questions axées sur les efforts à l'échelle d'audience du SSQ afin d'examiner les changements en effort d'écoute après l'acclimatation aux prothèses auditives (après trois mois). Les nouveaux utilisateurs d'aides auditives ont rapporté significativement moins d'effort d'écoute après les trois mois d'acclimatation à l'appareillage par rapport au groupe de contrôle des utilisateurs expérimentés d'aides auditives.

1.2.2.Objectives

Les méthodes objectives sont des paradigmes à simple ou double tâche dites comportementales (voir Le Livre Blanc, McGarrigle 2014, pour une explication complète) ou des mesures dites physiologiques comme l'EEG (électroencéphalogramme), l'EDA

(activité électro-dermique), les IRMf (imagerie à résonance magnétique fonctionnelle) ou encore la pupillométrie.

1.2.2.1 Comportementales

Dans les méthodes à simple paradigme de la tâche ou mono-tâche, les participants répondent aux stimulations, soit en répétant le mot ou la phrase entendu, soit en appuyant sur un bouton de réponse. Traditionnellement, lorsqu'on évalue le bénéfice d'amplification aux personnes ayant une déficience auditive, l'identification de la parole dans un environnement sonore est évaluée par la précision, c'est-à-dire la proportion de bonnes réponses données par l'individu dans chaque condition d'écoute.

Toutefois, il a été suggéré que la vitesse d'une réponse (VRT : temps de réponse verbal) correcte peut fournir des renseignements supplémentaires sur l'effort d'écoute du sujet associé à la perception de la parole (Brennan et al., 2017, Maj Van et al., 2017). Cependant, la relation entre l'effort nécessaire pour comprendre un *stimulus* auditif et le moment de la réponse au *stimulus*, reste peu claire (McGarrigle et al., 2014).

Les méthodes multitâches, tels que les paradigmes à double tâche, proviennent de la psychologie cognitive, où ils ont été développés en guise de répartition de l'attention. Lors de l'exécution simultanée de deux tâches, si on devient plus attentif à l'une dite primaire, cela se traduit par une diminution de performance sur l'autre tâche, dite secondaire. L'exécution des tâches secondaires peut donc être interprétée comme reflétant la somme d'effort allouée à la tâche principale. Pour la mesure de l'effort

d'écoute, une tâche de reconnaissance vocale est souvent utilisée comme la tâche principale. Pour les tâches secondaires, elles peuvent inclure, par exemple, un exercice de mémoire, une reconnaissance tactile, ou visuelle. La méthode multitâche semble avoir une bonne validité en ce qui concerne le traitement dans des environnements réalistes de la parole.

1.2.2.2 Physiologiques

L'électroencéphalographie (EEG) est une méthode d'exploration cérébrale qui mesure l'activité électrique du cerveau par des électrodes placées sur l'ensemble du cuir chevelu, souvent représentées sous la forme d'un tracé appelé électroencéphalogramme. C'est un test indolore et non invasif (Milles et al., 2017).

L'EDA (Electrodermal Activity) décrit la conductance électrique et les changements du potentiel de la peau, ce qui fait de l'EDA un bon indicateur de la réaction symptomatique ou de la tension intérieure du sujet (Holube, 2016). C'est un test indolore et non invasif.

L'IRMf (imagerie de résonance magnétique fonctionnelle) est une technique de neuro-imagerie qui fournit des informations sur l'activité cérébrale en exploitant les conséquences métaboliques de l'activité neuronale et les changements qui en découlent au niveau de l'oxygénation sanguine. En particulier, cette technique a été utilisée pour évaluer le rôle de l'attention dans l'écoute active (McGarrigles et al., 2014).

La pupillométrie est la mesure du diamètre de la pupille et de ces variations à l'aide d'un pupillomètre. Des études ont montré que la taille de la pupille varie en fonction de la

charge cognitive mais aussi de la charge émotionnelle. Les changements dans l'excitation physiologique observés s'accompagnent généralement de variations de l'effort cognitif, ce qui suggère que la capacité cognitive et les systèmes d'éveil sont étroitement liés (Pichora-Fuller, 2016). Ainsi, les dilatations élevées évoquées par la tâche d'écoute ont été interprétées comme reflétant l'effort d'écoute accru dans la population adulte (Zekveld, 2010, Kramer, 2014). La pupillométrie pourrait potentiellement révéler les bénéfices des prothèses auditives qui ne sont pas saisis par la performance d'intelligibilité du discours seul, ainsi que les inconvénients qui sont surmontés par un effort d'écoute accru (Winn et al., 2015).

Selon Miles et al. (2017) les auteurs n'ayant pas de mesure fiable et objective bien que conscients des conséquences néfastes de l'écoute active, ils ont tenté de montrer que l'EEG et la dilatation des pupilles ont des résultats corrélés, sur un groupe de personnes normo-entendantes dans des environnements bruyants différents. Plusieurs études antérieures suggèrent que la réponse pupillaire change avec la difficulté de la tâche, ce qui pourrait refléter l'effort accru associé à des tâches plus difficiles. L'étude conclue sur le fait qu'il faudra du temps pour démêler les multiples facettes de l'effort d'écoute, et permettre d'améliorer la perspective d'utiliser ces deux méthodes objectives pour compléter les évaluations standards de l'audition. En effet, les mesures n'étant pas corrélées, il est possible qu'elles aient pu être sensibles ou réagir différemment selon les aspects de l'audition. Les deux méthodes semblent être sensibles aux changements de résolution spectrale, tandis que la pupillométrie offre davantage d'informations sur les niveaux de performance et de précision de tâches.

L'écoute de la parole dans le bruit est une tâche complexe et active, qui exige une interaction dynamique entre traitement ascendant et descendant (Zekveld et al., 2010).

L'écoute quotidienne se produit souvent dans un contexte de défi acoustique qui dégrade le signal auditif. Il y a des sources externes de ce défi acoustique comme le bruit de fond, des discours contradictoires ou même un accent de prononciation marqué. Même lorsque le signal auditif externe est parfaitement clair, la déficience auditive réduit la fidélité de l'information pour atteindre le système de perception de l'auditeur. Les sources externes et internes se combinent donc pour défier la compréhension des auditeurs malentendants (Lemke et al., 2016, Pelle et al., 2017). Les auditeurs sont face à un défi acoustique pour comprendre un discours : ils reçoivent une entrée d'informations rapide, ils doivent la stocker, puis en faire des représentations de mots et de phonèmes, pour finalement en extraire le sens voulu. Le processus d'identification correcte des sons est rendu plus difficile lorsque le discours est acoustiquement dégradé ; moins d'informations sont disponibles à l'auditeur malentendant, ce qui réduit la qualité des signaux de parole et donc augmente le risque d'erreur (Pelle et al., 2017). Cependant, il est important de garder à l'esprit qu'il existe d'autres facteurs qui se rapportent à l'effort d'écoute, notamment la motivation (Eckert et al., 2016, Hornsby et al., 2016 et Pelle et al., 2017) et les facteurs psychosociaux (Pichora-Fuller, 2016).

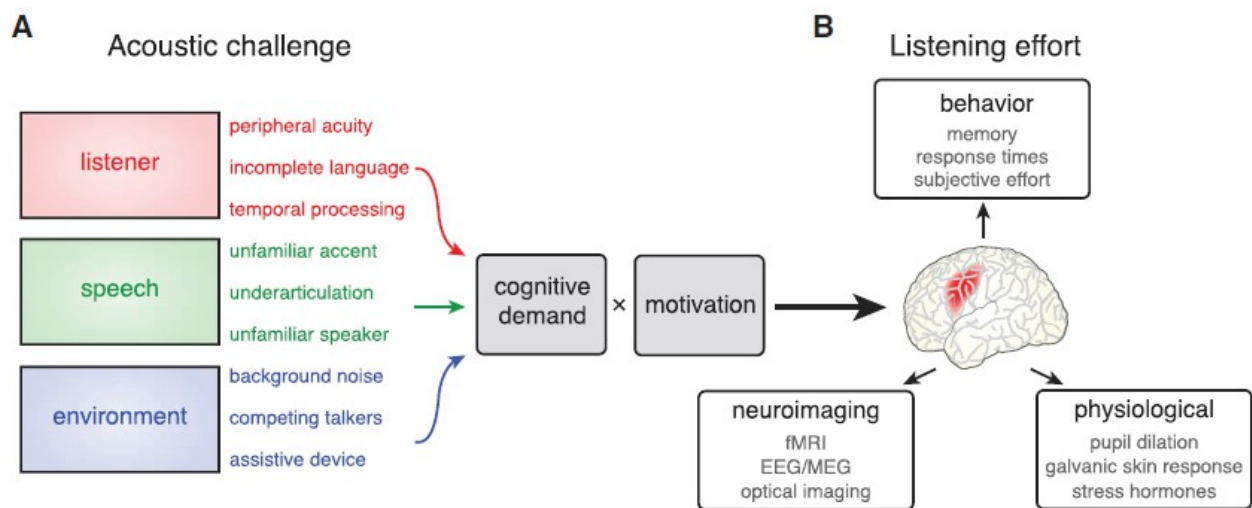


Figure 1 : Schéma explicatif du défi acoustique. (Pelle et al., 2017). L'ensemble du défi acoustique vécu par un auditeur donné est une combinaison des capacités auditives individuelles et des caractéristiques acoustiques externes (y compris le bruit de fond et la qualité du discours). Le défi acoustique augmente la demande cognitive, qui est essentielle à l'effort d'écoute (animé par la motivation). Lorsque le discours ne correspond pas facilement aux attentes de l'auditeur, un traitement neuronal supplémentaire est fréquemment requis. (Figure 1.A).

L'effort d'écoute peut être observé par le biais de l'imagerie cérébrale fonctionnelle. Des augmentations sont mesurées dans les réactions physiologiques et aboutissent souvent à des différences mesurables dans le comportement. (Figure 1.B).

Des auteurs ont essayé de fournir une explication sur les systèmes neuronaux impliqués dans l'effort d'écoute et la fatigue auditive, à l'aide de résultats de neuro-imagerie fonctionnelle grâce à des IRMf (imagerie de résonance magnétique fonctionnelle) dans des conditions de reconnaissance de la parole dans le bruit. Les IRMf se concentrent sur les systèmes cingulo-operculaire et fronto-pariétal qui semblent être positifs en condition difficile d'écoute pour la reconnaissance vocale. Les régions cingulo-operculaire

et fronto-pariétal constituent les systèmes d'intention et d'attention. L'augmentation de l'intelligibilité de la parole produit une activité toujours plus élevée dans le gyrus temporal supérieur antérieur et postérieure et dans le sillon. (Eckert et al., 2016).

Dans la présente étude, le terme « *effort d'écoute* » est utilisé uniquement comme l'effort subjectif perçu. Nous utilisons un questionnaire de dix questions et une échelle de cotation. De plus, Johnson et al (2015) a montré que l'évaluation de l'effort d'écoute subjectif, en utilisant une échelle catégorielle est pratique, rapide, et facile à administrer.

1.3. Les technologies auditives actuelles et l'effort d'écoute

Les appareils auditifs modernes comprennent une collection de phénomènes de traitements des signaux acoustiques conçus pour améliorer les résultats pour écouter dans une variété d'environnements sonores quotidiens, tels que la compression multi-canaux et les systèmes de microphone directionnel. (Johnson et al., 2015). Pour faciliter l'écoute dans les milieux bruyants, les appareils tels que les téléphones, les aides auditives, et les implants cochléaires contiennent des algorithmes de réduction de bruit (Maj Van et al., 2017). Les fonctionnalités incluses dans les appareils dits haut de gamme sont conçues pour entraîner une amélioration des résultats d'écoute quotidienne par rapport à des appareils dits entrée de gamme (Johnson et al., 2015). Selon Johnson et al. (2015), ils ont utilisé une échelle analogique allant de 1 aucun effort à 7 effort extrême

pour évaluer l'effort d'écoute. La conclusion de l'étude est que les appareils auditifs modernes sont capables de fournir des améliorations significatives dans la compréhension de la parole et de l'effort d'écoute pour les adultes âgés souffrants d'une surdité légère à modérée. En revanche, l'étude n'a pas permis de prouver que les appareils dits haut de gamme sont significativement meilleurs que les appareils dits entrée de gamme. Toutefois, certains fabricants comme Oticon ou Siemens, suggèrent que leurs appareils auditifs récemment sortis (OPN et Signia primax) réduisent l'effort d'écoute. Ils ont fait cette suggestion à l'aide d'une étude utilisant l'activité EEG, qui ne distingue pas la gamme de l'appareil.

De plus, le défi acoustique peut être compensé par les aides auditives. En effet, les appareils auditifs sont conçus pour restaurer l'acuité auditive et rendre l'écoute plus confortable, en d'autres termes, pour fournir la bonne ergonomie d'écoute. (Rudner et al. 2012)

Les auteurs de l'étude de Brennan et al. (2017) ont fait valoir que le changement de bande passante a été suffisant pour améliorer la perception des mots, mais insuffisant pour réduire l'effort d'écoute. La perte d'audibilité des hautes fréquences contribue à une intelligibilité plus pauvre et à un redoublement d'effort d'écoute pour les malentendants par rapport aux auditeurs ayant une audition normale. En effet les prothèses auditives sont le dispositif de réadaptation le plus courant pour les personnes ayant une perte auditive neurosensorielle. Il nous faut comprendre les effets d'amplification sur l'effort d'écoute. En effet, ainsi, nous pourrions développer des méthodes de traitement du signal, améliorer la compréhension de la parole, augmenter l'apprentissage des mots et réduire la fatigue en diminuant l'effort d'écoute. Selon Brennan et al. (2017), le VRT (temps de réponse verbal) est utilisé comme indicateur d'effort d'écoute; un temps de réponse plus court est censé refléter un signal de parole de haute qualité, ce qui nécessite moins d'effort d'écoute,

tandis qu'un temps de réponse plus long est censé refléter un signal de parole de faible qualité, nécessitant plus de ressources cognitives. Ils définissent donc l'effort d'écoute comme le temps entre l'apparition du discours et l'apparition de la réponse, soit le décalage entre les deux. Mais cette méthode de notation est critiquée par McGarrigle. Selon lui, il est tout aussi plausible qu'un individu puisse réagir plus rapidement à un *stimulus* qu'il n'a pas du tout interprété résultant d'aucune nécessité d'exercer d'effort cognitif. D'ailleurs selon Maj Van et al. (2017), qui utilise aussi la mesure de VRT, ils avaient constaté que les VRTs augmentaient avec la diminution de SNR, faisant ainsi l'hypothèse que l'addition de bruit de fond augmente l'effort d'écoute nécessaire pour maintenir les mêmes scores d'intelligibilité.

1.4. Conclusion de la partie théorique

La revue systématique d'Ohlenforst (2017) révèle un taux plus élevé de l'effort d'écoute en raison de la déficience auditive, et ce peu importe la méthode de mesure appliquée (neuf EEG, deux pupillométries, une IRMf). Cette revue était portée sur deux questions, la première « Q1/ *La déficience auditive affecte-elle l'effort d'écoute ?* » et la deuxième « Q2/ *L'amplification de l'aide auditive affecte-elle l'effort d'écoute au cours de la compréhension de la parole ?* ». Mais sa seule conclusion fiable est que « *la recherche sur l'effort d'écoute est encore à un stade précoce* ». De plus, elle précise que « *l'ensemble des recherches jusqu'à présent se caractérise par une grande diversité concernant les configurations expérimentales appliquées, stimuli utilisés, et participants inclus* ».

La présente étude vise à quantifier les niveaux auto-déclarés d'effort d'écoute chez les adultes malentendants, à l'aide d'un questionnaire et d'une échelle visuelle d'auto-évaluation. L'objectif de cette étude est donc de valider le questionnaire dont voici les hypothèses :

- Hypothèse 1 : les scores d'effort d'écoute sont significativement différents pour des malentendants appareillés depuis longtemps que pour des malentendants appareillés récemment.
- Hypothèse 2 : les scores d'effort d'écoute et les scores d'intelligibilité sont corrélés.
- Hypothèse 3 : il y a une différence significative entre les scores obtenus à J0, la première fois testée, et J1, testé un mois après, pour le groupe nouvellement appareillé..

Quantifier l'effort d'écoute peut fournir une évaluation plus détaillée de l'invalidité liée à la perte d'audition et peut agir comme une mesure des résultats utiles lors de la comparaison des stratégies d'intervention. Pour les audioprothésistes, un indice d'effort d'écoute serait d'une valeur considérable pour l'évaluation clinique actuelle notamment pour l'audiométrie et les tests de parole dans le bruit.

II. Matériels et méthodes

2.1. Protocole

2.1.1. Participants

Tous les tests ont été réalisés au laboratoire d'audioprothèse. Cette étude est faite sur 72 patients (38 hommes/34 femmes). Onze d'entre eux n'ont pas pu effectuer tous les examens et sont donc exclus de l'étude, ce qui nous fait un panel d'étude de 61 personnes (32 hommes/29 femmes). La présente étude est construite sur la comparaison de deux populations. Le premier groupe se composant de 13 personnes (6hommes/7femmes) (moyenne d'âge: 71,82ans) (perte moyenne du groupe 40,73dB) correspond aux sujets malentendants appareillés pour la première fois, ce sont les patients qui n'ont jamais été appareillés auparavant et que nous testerons au début de leur appareillage, ce que nous appellerons J0, puis que nous testerons à nouveau à un mois (J1). Le deuxième groupe de 48 personnes (26 hommes/22 femmes) (moyenne d'âge: 71,36ans) (perte moyenne du groupe 45,38dB) correspond aux sujets malentendants appareillés depuis au moins un an ; ils seront eux aussi testés une première fois à J0 et une seconde fois un mois plus tard (J1). Tous les participants ont donné un consentement éclairé pour leur participation à l'expérience.

2.1.2. Conditions d'inclusion

Tous ont respecté les critères d'inclusion suivants : une perte auditive symétrique bilatérale (moins de 15dB de différence), un âge compris entre 60 et 82 ans, aucun trouble visuel important empêchant de réaliser les tests cognitifs et les questionnaires comme une cécité, DMLA, glaucome... ; en revanche tous les défauts visuels corrigés sont acceptés (myopie, hypermétropie, astigmatisme, presbytie), aucun trouble praxique et enfin aucune maladie chronique invalidante (Parkinson, Alzheimer dépisté...). Il n'y a aucune restriction par rapport à la gamme de l'appareil auditif, nous avons donc différencié les gammes en trois groupes : entrée, milieu et haut, respectivement 7% entrée, 60,0%milieu et 33%haut pour le groupe 1 et 12% entrée, 62% milieu et 26% haut pour le groupe 2. Nous n'avons que des appareils auditifs du type intra auriculaire ou écouteur déporté ou contour d'oreille, soit que des appareils à conduction aérienne.

2.1.3. Tests et examens

A J0 nous leur faisons passer les questionnaires SSQ15 , SF12 (*Short Form*), EAS (*effort assement scale*), mini GDS (*Geriatric Depression Scale*) et un questionnaire médical. Puis nous faisons des tests cognitifs MoCA, ReadingSpan, Cube de Corsi, MillHill et un test de symbole. Et nous finissons par passer les listes de mots. A J1, nous leur faisons passer tous les questionnaires sauf le médical, puis tous les tests cognitifs

sauf le MillHill et nous ne faisons que le TrailMakingTest du MoCA. Et pour finir de nouveau les listes de mots.

2.1.3.1. Questionnaires

Le SSQ15 est le questionnaire SSQ (Gatehouse et al., 2004) (évoqué dans la partie théorique) mais cette version est raccourcie et ne contient que 15 questions du SSQ.

Le (MOS-)SF-12 est le questionnaire auto-évalué (*IQOLA New England Medical Center Hospital Inc.*) provenant du MOS-SF-36 (*Medical Outcome Study Short Form*) contenant non plus trente six mais douze questions. Il évalue la qualité de vie en utilisant une échelle d'auto-évaluation. Les questions ont un ensemble fermé de réponses qualitatives (excellente - très bonne – bonne – mauvaise - médiocre), qui se convertissent en valeurs quantitatives (respectivement 1-2-3-4-5). Ce qui permet d'obtenir des scores sur l'état : mental, social et physique.

L'EAS est le questionnaire utilisé pour cette étude. Il permet de noter l'effort d'écoute. (voir 2.2.1)

Le mini GDS est un questionnaire de quatre questions évaluant le niveau de dépression du patient. Le patient répond soit par oui soit par non, et obtient un score sur quatre. Si son score est inférieur à un sur quatre, le patient est évalué comme dépressif.

2.1.3.2 Tests cognitifs

Le MoCA (*Montreal Cognitive assessment*) (Nasreddine et al. 2005) évalue les dysfonctions cognitives légères à sévères sur un total de trente points. Ce questionnaire d'une page inclut quelques tâches que doit accomplir la personne évaluée, comme

dessiner une horloge indiquant 9h45, recopier une chaise, ou encore retenir une série de cinq mots,... Les éléments à évaluer sont regroupés en six sous-sections : mémoire à court terme, habiletés visuospatiales, fonctions exécutives, attention, concentration, mémoire de travail, langage et orientation dans le temps et l'espace.

Le ReadingSpan (Daneman et Carpenter, 1980) permet d'évaluer la mémoire de travail, le traitement cognitif et la compréhension en lecture. La personne lit des phrases à son rythme et doit retenir le dernier mot de chaque phrase. Le but étant d'aller le plus loin possible sachant qu'on débute avec seulement deux mots à retenir puis trois puis quatre puis cinq.

Les Cubes de Corsi (Baddeley, 1985) permet l'évaluation neuropsychologique de la mémoire de travail, en s'intéressant à la mémorisation de séquences. L'examineur et le patient sont assis face à face, sur la table les séparant les cubes de Corsi sont disposés. Leur disposition ne respecte aucune forme géométrique. Le patient doit d'abord remonter les cubes dans le même ordre que l'examineur, puis dans un second temps dans l'ordre inverse. Les séquences testées sont de plus en plus longues et donc de plus en plus dures.

Le MillHill adapté en français par Deltour Raven en 1998, est un test évaluant la communication verbale à partir de deux versants, les définitions et les synonymes.

Le test des symboles fait partie du WAIS (*Wechsir Adult Intelligence Scale*) qui évalue la vitesse de traitement. On peut grâce à lui, analyser le repérage et l'analyse visuelle de forme graphique complexe de la personne testée.

2.1.3.3 Vocales

Enfin nous leur passons les listes de mots dans le bruit, nous avons à passer des listes de Fournier et des listes de Moulin dans des conditions différentes. Nous avons attribué à chaque patient un ordre précis de liste qu'on lui passait à J0 et J1.

Les listes de Fournier ont été créées en 1951 puis Lafon a créé des listes en 1964. A. Moulin a souhaité créer de nouvelles listes en actualisant la base de lexique afin que les mots utilisés correspondent au vocabulaire utilisé de nos jours ; elle a ensuite sélectionné ses mots en fonction de divers critères linguistiques, acoustiques et phonétiques puis équilibré ses listes en difficulté.

Pour les vocales le patient est installé à un mètre de deux enceintes elles-mêmes espacées d'un mètre et faisant un angle de soixante degrés entre chacune d'elle et le patient, formant ainsi un triangle équilatéral. Nous pouvons réaliser trois situations d'écoute :

- envoyer les listes de mots et du bruit en même temps par les deux hauts-parleurs, ce que nous appellerons diotique ;
- envoyer du bruit par le haut-parleur à droite du patient (haut-parleur A) et la parole par le haut-parleur à sa gauche (haut-parleur B), ce que nous appellerons dichotique ;
- envoyer la parole par le haut-parleur A et du bruit par le haut-parleur B, ce que nous appellerons dichotique inversé.

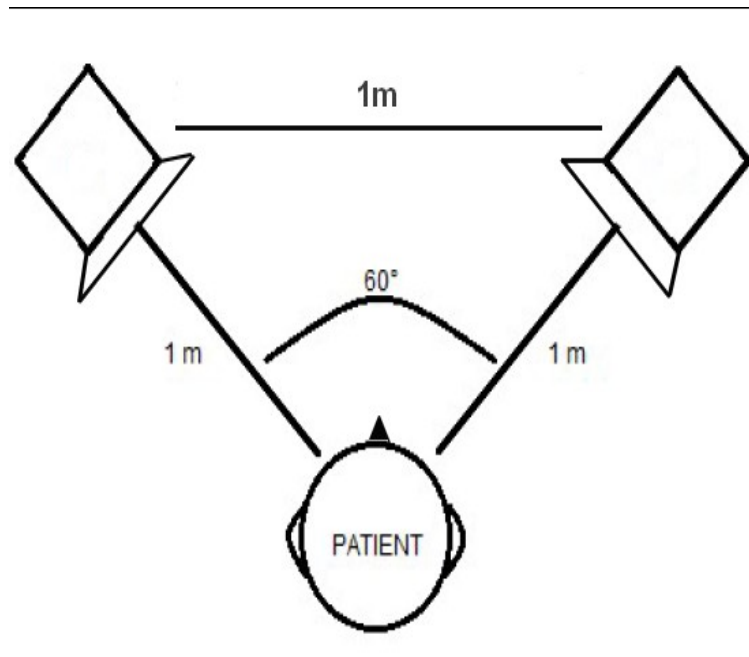


Figure 2 : Positionnement des haut-parleurs

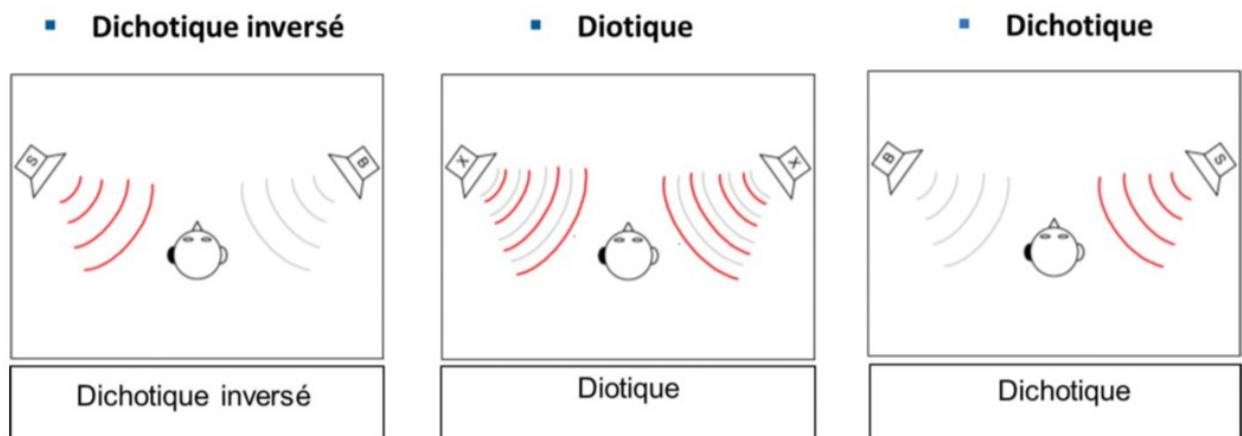


Figure 2 bis : Les différentes situations d'écoute.

Le son utilisé est le son de *CocktailParty*. Les listes de mots et le son sont envoyés à 60 dBa et le son varie de plus ou moins 3 dBa. Cela nous donne des conditions de SNR (*Signal Noise Ratio*) de -3, 0, +3 dB. Nous avons utilisé le logiciel Audacity pour régler les paramètres de SNR et de situations d'écoute. De plus, la parole est soit prononcée normalement soit accélérée de racine de deux. A chaque fin de liste, nous demandons au

patient de noter l'effort d'écoute qu'il a eu l'impression de fournir en lui figurant une échelle visuelle allant de 0 « *très facile, aucun effort* » à 10 « *très difficile, effort intense* » (EAS *effort assessment scale*).

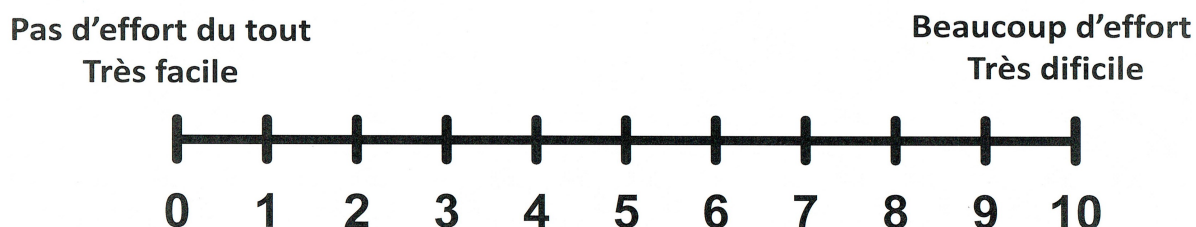


Figure 3 : Echelle d'évaluation de l'effort d'écoute

2.2 Mesures de l'effort d'écoute

2.2.1. EAS

L'EAS (*effort assessment scale*) est l'échelle d'évaluation de l'effort d'écoute (Alhanbali Sara and al., 2017). Le but de l'étude d'Alhanbali était d'étendre les connaissances préalables en enquêtant sur les réponses auto-déclarées d'effort d'écoute chez les adultes ayant différents types de déficience auditive et de les comparer à un groupe témoin du même âge avec une bonne audition. Il y a trois groupes d'adultes malentendants, le premier groupe utilise des aides auditives HA pour *hearing aided*, le deuxième utilise l'implant cochléaire IC et le troisième a une surdité unilatérale. La conclusion de cette étude est que les personnes malentendantes déclarent des niveaux d'effort d'écoute plus élevés que le groupe témoin normo-entendant. La similitude des réponses entre les différents groupes malentendants suggère que ces aspects de

l'expérience d'écoute ne sont pas prévus par la gravité de la déficience auditive. C'est au cours de cette étude que le questionnaire a été créé. N'ayant pas de questionnaire déjà établi, les auteurs ont décidé d'utiliser une échelle auto-assemblée l'EAS, les réponses sont donc fournies sur une échelle visuelle allant de 0 à 10, avec 0 indiquant « *aucun effort* » et 10 « *effort intense* ». Les participants doivent noter le niveau d'effort d'écoute qu'ils éprouvent. Concernant les questions, trois ont été extraites de l'échelle de l'audience SSQ (*speech, spatial and qualities of hearing scale*) (Gatehouse et Noble, 2004) qui est une échelle validée évaluant différents aspects de la déficience auditive (vu dans la partie théorique). Les trois autres questions proviennent d'un document non publié de PhD (Alkhamra, référence Note1). Le score total de l'EAS a été calculé en additionnant le score de chacune des six questions pour donner une note de 0 à 60, avec des scores plus élevés indiquant plus d'effort. L'EAS Français est donc la traduction faite par l'équipe du CRNL (Centre de Recherche en Neurosciences de Lyon) du questionnaire d'Alhanbali. Il se compose de 10 questions et non plus de 6, les questions une, deux et six ont été traduites en double pour préciser si la personne se trouvait dans un endroit calme ou dans un endroit bruyant. Les questions trois, quatre et cinq ont simplement été traduites et la question dix a été rajoutée (annexe 2). Ce questionnaire évalue l'effort d'écoute ressenti au quotidien par la personne. Quand le patient répond au questionnaire, il doit faire appel à un souvenir d'une situation d'écoute. Pour plus de simplicité, nous appellerons l'EAS Français l'EEQ pour le questionnaire d'effort d'écoute.

2.2.2 EAS vocal

Nous avons utilisé la même échelle EAS (figure 3) mais cette fois non plus avec le questionnaire mais après une stimulation sonore. Pour différencier les deux tests nous appellerons ce dernier EVA pour auto-évaluation d'effort liée à la vocale. Nous faisons passer des listes de mots soit de Fournier (avec une voix d'homme, noté EVA1) soit de Moulin (avec une voix de femme, noté EVA2), qui sont à intensité fixe de 60dBa. En plus de la parole, nous ajoutons un bruit de *CocktailParty*, envoyé soit à 57 soit à 60 soit à 63 dBa. Ce qui nous donne des SNRs (*Signal Noise Ratio*) de -3, 0 et +3. La voix était soit prononcée normalement soit elle était accélérée de racine de deux. Et nous avons trois situations d'écoute : diotique, dichotique, et dichotique inversé. A chaque fois, le nombre de mots, de syllabes et de phonèmes justes a été comptabilisé, et à chaque fin de liste nous notions l'effort d'écoute que la personne nous indiquait soit oralement soit en pointant son doigt sur l'échelle EAS.

Nous voulions à l'aide de cette épreuve, montrer si les patients sont cohérents avec la difficulté fluctuante des différentes situations d'écoute. Lorsque vous cherchez une méthode qui peut être facilement et rapidement appliquée en milieu clinique, mais en même temps sensible aux différences entre les conditions d'écoute, une procédure subjective est souvent le choix évident (Devocht et al., 2017).

III. Résultats

3.1. Analyses statistiques

Premièrement, nous voulons valider le questionnaire EEQ. Nous nous sommes donc appuyé sur le coefficient alpha de Cronbach qui permet de savoir si toutes nos questions portent sur le même sujet. Nous avons aussi voulu voir si notre questionnaire est bien reproductible dans le temps avec les réponses données à J0 et J1. Pour cela, nous avons utilisé le logiciel JASP, qui nous a permis de faire des matrices de corrélation, avec les coefficients de Pearson r et Spearman permettant de donner l'intensité de la relation entre J0 et J1. Nous nous sommes principalement servis des coefficients de Pearson r car nous avons des données paramétriques. Seules des p -value de $< 0,001$ étaient considérées comme significatives. On admet que la loi normale, l'homogénéité et l'indépendance des variables sont bien respectées. Puis, nous avons essayé de trouver d'autres corrélations pour l'EEQ et l'EVA, avec la même technique d'analyse en créant des matrices de corrélation avec le logiciel JASP, permettant d'illustrer la relation entre deux variables.

3.2. Résultats

Nous avons fait des regroupements de questions. Pour rappel, certaines questions ont été traduites en précisant dans le calme ou dans le bruit, ce qui permet d'ajouter une grille d'analyse de l'effort d'écoute selon le milieu sonore.

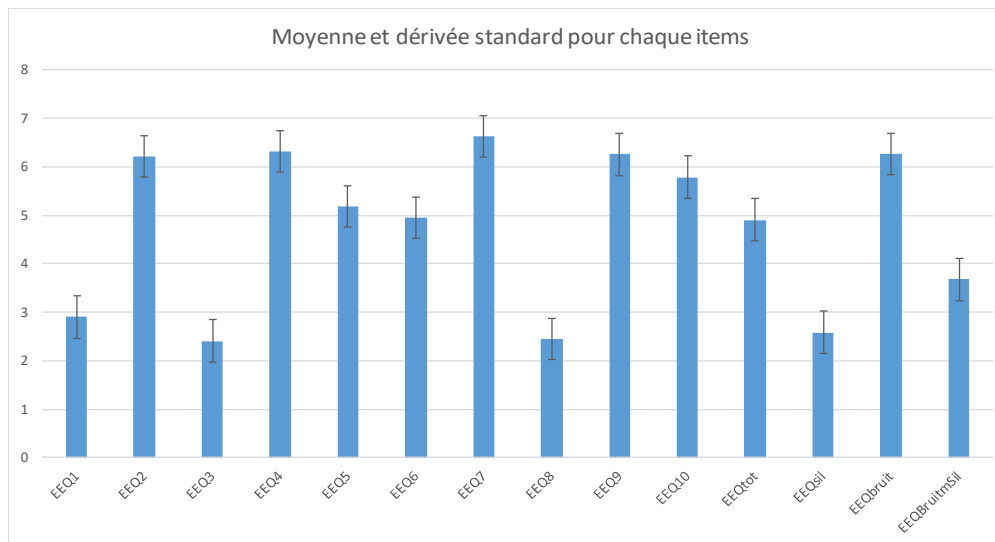


Figure 4 : Moyennes des réponses de l'EEQ (la barre d'erreur représente la dérivée standard).

3.2.1 Variabilité interne

Le coefficient alpha de Cronbach, est une statistique utilisée notamment en psychométrie pour mesurer la cohérence interne (ou la fiabilité) des questions posées lors d'un test. Les réponses aux questions portant sur le même sujet doivent être corrélées. La valeur de ce test est inférieure ou égale à 1. Pour notre EEQ le coefficient alpha est de 0,9. Sachant qu'un coefficient supérieur à 0,7 est jugé satisfaisant nous pouvons affirmer que toutes nos questions portent sur le même sujet.

3.2.2 Reproductibilité

Afin de valider l'EEQ, nous avons voulu tester sa reproductibilité. Nous avons pour cela testé les réponses données à J0 par nous deux groupes et celles répondues à J1. Nous avons réussi à trouver pour chaque question et chaque regroupement une corrélation entre J0 et J1. En annexe 2, vous retrouverez la matrice obtenue.

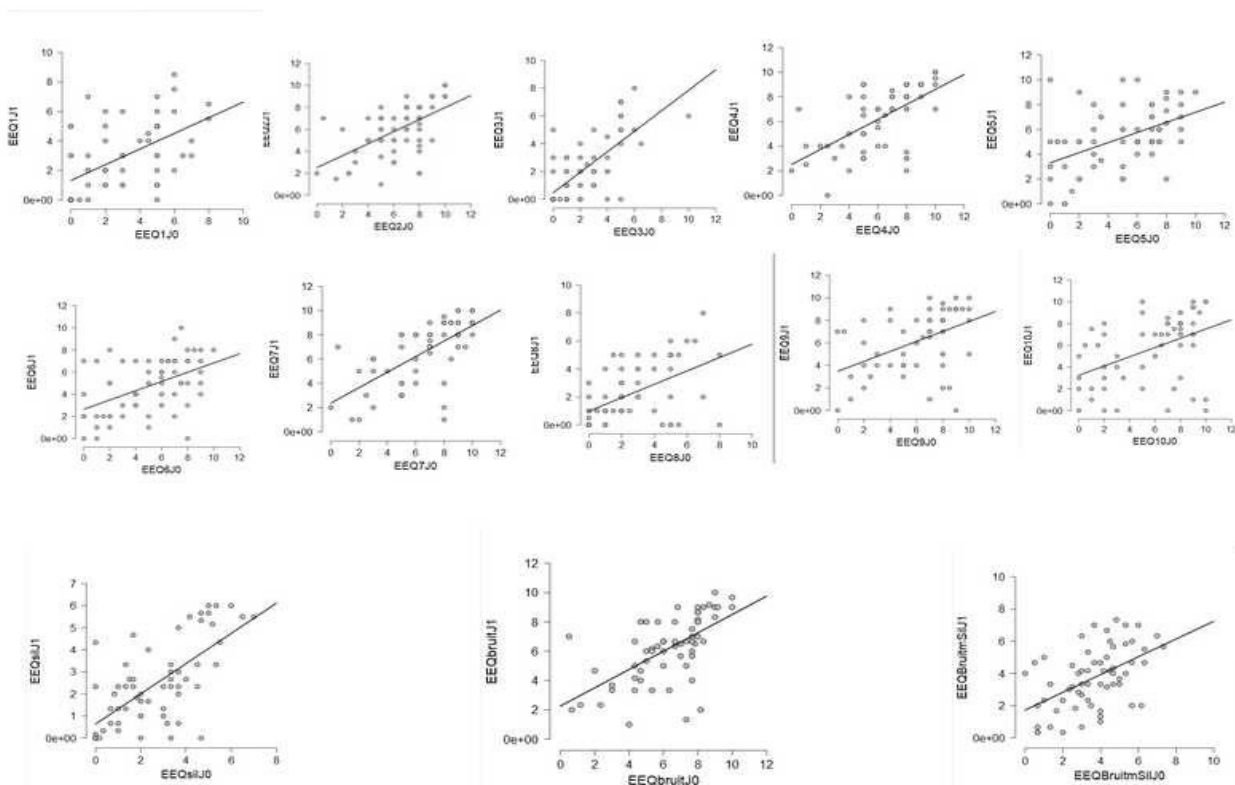


Figure 5 : Corrélations J0 et J1.

Une analyse de corrélation montre que la relation de chacune de nos questions et chacun de nos items entre J0 et J1 est significative (EEQ1 : $r = 0,553$, EEQ2 : $r = 0,581$, EEQ3 : $r=0,704$, EEQ4 : $r = 0,623$, EEQ5 : $r= 0,473$, EEQ6 : $r = 0,506$, EEQ7 : $r = 0,658$,

EEQ8 : $r = 0,52$, EEQ9 : $r = 0,45$, EEQ10 : $r = 0,447$, EEQtot: $r = 0,658$, EEQbruit : $r = 0,68$, EEQsil : $r = 0,623$, EEQbrtmoinssil : $r = 0,517$. et pour tous $p < 0,001$). La corrélation est positive.

Nous avons donc la validité interne et la reproductibilité de notre EEQ prouvées. Nous jugeons donc notre questionnaire validé.

Maintenant nous avons cherché à corréler nos tests EEQ et EVA avec des variabilité externes.

3.2.3. Variabilités externes

Nous n'avons trouvé aucune corrélation entre les scores au EEQ et la perte auditive, le gain moyen de l'appareil, le port moyen, la gamme d'appareil, les résultats du MoCA, du test de Cube de Corsi, ReadingSpan, MillHill, du SF12, ou encore avec l'âge. Il en est de même avec les scores d'EVA.

En revanche, nous avons trouvé une corrélation significative entre les scores au EEQ et les scores d'intelligibilité obtenus par nos tests de vocale dans le bruit, c'est pourquoi elles ne corréler pas avec le regroupement des questions dites dans le silence. (figure 6 et 7)

Correlation Table				EEQtot	EEQsil	EEQbruit
intelligibilité moy	Pearson's r			-0,368 ***	-0,167 *	-0,381 ***
	p-value			< .001	0,032	< .001
	Spearman's r			-0,399 ***	-0,205 *	-0,439 ***
	p-value			< .001	0,011	< .001

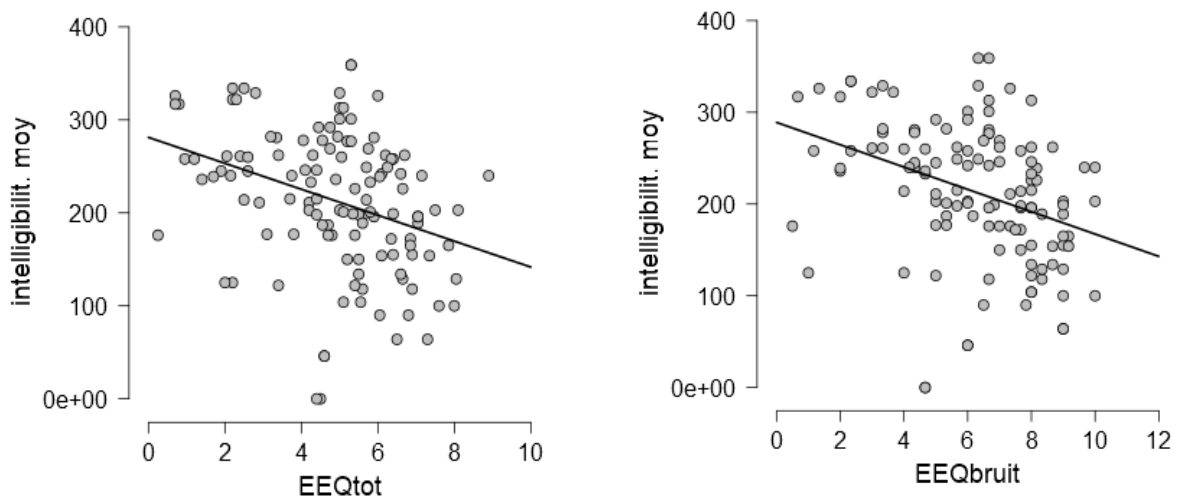


Figure 6 : EEQ et intelligibilité

Pearson Correlations			moysommEVA1et2
intelligibilit . moy	Pearson's r		-0.647 ***
	p-value		< .001

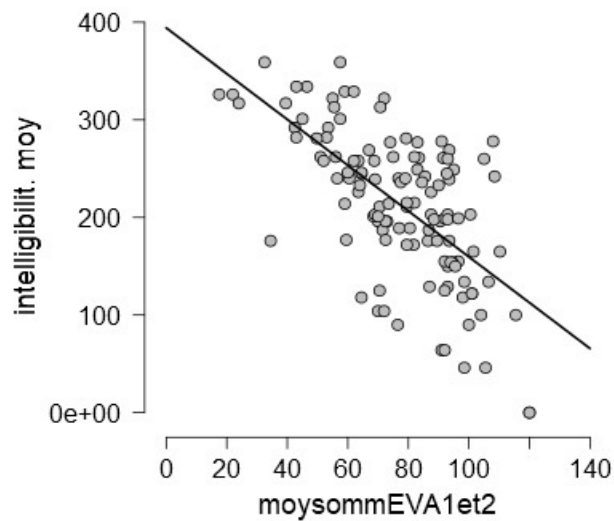


Figure 7 : EVA et intelligibilité (Note : EVA1 correspond aux scores obtenus avec la voix masculine prononçant les mots de Fournier, et EVA 2 la voix de femme prononçant les mots de Moulin)

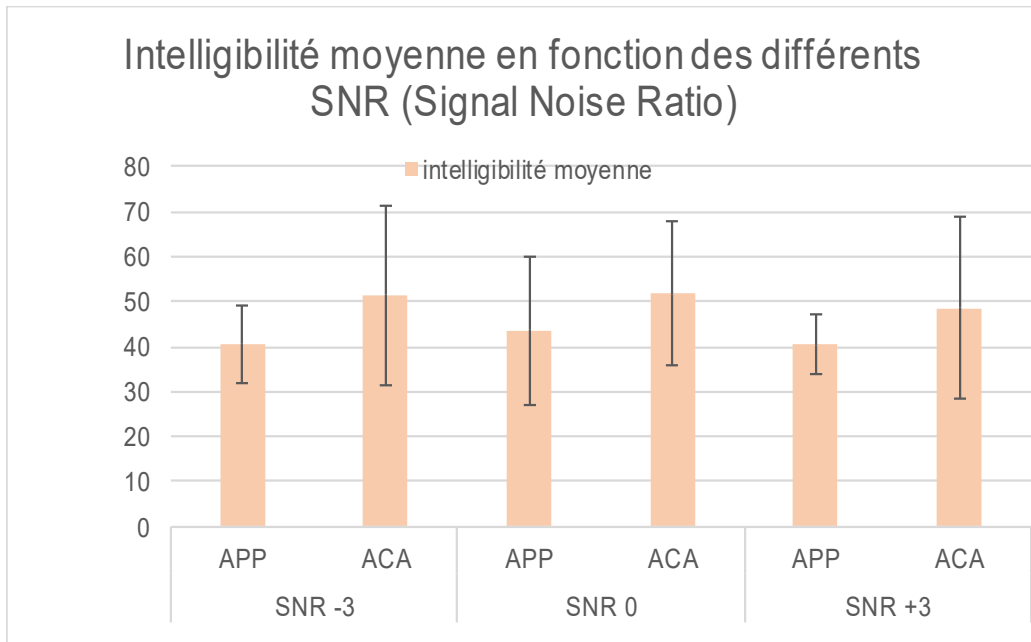


Figure 7 bis : Intelligibilité moyenne et l'écart type en fonction des différents SNRs (Signal Noise Ratio) .

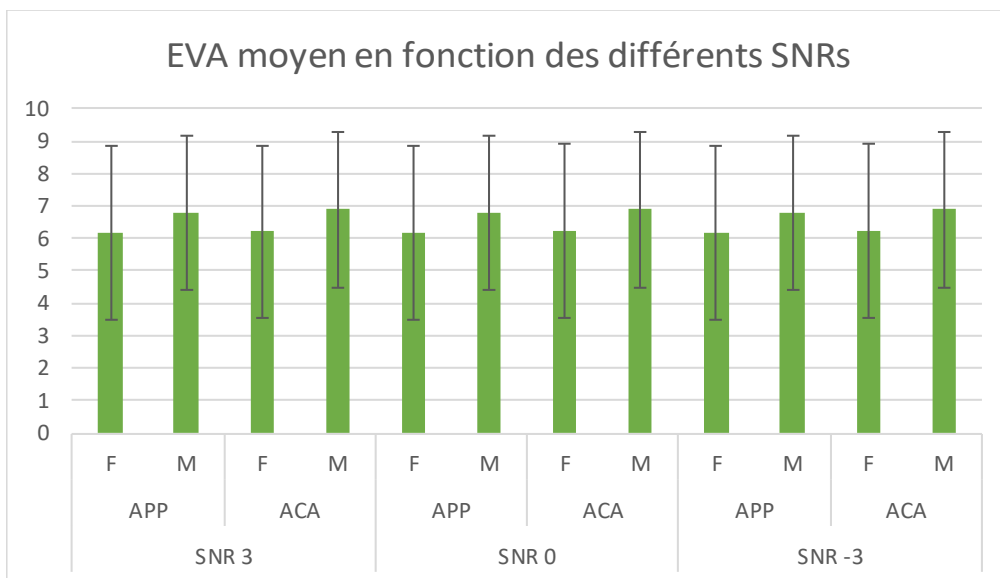


Figure 8: Effort d'écoute auto évalué des listes de voyales moyen en fonction des listes utilisées (F : Fournier (EVA1) et M : Moulin (EVA2)) des groupes (APP et ACA) et des différents SNRs testés.

L'analyse de corrélation montre que la relation entre l'EEQ et l'intelligibilité est significative. ($r = -0,368$; $p < 0,001$). Cette corrélation est négative, c'est-à-dire que si

l'intelligibilité diminue, l'effort d'écoute augmente. Il en est de même avec les scores à l'EVA. ($r = -0,647$, $p < 0,001$).

Nous avons aussi trouvé une corrélation significative entre les scores obtenus au EEQ et les scores obtenus avec EVA. ($r = 0,386$; $p < 0,001$) Cette corrélation est positive, si l'EEQ augmente, l'EVA augmente aussi. (figure 7)

		EEQtot	EEQsil	EEQbruit
EEQtot	Pearson's r	—		
	p-value	—		
EEQsil	Pearson's r	0,794	—	
	p-value	< .001	—	
EEQbruit	Pearson's r	0,91	0,621	—
	p-value	< .001	< .001	—
EEQBruitmSil	Pearson's r	0,298	-0,269	0,588
	p-value	< .001	0,003	< .001
EVA Effortd'.cou te2	Pearson's r	0,386 ***	0,226	0,362 ***
	p-value	< .001	0,012	< .001
EVA Effortd'.cou te1	Pearson's r	0,448 ***	0,272	0,407 ***
	p-value	< .001	0,002	< .001
moysommE VA1et2	Pearson's r	0,428 ***	0,256	0,394 ***
	p-value	< .001	0,004	< .001

Figure 9 : Corrélation entre les scores d'EEQ et d'EVA. (Note : EVA1 correspond aux scores obtenus avec la voix masculine prononçant les mots de Fournier, et EVA 2 la voix de femme prononçant les mots de Moulin)

Nous avons tenté de faire des ANOVA, qui analysent la variance de nos groupes, mais ni les deux dates J0 et J1, ni nos deux groupes ACA et APP, n'ont de différence significative.

Notre petit panel pour le groupe ACA nous empêche sûrement de conclure sur une potentielle amélioration entre nos J0 et J1, et surtout sur une différence significative des

scores entre nos deux groupes. Nous ne pouvons pas comparer nos deux populations, ni nos deux dates, qui sont peut être trop rapprochées pour montrer une évolution.

Ce qui nous permet de répondre à nos hypothèses de départ : il n'y a aucune différence significative entre nos deux groupes, ni entre nos deux dates. En revanche, l'effort d'écoute est bien corrélé avec l'intelligibilité. De plus, les scores obtenus au EEQ et à l'EVA sont corrélés, les patients répondent donc de manière logique aussi bien en faisant appel à leur souvenir qu'avec une mise en situation.

IV. Discussion

Les facteurs tels que le stress, la capacité cognitive et des fonctions exécutives, la vigilance et la fatigue peuvent avoir des conséquences sur l'effort d'écoute et la plupart de ces facteurs ne sont pas pris en compte d'une quelconque manière dans cette étude. Nous avons une estimation de leur capacité cognitive grâce aux tests cognitifs. Et nous essayons individuellement de rassurer nos patients quand nous réalisons les tests, simplement en instaurant une ambiance calme et en créant un lien de confiance, en répondant à chacune de leurs questions de façon précise et détendue, pour limiter les facteurs de stress.

Dans leur livre blanc, McGarrigle et al. précisent : « *Larsby et al (2005) suggèrent que les adultes plus âgés peuvent avoir tendance à sous-estimer leur effort d'écoute perçu, ils ont trouvé moins d'extrêmes efforts d'écoute auto-déclarée chez les sujets âgés par rapport aux adultes plus jeunes.* »

Certaines études jugent les échelles d'évaluation subjectives insuffisantes, en justifiant que le patient peut associer l'effort d'écoute à quelque chose de différent, comme la compréhension de la parole. Certes de part sa subjectivité, la méthode utilisée dans cette étude peut recevoir cette remarque, c'est pourquoi nous avons à chaque fois détaillé que l'effort d'écoute était une sensation de devoir fournir un effort cognitif, une concentration plus élevée ressentie afin de comprendre la parole.

L'échelle visuelle utilisée pour cette étude a peu été prise par le patient comme une note sur dix à donner à chaque question. Il faudrait utiliser une échelle visuelle analogique plutôt que notre échelle graduée.

L'une des premières choses qui vient à l'esprit quand on parle de prothèses auditives est une meilleure compréhension de la parole, en particulier dans les environnements bruyants. Cependant, il serait judicieux d'aborder désormais les prothèses auditives en se souciant de l'effort d'écoute requis par le patient pour réaliser cet ajustement. Il est clair qu'un effort d'écoute accru peut avoir un impact sur les avantages procurés par les prothèses auditives d'au moins deux façons. A court terme, parce que un effort accru nécessite des ressources cognitives supplémentaires, une activité mentale simultanée sera difficile. Par exemple s'il s'agit de retrouver un mot ou de remplir mentalement un mot dans une phrase qui n'était pas compréhensible, tout en continuant à écouter le reste du dialogue, la reconnaissance de la parole sera altérée. Et à long terme, l'effort d'écoute accru entraînera une fatigue auditive et qui se traduira également indirectement par une compréhension de la parole réduite.

V. Conclusion

Ce mémoire avait pour objectif de quantifier les efforts d'écoute auto-déclarés chez les adultes malentendants, à l'aide d'un questionnaire et d'une échelle visuelle-analogique. Le but de cette étude était donc de valider ce questionnaire, pour pouvoir en faire un outil en audiologie.

Cette étude permet de confirmer que cette procédure de notation d'effort d'écoute est facile et rapide, pouvant être réalisé par tous les sujets. Le questionnaire proposé dans cette étude est validé de part sa validité interne et sa reproductibilité.

Nous avons trouvé que nos deux tests (EEQ et EVA) sont corrélés positivement, c'est-à-dire que si l'un augmente, l'autre augmentera aussi. Les deux tests bien que différents dans la captation semblent tout de même évoquer un seul et même effort d'écoute.

Nous n'avons trouvé aucune différence significative entre nos deux groupes ACA et APP, ou entre nos deux dates (J0 et J1). Mais nous avons réussi à trouver que l'effort d'écoute est corrélé avec les scores d'intelligibilité. L'effort d'écoute serait donc fortement lié à l'intelligibilité. La personne ayant une bonne compréhension se verrait donc diminuer son effort d'écoute.

Nous ne pouvons faire d'autres suggestions sur la compréhension de l'effort d'écoute. Les recherches sur ce phénomène sont encore à leur balbutiement, et il est difficile de trouver dans la littérature des écrits ayant apporté des explications sur ce phénomène.

Passer le questionnaire d'EEQ et celui de Kramer et al. (2006) qui évoque la fatigue auditive, pourrait nous permettre de concilier l'effort d'écoute et la fatigue, et de voir s'il existe une quelconque corrélation entre ces deux symptômes.

De plus, nous pourrions imaginer une étude complète sur l'effort d'écoute qui testerait aussi bien de manière objective que subjective, mêlant par exemple notre questionnaire et EEG, ou pupillométrie. Afin de pouvoir tester la corrélation de ces deux méthodes de mesure.

Le Maître de mémoire :

VU et PERMIS D'IMPRIMER

Monsieur Stéphane GALLEGO

Lyon, le 19 octobre 2018

Signature :

Le Responsable de l'Enseignement

Monsieur Stephane GALLEGO

Annexe 2 : Reproductibilité de l'EEQ, Matrice corrélation entre J0 et J1

Correlation Matrix		Correlation Table																
		EEQJ0	EEQJ1	EEQJ2	EEQJ3	EEQJ4	EEQJ5	EEQJ6	EEQJ7	EEQJ8	EEQJ9	EEQJ10	EEQJ11	EEQJ12	EEQJ13	EEQJ14	EEQJ15	EEQJ16
EEQJ16	Person's r	0.533 ***	0.364 **	0.487 ***	0.399 **	0.242	0.301 **	0.296 *	0.123	0.171	0.202	0.434 ***	0.478 ***	0.533 ***	-0.058			
	Spearmen's rho	<.001	0.004	<.001	0.038	0.019	0.116	0.056	0.183	0.116	0.116	<.001	0.116	0.116	0.656			
EEQJ15	Person's r	0.572 ***	0.379 **	0.488 ***	0.378 **	0.228	0.348 **	0.396 **	0.176	0.141	0.162	0.458 ***	0.466 ***	0.599 **	-0.044			
	Spearmen's rho	<.001	<.001	<.001	<.001	<.001	<.001	<.001	<.001	<.001	<.001	<.001	<.001	<.001	0.288 **			
EEQJ14	Person's r	0.438 ***	0.381 ***	0.299 *	0.488 ***	0.234	0.406 **	0.536 ***	0.189	0.274	0.283 *	0.523 ***	0.381 **	0.534 ***	0.778 *			
	Spearmen's rho	<.001	<.001	0.018	<.001	<.001	0.068	<.001	0.141	0.007	0.026	<.001	0.006	<.001	0.031			
EEQJ13	Person's r	0.399 **	0.382 ***	0.271 *	0.488 ***	0.261 *	0.408 ***	0.557 ***	0.213	0.353 **	0.399 *	0.821 ***	0.909 *	0.931 **	0.31 *			
	Spearmen's rho	0.009	<.001	<.001	0.038	<.001	<.001	<.001	0.04	<.001	<.001	0.096	0.005	0.014	0.104			
EEQJ12	Person's r	0.571 ***	0.251 *	0.709 ***	0.402 **	0.139	0.303 **	0.299	0.141	0.209	0.342	0.889	0.820 ***	0.785 ***	0.28 *			
	Spearmen's rho	<.001	0.048	<.001	<.001	0.028	0.017	0.276	0.102	0.49	0.277	0.92	0.227	<.001	0.028			
EEQJ11	Person's r	0.549 ***	0.264 *	0.668 ***	0.432 ***	0.107	0.25 *	0.138	0.197	0.048	0.152	0.393 **	0.55 ***	0.297 *	0.55 ***			
	Spearmen's rho	<.001	0.038	<.001	<.001	<.001	0.05	0.283	0.125	0.713	0.24	0.301	0.24	<.001	0.002			
EEQJ10	Person's r	0.489 ***	0.388 ***	0.459 ***	0.623 ***	0.273	0.438 ***	0.594 ***	0.25	0.353 **	0.24	0.609	0.58 ***	0.489 ***	0.584 ***			
	Spearmen's rho	<.001	<.001	<.001	<.001	0.031	<.001	<.001	0.05	<.001	0.009	0.06	<.001	<.001	0.088			
EEQJ9	Person's r	0.474 ***	0.693 ***	0.469 ***	0.643 ***	0.325 **	0.489 ***	0.802 ***	0.393 *	0.38 *	0.218	0.604 ***	0.487 ***	0.644 ***	0.25			
	Spearmen's rho	<.001	<.001	<.001	<.001	<.001	<.001	<.001	0.017	0.004	0.089	<.001	<.001	<.001	0.05			
EEQJ8	Person's r	0.394	0.394	0.295 *	0.411 ***	0.411 ***	0.205	0.274 *	0.184	0.354 **	0.185	0.425 ***	0.296 *	0.449 ***	0.256 *			
	Spearmen's rho	0.05	<.001	0.02	<.001	<.001	0.11	0.13	0.031	0.004	0.031	<.001	0.02	<.001	0.045			
EEQJ7	Person's r	0.248	0.407 **	0.32 *	0.387 **	0.479 ***	0.236	0.326 **	0.216	0.338 **	0.193	0.449 ***	0.299 *	0.448 ***	0.245			
	Spearmen's rho	0.052	<.001	0.011	0.002	<.001	0.065	0.026	0.092	0.07	0.077	0.200	0.002	<.001	0.167			
EEQJ6	Person's r	0.453 ***	0.575 ***	0.364 **	0.442 ***	0.334 **	0.506 ***	0.459 ***	0.135	0.226	0.323 *	0.544 ***	0.392 **	0.468 ***	0.178			
	Spearmen's rho	<.001	<.001	0.004	<.001	0.008	<.001	<.001	0.294	0.001	0.077	0.101	0.002	<.001	0.167			
EEQJ5	Person's r	0.441 ***	0.577 ***	0.387 **	0.41 ***	0.337 **	0.503 ***	0.521 ***	0.171	0.289 *	0.321 *	0.544 ***	0.378 **	0.478 ***	0.191			
	Spearmen's rho	<.001	<.001	0.002	<.001	0.004	<.001	<.001	0.185	0.324	0.111	<.001	0.039	<.001	0.136			
EEQJ4	Person's r	0.378 **	0.658 ***	0.32 *	0.585 ***	0.221	0.47 ***	0.658 ***	0.125	0.326 **	0.388 **	0.567 ***	0.388 **	0.585 ***	0.136			
	Spearmen's rho	0.002	<.001	0.011	<.001	0.085	<.001	<.001	0.332	0.01	0.093	<.001	0.007	<.001	0.002			
EEQJ3	Person's r	0.321 **	0.654 ***	0.321 **	0.567 ***	0.274 *	0.5 **	0.703 ***	0.21	0.349	0.362 **	0.539 ***	0.323 *	0.611 ***	0.388 **			
	Spearmen's rho	0.009	<.001	<.001	0.011	0.031	<.001	<.001	0.101	0.005	0.002	<.001	0.039	0.023	0.002			
EEQJ2	Person's r	0.528 ***	0.457 ***	0.583 ***	0.384 **	0.204	0.451 ***	0.422 ***	0.52 ***	0.318 *	0.222	0.595 ***	0.659 ***	0.442 ***	0.135			
	Spearmen's rho	<.001	<.001	<.001	0.012	0.112	<.001	<.001	<.001	<.001	0.085	<.001	0.294	<.001	0.264			
EEQJ1	Person's r	0.509 ***	0.482 ***	0.573 ***	0.381 **	0.197	0.443 ***	0.455 ***	0.521 ***	0.319 *	0.195	0.573 ***	0.688 **	0.46 ***	0.139			
	Spearmen's rho	<.001	<.001	<.001	0.002	0.125	<.001	<.001	<.001	<.001	0.012	<.001	<.001	<.001	0.28			
EEQJ0	Person's r	0.458 ***	0.574 ***	0.419 ***	0.419 ***	0.231	0.47 ***	0.426 **	0.231	0.45 ***	0.47 ***	0.524 ***	0.452 ***	0.571 ***	0.246			
	Spearmen's rho	<.001	<.001	<.001	<.001	0.013	0.004	0.071	0.024	0.071	0.054	<.001	<.001	<.001	0.054			
EEQJ16	Person's r	0.425 ***	0.62 ***	0.44 ***	0.464 ***	0.327 **	0.445 ***	0.532 ***	0.324 *	0.699 ***	0.188	0.572 ***	0.464 ***	0.646 ***	0.243			
	Spearmen's rho	<.001	<.001	<.001	<.001	0.01	<.001	<.001	0.01	<.001	0.192	<.001	<.001	<.001	0.057			
EEQJ15	Person's r	0.108	0.331 **	0.166	0.209	0.103	0.463 ***	0.422 ***	0.135	0.139	0.381 **	0.165	0.199	0.203	0.158			
	Spearmen's rho	0.044	0.005	0.092	0.092	0.103	<.001	<.001	0.295	0.282	0.282	0.199	0.039	0.039	0.22			
EEQJ14	Person's r	0.094	0.346 **	0.177	0.163	0.201	0.48 ***	0.479 ***	0.197	0.105	0.375 **	0.172	0.234	0.234	0.156			
	Spearmen's rho	0.466	0.006	0.17	0.206	0.117	<.001	<.001	0.124	0.417	0.417	0.303	0.182	0.067	0.225			
EEQJ13	Person's r	0.555 ***	0.645 ***	0.536 ***	0.581 ***	0.36 **	0.536 ***	0.571 ***	0.275 *	0.371 **	0.352 **	0.688 ***	0.537 ***	0.689 **	0.181			
	Spearmen's rho	<.001	<.001	<.001	<.001	0.004	<.001	<.001	0.09	0.093	0.095	<.001	<.001	<.001	0.158			
EEQJ12	Person's r	0.538 ***	0.634 ***	0.572 ***	0.578 ***	0.395 **	0.578 ***	0.603 ***	0.37 **	0.417 ***	0.35 **	0.704 ***	0.575 ***	0.651 ***	0.171			
	Spearmen's rho	<.001	<.001	<.001	<.001	0.001	<.001	<.001	0.003	<.001	0.005	<.001	<.001	<.001	0.184			
EEQJ11	Person's r	0.652 ***	0.42 ***	0.691 ***	0.468 ***	0.231	0.437 ***	0.338 **	0.272 **	0.24	0.222	0.538 ***	0.638 ***	0.421 ***	0.188			
	Spearmen's rho	<.001	<.001	<.001	<.001	0.071	<.001	0.007	0.01	0.08	0.083	<.001	<.001	0.144	0.144			
EEQJ10	Person's r	0.649 ***	0.434 ***	0.68 ***	0.493 ***	0.22	0.413 ***	0.351 **	0.343 **	0.187	0.192	0.554 ***	0.651 ***	0.43 ***	-0.169			
	Spearmen's rho	<.001	<.001	<.001	<.001	0.086	<.001	0.005	0.006	0.145	0.135	<.001	<.001	<.001	0.188			
EEQJ9	Person's r	0.509 ***	0.641 ***	0.486 ***	0.304 **	0.247	0.441 ***	0.538 ***	0.247	0.304 **	0.242	0.598 ***	0.488 ***	0.623 ***	0.278 *			
	Spearmen's rho	<.001	<.001	<.001	<.001	0.016	<.001	<.001	0.052	<.001	0.058	<.001	<.001	<.001	0.032			
EEQJ8	Person's r	0.485 ***	0.646 ***	0.429 ***	0.58 ***	0.333 **	0.47 ***	0.602 ***	0.311 *	0.445 ***	0.22	0.683 ***	0.47 ***	0.677 ***	0.284 *			
	Spearmen's rho	<.001	<.001	<.001	<.001	0.008	<.001	<.001	0.014	<.001	0.025	<.001	<.001	<.001	0.205			
EEQJ7	Person's r	0.404	0.333 **	0.167	0.232	0.136	0.404	0.394	0.029	0.136	0.276 *	0.334 **	0.471	0.323 **	0.517 ***			
	Spearmen's rho	0.757	0.005	0.195	0.07	0.294	0.466	0.008	0.823	0.03	0.089	0.156	0.471	0.099	0.209			
EEQJ6	Person's r	-0.042	0.332 **	-0.142	0.238	0.185	0.099	0.335 **	-0.02	0.271 *	0.098	0.125	0.098	0.347 **	0.521 ***			
	Spearmen's rho	0.746	0.008	0.271	0.062	0.15	0.443	0.008	0.875	0.033	0.45	0.34	0.093	0.493	<.001			

Répertoire des figures :

Figure 1 : Schéma explicatif du défi acoustique. (Pelle et al., 2017).

Figure 2 : Schéma représentant l'installation du patient et des haut-parleurs pour nos tests de vocale dans le bruit.

Figure 2 bis : Schémas illustrant les situations d'écoute diotique, dichotique et dichotique inversé. (Signal en rouge, bruit en gris)

Figure 3 : Échelle d'évaluation de l'effort d'écoute

Figure 4 : Diagramme en barres représentant pour chaque question et chaque regroupement (total, dans le bruit, dans le calme et bruit moins calme) la moyenne des réponses. (la barre d'erreur représente la dérivée standard) (n=61)

Figure 5 : Nuage de points pour chacune des questions de l'EEQ et pour chacun de nos regroupements à J0 et J1.(n=61)

Figure 6 : Tableau de corrélation et nuage de point reliant les scores au EEQ et l'intelligibilité. (n=61)

Figure 7 : Tableau de corrélation et nuage de point reliant les scores à l'EVA et l'intelligibilité. (Note : EVA1 correspond aux scores obtenus avec la voix masculine prononçant les mots de Fournier, et EVA 2 la voix de femme prononçant les mots de Moulin) (n=61)

Figure 7 bis : Histogramme représentant l'intelligibilité moyenne et l'écart type en fonction des différents SNRs (Signal Noise Ratio) . (n=61)

Figure 8: Histogramme en barre représentant l'effort d'écoute auto évalué des listes de vocales moyen en fonction des listes utilisées (F : Fournier (EVA1) et M : Moulin (EVA2)) des groupes (APP et ACA) et des différents SNRs testés. (n=61)

Figure 9 : Corrélation entre les scores d'EEQ et d'EVA. (Note : EVA1 correspond aux scores obtenus avec la voix masculine prononçant les mots de Fournier, et EVA 2 la voix de femme prononçant les mots de Moulin) (n=61)

VIII. Bibliographie

.ALHANBALI Sara, DAWES Piers, LLOYD Simon, and J.MUNRO Kevin. Self-Reported Listening-Related Effort and Fatigue in Hearing-Impaired Adults. *EAR & HEARING*, 2017, VOL. 38, NO. 1, e39–e48.

.BRENNAN Marc, LEWIS Dawna, McCREERY Ryan, KOPUN Judy , ALEXANDER Joshua. Listening Effort and Speech Recognition with Frequency Compression Amplification for Children and Adults with Hearing Loss. *Journal of the American Academy of Audiology*, octobre 2017, Volume 28, Number 9.

.DEVOCHT Eike, JANSSEN Miranda, CHALUPPER Josef, STOKROOS Robert, and GEORGE Erwin. The Benefits of Bimodal Aiding on Extended Dimensions of Speech Perception: Intelligibility, Listening Effort, and Sound Quality. *Trends in Hearing*, juillet 2017, Volume 21: 1–20.

.ECKERT Mark A., TEUBNER-RHODES Susan, VADEN Kenneth. Is Listening in Noise Worth It? The Neurobiology of Speech Recognition in Challenging Listening Conditions. *EAR & HEARING*, VOL. 37, Supplement 1, 101S–110S

.GATEHOUSE S., & Noble W. (2004). The speech, spatial and qualities of hearing scale (SSQ). *Int J Audiol*, 43, 85–99.

.HOLUBE Inga, HAEDER Kristina, IMBERY Christina, and WEBER Reinhard. Subjective Listening Effort and Electrodermal Activity in Listening Situations with Reverberation and Noise *Trends in Hearing* 2016, Vol. 20: 1–15

.HORNSBY, B. W., Werfel, K., Camarata, S., & Bess, F. H. (2014). Subjective fatigue in children with hearing loss: Some preliminary findings. *American Journal of Audiology*, 23(1), 129–134.

.HORNSBY Benjamin, NAYLOR Graham, and Bess Fred. *A Taxonomy of Fatigue Concepts and Their Relation to Hearing Loss*. EAR & HEARING, 2016, VOL. 37, SUPPLEMENT 1, 136S–144S

.JOHNSON Jani A, XU Jingjing, and COX Robyn M. Impact of Hearing Aid Technology on Outcomes in Daily Life II: Speech Understanding and Listening Effort. EAR & HEARING, 2016, VOL. 37, NO. 5, 529–540

.JOHNSON Jani A, XU J., COX R. A comparison of two methods for measuring listening effort as part of an audiologic test battery. *Am J Audiol*, 2015, 24, 419–431.

KRAMER S. E., KAPTEYN T. S., HOUTGAST T. Occupational performance: Comparing normally-hearing and hearing-impaired employees using the Amsterdam Checklist for Hearing and Work, 2006, *Int J Audiol*, 45, 503–512.

.KRUEGER Melanie, SCHULTE Michael, BRAND Thomas, and HOLUBE Inga. Development of an adaptive scaling method for subjective listening effort. *Acoustical Society of America J. Acoust. Soc. Am.* 141 (6), juin 2017, Pages: 4680–4693.

.LARSBY B., HÄLLGREN M., LYXELL B. Cognitive performance and perceived effort in speech processing tasks: Effects of different noise backgrounds in normal-hearing and hearing-impaired subjects. 2005, *Int J Audiol*, 44, 131–143.

.LEMKE Ulrike and BESSER Jana. Cognitive load and listening effort: Concepts and age-related considerations. *Ear Hear* 37, 77S–84S, juin 2016.

.MAJ VAN den Tillaart-Haverkate, Pento Audiological Center, Zangvogelweg. The Influence of Noise Reduction on Speech Intelligibility, Response Times to Speech, and Perceived Listening Effort in Normal-Hearing Listeners. *Trends in Hearing*, volume 21: 1–13, mai 2017.

.McGARRIGLE Ronan, MUNRO Kevin, DAWES Piers, STEWAER Andrew, MOORE David, BARRY Johanna, and AMITAY Sygal. Listening effort and fatigue: What exactly are

we measuring? A British Society of Audiology Cognition in Hearing Special Interest Group 'white paper. *International Journal of Audiology* 53, 433–445, mars 2014.

.McGARRIGLE Ronan, DAWES Piers, J.STEWART Andrew, E.KUCHINSKY Stefanie, J.MUNRO Kevin. Measuring listening-related effort and fatigue in school-aged children using pupillometry. *Journal of Experimental Child Psychology* 161, 2017,95–112

.MILES Kelly, McMAHON Catherine, BOISVERT Isabelle, IBRAHIM Ronny, de LISSA Petra, and LYXELL Bjorn. *Objective assessment of Listening Effort / Coregistration of Pupillometry and EEG*. *Trends in Hearing*, Volume 21 : 1-13, 2017.

.OHLENFORST Barbara, A.ZEKVELD Adriana, P.JANSMA Elise, WANG Yang, NAYLOR Graham, LORENS Arthur, LUNNER Thomas, and E.KRAMER Sophia. Effects of Hearing Impairment and Hearing Aid Amplification on Listening Effort : A systematic Review. *Ear & Hearing* 2017, vol 38, num 3, p. 267-281.

.PELLE Jonathan. Listening Effort: How the Cognitive Consequences of Acoustic Challenge Are Reflected in Brain and Behavior. *Ear and Hearing*, 2017, volXX, num X, pXX-XX.

.PICHORA FULLER Kathleen, E.KRAMER Sophia, A.ECKERT Mark, EDWARDS Brent, W.Y.HORNSBY Benjamin, E.HUMES Larry, LEMKE Ulrike, LUNNER Thomas, MATTHEN Mohan, L.MACKERSIE Carol, NAYLOR Graham, A.PHILIPS Natalie, RICHTER Michael, RUDNER Mary, S.SOMMERS Mitchell, L.TREMBLAY Kelly, and WINGFIELD Arthur . Hearing impairment and cognitive energy: The framework for understanding effortful listening (FUEL). *Ear and Hearing*, juin 2016. Vol. 37, Supplement 1, pages 5S–27S.

.RENNIES, J., Schepker, H., Holube, I., & Kollmeier, B. (2014). Listening effort and speech intelligibility in listening situations affected by noise and reverberation. *The Journal of the Acoustical Society of America*, 136(5), 2642–2653.

.RUDNER Mary, LUNNER Thomas, BEHRENS Thomas, THOREN SUNDEWALL Elisabet, RONNBERG Jerker. Working Memory Capacity May Influence Perceived Effort during Aided Speech Recognition in Noise. Journal of the American Academy of Audiology Volume 23, Number 8, 2012.

.WARD Kristina M, SHEN Jing, SOUZA Pamela and GRIECO-CALUB Tina. Age-Related Differences in Listening Effort During Degraded Speech Recognition. EAR & HEARING, VOL. 38, NO. 1, 74–84

.WINN Matthew, EDWARDS Jan, and LITOVSKY Ruth. The impact of auditory spectral resolution on listening effort revealed by pupil dilation. Ear and Hearing, février 2015, vol.36(4), pages153–165.

.WU Yu-Hsiang, STANGL Elizabeth, ZHANG Xuyang, PERKINS Joanna, and EILERS Emily. Psychometric Functions of Dual-Task Paradigms for Measuring Listening Effort. EAR & HEARING, VOL. 37, NO. 6, 660–670

.ZEKVELD Adriana A., KRAMER Sophia E., and FESTEN Joost. Pupil Response as an Indication of Effortful Listening: The Influence of Sentence Intelligibility. EAR & HEARING, 2010, VOL. 31, NO. 4, 480–490

Référence Cube de Corsi :

.BADDELEY A.D. & Logie R.H . 1999 . Working memory: The multicomponent model . In: A. Miyake & P. Shah (eds.) , Models of Working Memory: Mechanisms of Active Maintenance and Executive Control, 1999, New York: Cambridge University Press , pp. 28 – 61 .

Référence du MoCA :

.NASEADDINE Ziad, le Montreal Cognitive Assessment (MoCA), 2005.

Référence du MillHill :

.RAVEN Deltour, Echelle de vocabulaire Mill Hill, 1998, EAP Paris.

Référence ReadingSpan :

.DANEMAN M., & MERIKLE P. M. Working memory and language comprehension: A meta-analysis. 1996, Psychon Bull Rev, 3, 422–433.

Référence SSQ 15 :

.KIESSLING Sürgen, MULLER Linda, MEISTER Hartmut, MEIS Markus. Übertragung der Fragebögen SADL, ECHO und SSQ ins deutsche und deren evaluation. [German translation of questionnaires SADI, ECHO and SSQ and their evaluation]. Zeitschrift für Audiologie, janvier 2011, vol 50, n°1.P6-16.

.MOULIN Annie, RICHARD Céline. Validation of a french-language version of the spatial hearing questionnaire, cluster analysis and comparaison with the Speech, Spatial and Qualities of Hearing scale. Ear and Hearing, janvier 2016, vol 97, n°4.P412-423.