

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>



Université Claude Bernard



Lyon 1

INSTITUT DES SCIENCES ET TECHNIQUES DE LA READAPTATION

Directeur Docteur Xavier PERROT

ENTRAÎNEMENT AUDITIVO-COGNITIF :

CREATION D'UNE APPLICATION POUR AMELIORER LES PERFORMANCES AUDITIVES ET
COGNITIVES

Mémoire présenté pour l'obtention du

DIPLOME D'ETAT D'AUDIOPROTHESISTE

Par

Sami BENZINE

Autorisation de reproduction

LYON, le 16/10/2020

Directeur de l'Enseignement

N° 824

Stéphane GALLEGO



Président
Pr Frédéric FLEURY

Vice-président CFVU
M. CHEVALIER Philippe

Vice-président CA
M. REVEL Didier

Vice-président CS
M. VALLEE Fabrice

Directeur Général des Services
M. Pierre ROLLAND

Secteur Santé

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

U.F.R d'Odontologie
Directeur
Pr. SEUX Dominique

U.F.R de Médecine Lyon-Sud
Charles Mérieux
Directrice
Pr BURILLON Carole

Institut des Sciences Pharmaceutiques
et Biologiques
Directrice
Pr VINCIGUERRA Christine

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

Institut des Sciences et Techniques de
Réadaptation
Directeur
Dr Xavier PERROT

Comité de Coordination des
Etudes Médicales (CEM)
Pr COCHAT Pierre

Secteur Sciences et Technologies

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

Directeur

M. VANPOULLE Yannick

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

Directeur

M. LEBOISNE Nicolas

Ecole Supérieure du Professorat et de l'Education

Directeur

M. CHAREYRON Pierre

UFR de Sciences et Technologies

Directeur

M. DE MARCHI Fabien

POLYTECH LYON

Directeur

Pr PERRIN Emmanuel

IUT LYON 1

Directeur

M. VITON Christophe

Ecole Supérieure de Chimie Physique Electronique de Lyon (ESCPE)

Directeur

M. PIGNAULT Gérard

Observatoire astronomique de Lyon

Directeur

Mme DANIEL Isabelle

REMERCIEMENTS

Je tiens dans un premier temps à remercier mon maître de mémoire, M. BOCH Damien ainsi que Mme BOCH Nathalie et Mme RAMALHO, pour m'avoir accueilli et formé pendant ma période de stage. Je tiens également à remercier :

- M. REVERCHON Matthis, pour l'aide qu'il a su m'apporter pendant mon travail de recherche, sa connaissance sur le sujet m'a été d'une grande aide.
- M. COLIN David, pour avoir su répondre à mes interrogations et pour m'avoir guidé au mieux dans l'élaboration de mon protocole d'étude.
- Tout le corps enseignant de l'Institut des Sciences et Techniques de la Réadaptation, pour la qualité de l'enseignement prodigué durant ces trois dernières années de formation.

Je tiens également à remercier ma famille et mes amis pour leur soutien moral ainsi que pour m'avoir toujours soutenu dans mes projets.

Enfin, je tiens tout particulièrement à remercier les patients qui ont participé à l'étude que j'ai menée, sans qui cette dernière n'aurait pu exister.

TABLE DES MATIÈRES

| | |
|--|----|
| RÉSUMÉ | 1 |
| INTRODUCTION | 1 |
| PARTIE THEORIQUE | 3 |
| A) PLASTICITE CEREBRALE | |
| 1- MECANISMES | |
| 2- DIVERS ETUDES | |
| 3- PLASTICITE CEREBRALE ET AUDITION | |
| B) ENTRAINEMENT AUDITIVO-COGNITIF | |
| 1- DEFINITION | |
| 2- PUBLIC CIBLE | |
| 3- ETUDES | |
| C) L'APPLICATION CERV' AUDITION | |
| 1- DESCRIPTION DE L'APPLICATION | |
| 2- PARTIE AUDITION | |
| 3- PARTIE MEMOIRE | |
| 4- FLUCTUATION DE LA DIFFICULTE DES SEANCES | |
| 5- SEANCE D'ENTRAINEMENT TYPE ET AFFICHAGE DES RESULTATS | |
| PARTIE PRATIQUE | 22 |
| A) OBJECTIF DE L'ETUDE | |
| B) ELABORATION DES GROUPES | |
| 1- GROUPE TEST | |
| 2- GROUPE CONTROLE | |
| C) MATERIEL | |
| 1- MESURE TONALE DE L'AUDITION | |
| 2- LISTES FREQUENTIELLES DE J.-P. DUPRET | |
| 3- MONTREAL COGNITIVE ASSESSMENT (MOCA) | |
| 4- SPEECH, SPATIAL AND QUALITIES OF HEARING SCALE (SSQ) | |
| 5- L'APPLICATION CERV' AUDITION | |
| D) DEROULEMENT DU PROTOCOLE D'EVALUATION ET RECOLTE DES DONNEES | |
| E) RESULTATS | |
| 1- AUDIOMETRIE VOCALE DANS LE SILENCE (AVS) | |
| 2- AUDIOMETRIE VOCALE DANS LE BRUIT (AVB) | |
| 3- MONTREAL COGNITIVE ASSESSMENT (MOCA) | |
| 4- SPEECH, SPATIAL AND QUALITIES OF HEARING SCALE (SSQ) | |
| 5- CORRELATION DES DONNÉES | |
| DISCUSSION | 36 |
| CONCLUSION | 38 |
| BIBLIOGRAPHIE | 39 |

RÉSUMÉ

Les solutions d'entraînement auditivo-cognitif sont de plus en plus nombreuses sur le marché, avec chacune leurs avantages et inconvénients. Dans le cadre de cette étude nous avons décidé de créer notre propre matériel d'entraînement que nous avons testé sur 25 patients, séparés en deux groupes. Le premier groupe est composé de 18 personnes qui suivront le protocole d'entraînement contrairement aux 8 sujets du groupe contrôle qui ne s'entraîneront pas.

L'analyse des résultats des patients du groupe test permet de mettre en évidence une amélioration de la compréhension en milieu calme et bruyant, entre J0 et J60.

L'utilisation du test MoCA et du questionnaire SSQ15 nous a permis de mettre en évidence des améliorations sur le plan cognitif, et au niveau de la satisfaction du patient.

Les patients du groupe contrôle n'ont pas montré d'améliorations.

INTRODUCTION

Les prothèses auditives n'ont cessé de s'améliorer au cours des dernières décennies, avec des algorithmes de plus en plus perfectionnés permettant un meilleur traitement de la parole en situations bruyantes.

Malgré cela, il persiste souvent des insatisfactions chez les patients équipés : « j'entends mais je ne comprends pas » ou encore « j'ai des difficultés en milieu bruyant » sont les principales plaintes des personnes appareillées. Cela n'est pas surprenant : les aides auditives agissent sur le système auditif périphérique en apportant de l'audibilité, et pour certains des patients, l'impact sur la compréhension est parfois limité.

Au fil du temps, les études ont démontré l'existence du principe de privation auditive qui se définit comme étant la « *diminution systématique des performances auditives au cours du temps associée avec une réduction de la disponibilité de l'information acoustique* » (Arlinger et al., 1996).

Cette privation auditive est donc à l'origine d'un déclin cognitif décrit par F.Lin et al (2013) et plus récemment Amieva et al (2015), dont les études ont permis de mettre en évidence une altération des fonctions cognitives plus rapide chez des sujets présentant une perte auditive non corrigée, comparativement à un groupe de normo-entendants. Les études ne montrent cependant pas de différence entre la population normo-entendante et la population sourde appareillée, ce qui démontre que cette privation auditive est néanmoins réversible.

Cette baisse des performances auditives est liée au mécanisme de plasticité cérébrale, que nous détaillerons dans une première partie.

Ensuite, nous détaillerons le principe d'entraînement auditivo-cognitif, qui est un protocole visant à améliorer les performances auditives et cognitives des personnes qui en bénéficient. Pour conclure cette partie, nous présenterons une application mobile spécialement créée pour notre étude, permettant d'effectuer ce protocole d'entraînement.

Dans une seconde partie, nous présenterons notre étude clinique portant sur la comparaison de résultats obtenus lors de tests effectués avant et après un entraînement auditivo-cognitif, et dans un second temps, nous tenterons de mettre en évidence un lien entre les éventuelles améliorations et d'autres paramètres comme l'âge et la perte tonale.

PARTIE THÉORIQUE

A) PLASTICITÉ CÉRÉBRALE

1- Définition

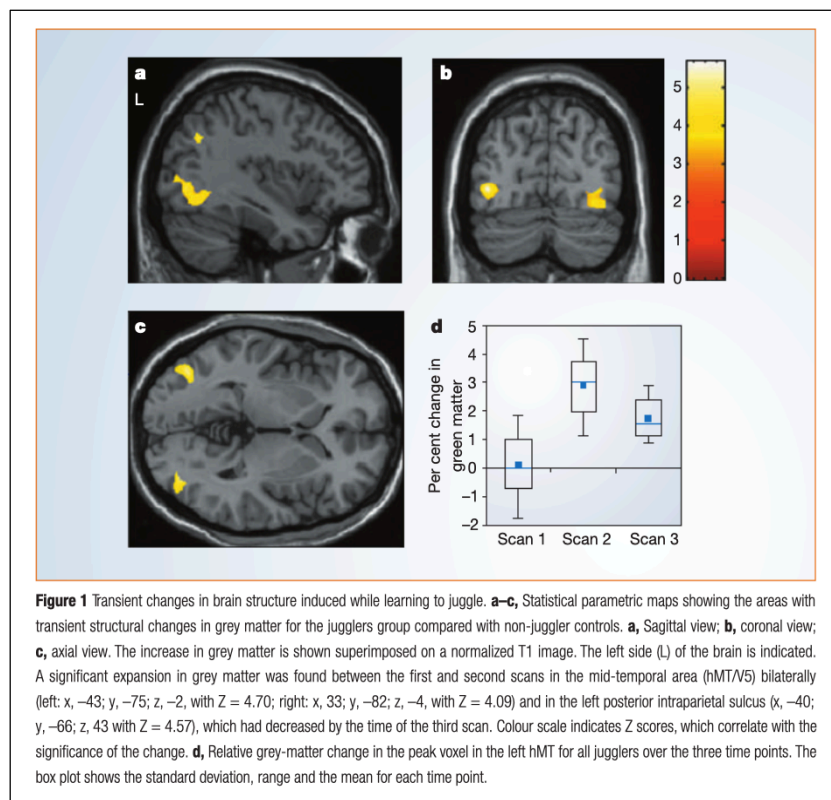
La plasticité cérébrale se définit comme étant la capacité du cerveau à modifier ses réseaux de neurones en fonction de l'environnement et des expériences auxquels l'individu est confronté. Ce « remodelage » est présent dès la naissance et est actif tout au long de la vie.

2- Diverses études

De nombreuses recherches sur ce phénomène de plasticité cérébrale, ont été réalisées au cours de ces dernières années. Par exemple *Dranganski et al*, en 2005, ont réalisé une étude comprenant 24 sujets divisés en 2 groupes.

Le premier groupe devait apprendre à jongler en trois mois. Le deuxième groupe servait de contrôle. Des Imageries par Résonance Magnétique (IRM) sont effectuées à trois instants différents : avant l'entraînement, après l'entraînement, et 3 mois après l'entraînement.

Les résultats montrent que le cortex cérébral des personnes ayant appris à jongler a subi des modifications : on observe sur l'IRM une expansion significative de la substance grise dans le lobe temporal et le sillon intra-pariétal gauche (*figure 1*) - ces régions étant associées au traitement et à la mémorisation de tâches visuelles complexes.



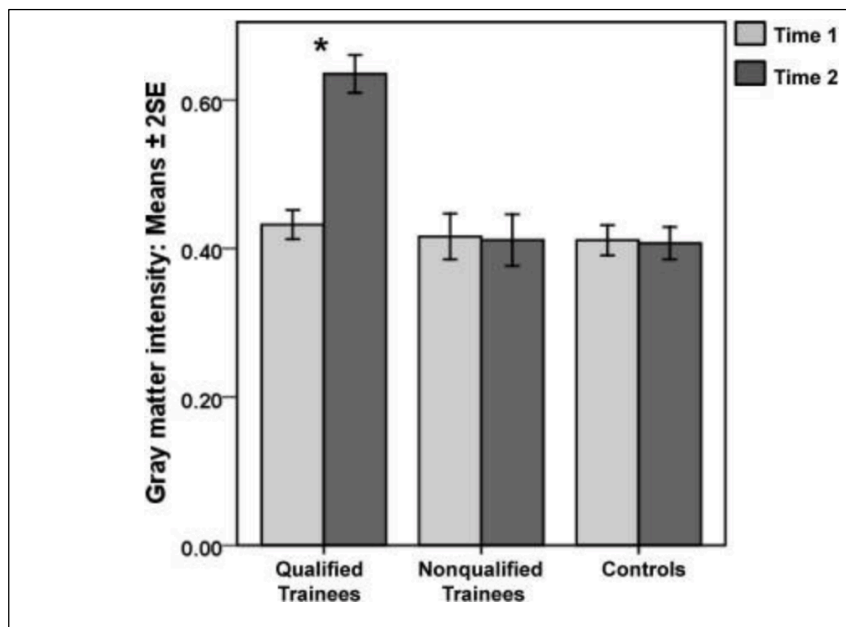
Source : Magazine Nature, Vol. 427, 22 Janvier 2004.

Le cortex des jongleurs a donc connu une modification neurale induite par l'apprentissage de la tâche. Cependant, comme nous l'indique le scan III, cette modification est réversible puisqu'on observe une diminution de la quantité de matière grise trois mois après l'arrêt de l'activité.

Une autre étude réalisée en 2011 par *Maguire et al*, met en évidence cette fascinante capacité de remodelage du cerveau.

Les équipes de recherches ont analysé le cortex de candidats à l'examen de chauffeur de taxi à Londres. Pour réussir l'examen, les candidats doivent mémoriser les quelques vingt-cinq mille rues que compte la ville. Les chercheurs ont mis en évidence un accroissement important de substance grise au niveau

de l'hippocampe postérieur chez les personnes ayant réussi l'examen, comparativement à ceux qui ont échoué. Cette zone du cortex intervient dans la mémorisation et dans l'accomplissement de tâches visuo-spatiales complexes.



Quantité de matière grise dans l'hippocampe postérieur chez les candidats ayant réussi l'examen, avant et après la tâche de mémorisation.

Ces précédentes expériences mettent en évidence cette faculté qu'a notre cerveau à adapter son fonctionnement en développant certaines de ses zones à la suite de l'apprentissage.

3- Plasticité cérébrale et audition

Dans cette partie, nous allons étudier l'effet de cette plasticité cérébrale sur le cortex auditif et dans les mécanismes de l'audition en général.

Dans un premier temps, nous allons nous intéresser à une étude menée en 1995, par *Schlaug et al.*, sur l'analyse corticale des musiciens. Près de soixante participants étaient répartis en trois groupes : le premier a commencé l'apprentissage de la musique avant l'âge de sept ans, le second après, et le troisième groupe, groupe contrôle, composé de personnes n'ayant jamais appris la pratique musicale.

Cette étude a permis de mettre en évidence trois différences physiologiques entre les groupes étudiés : premièrement, le volume du corps calleux est d'autant plus important que la pratique musicale est ancienne. Ensuite, on observe une différence significative du volume du cortex cérébelleux entre les hommes musiciens et non musiciens ; et pour finir, un volume du *planum temporal* plus important à gauche chez les personnes pratiquant une activité musicale - cette asymétrie est tout particulièrement observée chez ceux qui ont l'oreille absolue.

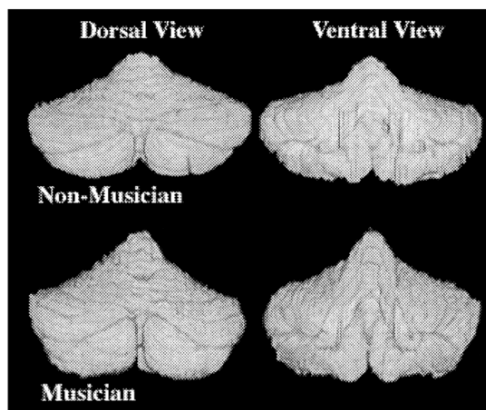


FIGURE 5. Relative volume difference of about 5% in the cerebellum comparing male musicians with nonmusicians.

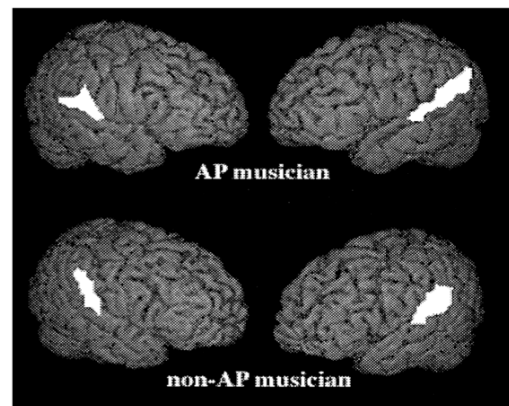


FIGURE 6. Significantly greater leftward asymmetry of the planum temporale of AP musicians when compared to non-AP musicians.

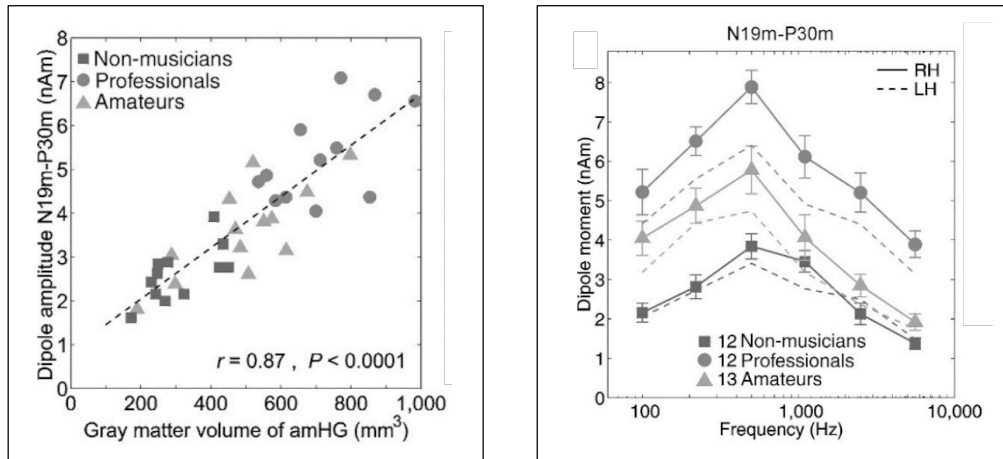
TABLE 1. Midsagittal area measurements of the corpus callosum (CC) in mm² (mean \pm SD)

| | Total CC Area | Anterior CC Area ^a | Posterior CC Area |
|--|------------------|----------------------------------|----------------------|
| All musicians ($n = 30$) | 687 \pm 85 | 371 \pm 46 | 314 \pm 43 |
| Musicians with commencement of musical training ≤ 7 years of age | 709 \pm 81 | 384 \pm 42 | 321 \pm 44 |
| Musicians with commencement of mus- ical training > 7 years of age | 637 \pm 77 | 340 \pm 43 | 297 \pm 38 |
| Nonmusician controls ($n = 30$) | 649 \pm 88 | 344 \pm 48 | 305 \pm 43 |

^aSignificant differences are those between controls and all musicians, between controls and musicians with early commencement of musical training, and between the two subgroups of musicians with or without early commencement of musical training.

En 2002, Schneider et al ont comparé, à l'aide des méthodes de magnétoencéphalographie, la morphologie du gyrus de Heschl et son activité à la suite d'un stimulus auditif sur 3 groupes de sujets : un premier groupe de musiciens professionnels, un deuxième composé de musiciens amateurs et un troisième groupe de non-musiciens. La comparaison des zones du cerveau entre musiciens et non musiciens a permis de mettre en évidence une différence de quantité de matière grise de l'ordre de 130% au niveau du gyrus de Heschl, siège du cortex auditif primaire. Les équipes de Schneider ont aussi démontré que l'activité électrique du cortex 1930ms après l'écoute du

stimulus était, chez le musicien professionnel, plus importante de 102% par rapport au non-musicien.



On peut observer que les données sont hautement corrélées avec le niveau de pratique musicale.

Ainsi, la plasticité cérébrale peut également intervenir au niveau du cortex auditif, et les différentes études tendent à montrer que les musiciens donnent des réponses plus efficaces et plus rapides pour ce qui est de la discrimination, de la mémorisation de stimuli auditifs, mais aussi lors de tâches audiovisuelles. Ce dernier point met en évidence que la pratique musicale induit une modification des connexions neuronales dans d'autres zones corticales que celle responsable de l'audition, telles que les aires visuelles par exemple. C'est également la conclusion de l'expérience menée par les équipes de *Musacchia et al*, en 2007.

Les équipes de *Huang et al*, en 2010, ont comparé les résultats obtenus par des musiciens lors d'une tâche purement auditive de restitution de mots après leur mémorisation, par rapport à un autre groupe de non-musiciens.

Les chercheurs ont ensuite mené une deuxième expérience pendant laquelle les sujets devaient restituer mentalement un maximum de mots entendus en appuyant sur un bouton correspondant : cette tâche fait appel à plusieurs zones du cortex dédiées aux activités motrices, à la mémoire, à l'apprentissage et au stockage de l'information à long terme.

Les résultats montrent que les zones du cortex activées lors de cette deuxième tâche ont un volume plus important chez les musiciens par rapport aux non-musiciens.

Tableau 2 : sélection de zones montrant une plus forte activation lors des tâches de mémorisation et de restitution chez les musiciens (Huang, 2010)

| Structures anatomiques | % d'augmentation | Volume (mL) | |
|----------------------------|------------------|-------------|---------------|
| | | Musiciens | Non-musiciens |
| Tâche de mémorisation | | | |
| Hippocampe gauche | 140 | 2916 | 1215 |
| Gyrus frontal moyen gauche | 28 | 7452 | 5832 |
| Cortex insulaire droit | 16 | 2673 | 2295 |
| Tâche de restitution | | | |
| Cortex insulaire gauche | 5 | 3024 | 2889 |
| Hippocampe droit | 25 | 3861 | 3078 |

Ces différentes expériences nous ont permis de mettre en évidence l'existence d'une plasticité induite que subit activement notre cortex. Cette modification va être guidée par l'environnement et par l'apprentissage, afin de créer et consolider certains réseaux de neurones pour les rendre plus performants.

Nous avons également vu dans un second temps que les aires auditives pouvaient, elles aussi, être le siège de ce remodelage notamment chez les musiciens où la zone responsable du traitement des signaux auditifs est plus développée que chez les non-musiciens. Notons également que les zones responsables de la vision et de la mémoire sont aussi plus développées chez les musiciens, ce qui implique que ces zones sont stimulées via l'audition par effet de transfert.

B) ENTRAÎNEMENT AUDITIVO-COGNITIF

1) Définition

L'entraînement auditivo-cognitif est un protocole qui a pour objectif l'amélioration des fonctions auditives et cognitives de celui qui en bénéficie.

Prodigué par les orthophonistes, essentiellement dans le cadre de réhabilitation de patients implantés, l'entraînement auditif est de plus en plus réputé et pratiqué chez les audioprothésistes, afin d'accroître le confort d'écoute des porteurs d'aides auditives, notamment en situations bruyantes. Cet entraînement consiste en la présentation de stimuli auditifs et visuels que le patient devra détecter, discriminer et identifier en situation calme et bruyante, et ce, sur plusieurs séances.

2) Public cible

L'entraînement auditif s'adresse en général aux personnes présentant des difficultés de compréhension engendrées par une baisse d'audition.

Dans le cas de patients implantés, on parle de rééducation auditive.

En effet, étant donné que le son va être perçu différemment, il va falloir que le système auditif, allant des voies nerveuses jusqu'au cortex auditif, s'adapte à ce nouveau mode de stimulation. Cette rééducation va permettre au patient de mieux discriminer les sons et mieux les identifier afin que cette nouvelle façon d'entendre soit considérée comme « normale ».

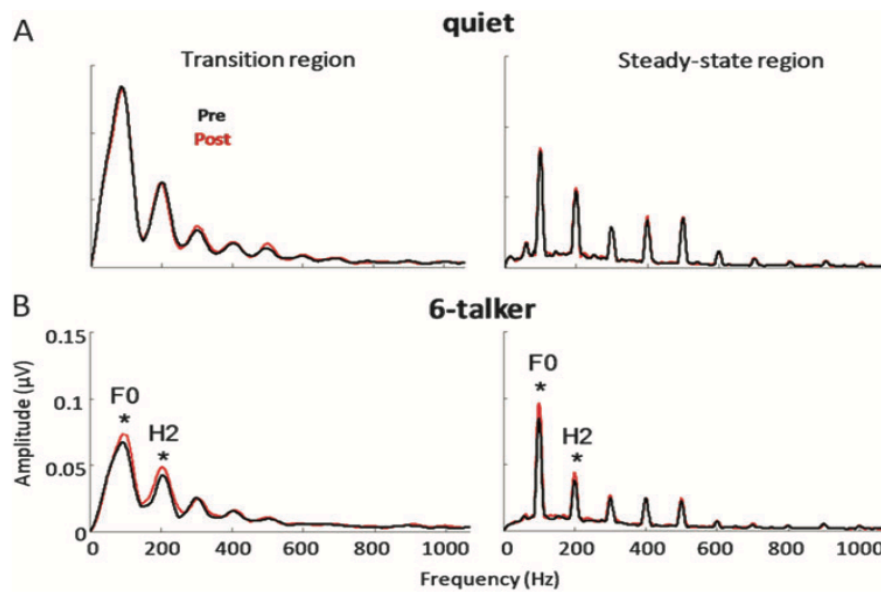
Dans le cas de patients équipés d'aides auditives, le principe est le même : en effet, certaines lésions cochléaires impliquent une perte de l'audition sur certaines fréquences et par effet de transfert, les fibres nerveuses innervant ces fréquences vont peu à peu disparaître avec le temps : c'est le principe de privation auditive.

L'entraînement auditivo-cognitif pourrait de la même façon que chez le patient implanté, aider le patient à s'habituer à entendre avec ses appareils auditifs et ainsi, développer des nouvelles stratégies de compréhension.

3) Études

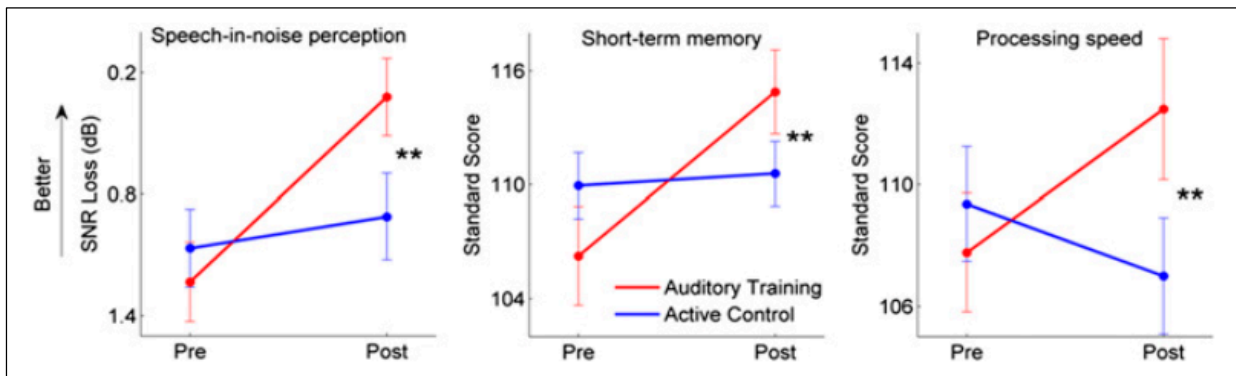
De nombreuses expériences ont démontré l'impact positif d'un entraînement auditivo-cognitif sur les réponses corticales.

L'étude menée en 2012 par *Song et al.* en atteste : l'équipe a analysé les Potentiels Évoqués Auditifs (PEA) sur près de 60 patients âgés de 19 à 35 ans, avant et après avoir suivi un entraînement auditivo-cognitif. Ces résultats ont été comparés à un groupe de contrôle qui n'a pas effectué d'entraînement. Les patients entraînés ont vu leur intelligibilité en milieu bruyant augmenter de manière significative et ont également présentés de meilleures réponses sous-corticales portant sur les fréquences fondamentales, les harmoniques ainsi que sur les transitions formantiques ; comme nous le suggère la figure suivante. Le groupe de contrôle n'a pas montré d'améliorations.



Les patients du groupe B montrent des amplitudes significativement plus importantes pour F0 et H2 ($p < 0,05$)

En 2013, *Anderson et al.*, ont eux aussi étudié l'influence de l'entraînement auditivo-cognitif sur les réponses sous-corticales, mais cette fois-ci chez des personnes âgées. Les équipes ont mis en évidence, chez les sujets ayant suivi l'entraînement, un traitement auditif neural plus rapide, une meilleure perception dans le bruit, mais également une meilleure mémoire à court terme, comparativement au groupe de contrôle qui n'a pas montré d'améliorations.



Les patients ayant suivi un entraînement auditivo-cognitif présentent une amélioration significative de la compréhension en milieu bruyant ($p < 0.01$), une meilleure mémoire à court-terme ($p < 0.01$) ainsi qu'un traitement neural plus rapide ($p < 0.01$)

Il semblerait donc qu'un entraînement auditivo-cognitif soit efficace pour améliorer l'écoute en situation délicate, en améliorant l'efficacité des réponses corticales via le processus de plasticité cérébrale, et ce, à tout âge. L'étude menée par *Anderson et al.* révèle que cet entraînement améliore également les fonctions cognitives, notamment la mémoire à court terme.

C) L'APPLICATION CERV'AUDITION

Dans le cadre de mon mémoire de fin d'étude, nous avons convenu, avec mon maître de mémoire, de travailler sur l'entraînement auditivo-cognitif. Malheureusement, les logiciels testés ne convenaient pas à nos exigences puisqu'ils ne contenaient pas d'exercices portant sur la mémoire. Les études décrites précédemment mettent en évidence une relation étroite entre

l'audition et la mémoire à court terme, il me semblait donc indispensable d'intégrer des exercices de mémorisation dans le protocole.

J'ai donc décidé, avec les bases que j'avais en programmation, de développer une application d'entraînement auditivo-cognitif qui conviendrait mieux à nos besoins.

1- Présentation générale

L'application Cerv'Audition a été développée en langage *Swift*, créé par Apple en 2014. Il est utilisé exclusivement sur les appareils de la marque.

Sur la page d'accueil du programme, on dénombre dix boutons correspondant chacun à une séance d'entraînement prédéfinie. Chacune d'elle comporte soixante questions reprenant deux grands axes : l'audition et la mémoire. L'évolution de la difficulté et du matériel vocal utilisé sera détaillé à la fin de cette partie.

2- Partie audition

D'après le Bureau International d'Audiophonologie (BIAP), l'objectif de l'entraînement auditif est de favoriser le « développement des processus de traitement de l'information acoustique en améliorant de manière implicite et explicite la perception auditive ». Afin d'être efficace, un entraînement auditif doit donc comporter certains types d'exercices : détection, identification, discrimination et compréhension.

Les exercices de l'application s'inspirent des recommandations du BIAP. La partie audition est divisée en trois types d'exercices :

- **Identification de mots/logatomes** : Le patient doit appuyer sur le mot/logatome qu'il a entendu, parmi 3 ou 4 réponses.



- **Identification de phrases** : Le patient doit appuyer sur le bouton correspondant à la phrase qu'il a entendu, parmi 3 ou 4 réponses.



- ***Discrimination de mots/logatomes :*** Après avoir entendu deux mots/logatomes, le patient doit appuyer sur « identique » ou « différent » selon son ressenti.



3- Partie mémoire

En plus des tâches purement auditives, chaque séance comporte des exercices axés sur la mémoire à court-terme, répartis en trois thèmes :

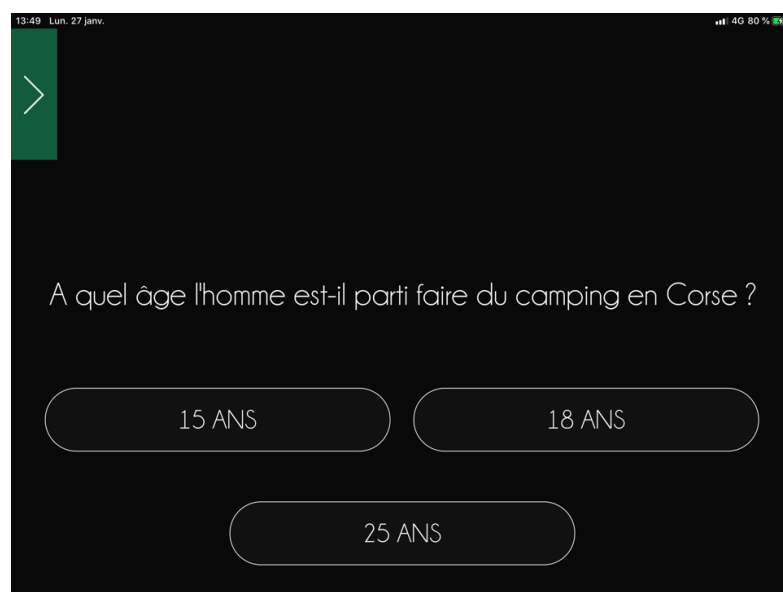
- ***Mémoire des chiffres*** : l'utilisateur entend une série de chiffres et doit répondre à la question qui lui est posé.



- **Mémoire des mots** : l'utilisateur entend une série de mots et doit répondre à la question qui lui est posée.



- **Mémoire de dialogue** : l'utilisateur entend un dialogue et doit répondre aux différentes questions qui lui sont posées.

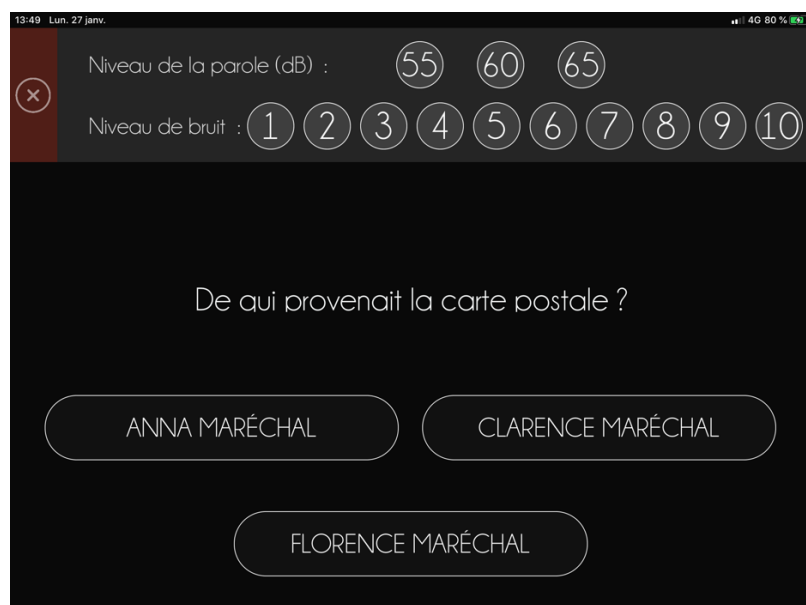


4- Fluctuation de la difficulté des séances

Comme nous l'avons vu précédemment, l'application comporte 10 séances d'entraînement prédéfinies. La difficulté varie en fonction de la séance lancée, et ce de manière croissante, en fonction de plusieurs paramètres. Certains sont modifiables par l'administrateur alors que d'autres, non.

- Paramètres ajustables

L'administrateur peut, avant et pendant la séance, ajuster deux paramètres en fonction des résultats de l'utilisateur, à savoir le niveau sonore de la parole et celui du bruit. Pour se faire, l'application propose un bandeau que l'on peut dérouler à tout instant pour ajuster ces deux paramètres.



○ Paramètres non-ajustables

En revanche, la difficulté variant de manière progressive au fil des séances, les paramètres suivants sont prédéfinis et ne sont pas ajustables par l'administrateur :

- *Matériel utilisé* : mots, logatomes, phrases +/- complexes.
- *Locuteur* : voix masculine, féminine, d'enfant.
- *Vitesse d'élocution* : élocution normale, rapide, très rapide.
- *Tonalité du signal* : normale ou haute (exercices de discrimination).
- *Nombre d'items plus important, longueur des dialogues dans les séries dédiées à la mémoire.*

| | S1 | S2 | S3 | S4 | S5 |
|---------------------------|--|------------------------|-----------------------|-----------------------|-----------------------|
| Identification de mots | Fournier dissyllabique | Fournier dissyllabique | Lafon cochléaire | Lafon cochléaire | Lafon cochléaire |
| Identification de phrases | phrases de Fournier | phrases de Fournier | phrases de Fournier | phrases de Combescure | phrases de Combescure |
| Discrimination de mots | Lafon dissyllabique | Lafon dissyllabique** | Lafon dissyllabique** | Lafon cochléaire** | Lafon cochléaire** |
| Mémoire des chiffres | 3-4 | 4 | 4-5 | 5 | 5-6 |
| Mémoire des mots | 3-4 | 4 | 4 | 5 | 5 |
| Mémoire dialogue | Dialogues de plus en plus longs et compliqués | | | | |
| Voix utilisée* | H-F | H-F | H-F-E | F-E | F-E |
| Vitesse d'élocution | normale - | normale - | normale + | rapide | rapide |

| | S6 | S7 | S8 | S9 | S10 |
|---------------------------|--|-----------------------|-----------------------|-----------------------|-----------------------|
| Identification de mots | Logatomes Dodele | Logatomes Dodele | Logatomes Dodele | Logatomes Dodele | Logatomes Dodele |
| Identification de phrases | phrases de Combescure | phrases de Combescure | phrases de Combescure | phrases de Combescure | phrases de Combescure |
| Discrimination de mots | Logatomes Dodele** | Logatomes Dodele** | Logatomes Dodele** | Logatomes Dupret** | Logatomes Dupret** |
| Mémoire des chiffres | 6 | 6-7 | 7 | 7-8 | 8 |
| Mémoire des mots | 5 | 5 | 5-6 | 6 | 6-7 |
| Mémoire dialogue | Dialogues de plus en plus longs et compliqués | | | | |
| Voix utilisée* | H-F-E | H-F-E | H-F-E | H-F-E | H-F-E |
| Vitesse d'élocution | rapide | rapide+ | rapide + | rapide + | rapide + |

*Voix utilisée = H=Homme ; F=Femme ; E=Enfant

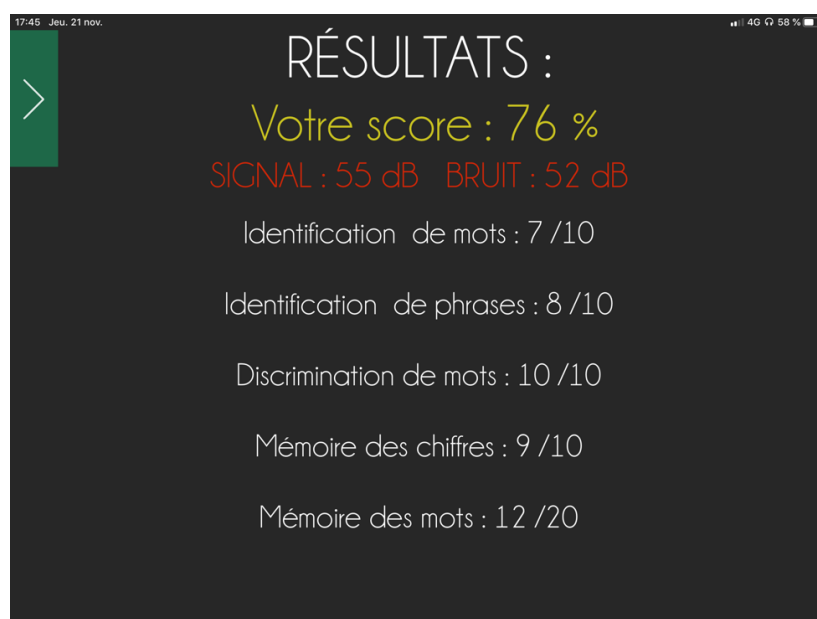
** La voix est accélérée pour ces exercices de discriminations

5- Séance d'entraînement type et affichage des résultats

Chaque séance a le même schéma : les dix premières questions correspondent à l'identification de mots/logatomes, les dix suivantes concernent l'identification de phrases, vient ensuite dix questions sur la discrimination de mots/logatomes. Enfin, pour la deuxième partie, les questions portant sur la mémoire des chiffres, des mots, de dialogue s'enchaînent dans cet ordre-là, avec dix questions pour chaque sous-partie.

Lorsque le patient fait une erreur, il doit réécouter le fichier sonore pour pouvoir passer à la question suivante, afin qu'il prenne conscience de là où il a fauté.

Au terme des 60 questions, une page de résultats apparaît, récapitulant le pourcentage de réussite général de la session ainsi que les scores aux différentes sous parties. Le niveau de la parole ainsi que celui du bruit sont également affichés sur cette page résultats.



PARTIE PRATIQUE

A) OBJECTIFS DE L'ÉTUDE

L'objectif de l'étude est de mettre en évidence une amélioration sur le plan auditif mais également cognitif à la suite d'un entraînement effectué sur l'application Cerv'Audition.

Parallèlement, nous analyserons les données afin de voir si les améliorations peuvent être corrélées à des facteurs comme la perte tonale, l'âge, etc.

B) ÉLABORATION DES GROUPES

Afin de mettre en exergue les améliorations induites par l'entraînement auditivo-cognitif, nous avons décidé de créer deux groupes :

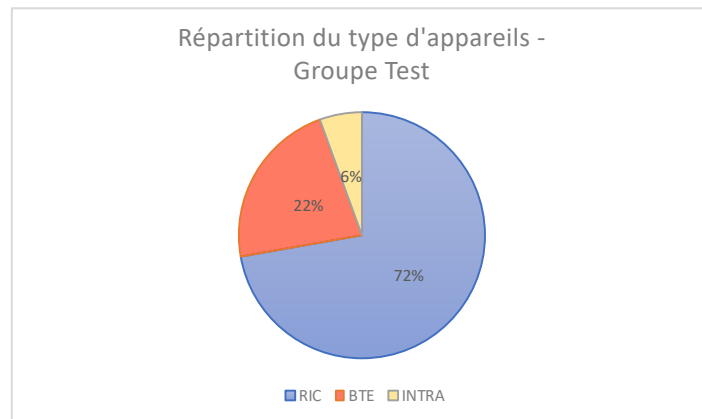
- Le premier groupe « test », suivra le protocole d'expérimentation.
- Le deuxième groupe, dit « de contrôle », ne s'entraînera pas, mais sera évalué de la même façon que le groupe test.

Aucune restriction n'a été faite par rapport au style d'appareillage, ni par rapport à la gamme. Afin d'éviter tout biais dans l'analyse des résultats, nous avons décidé d'exclure de l'étude, toute personne :

- Étant appareillée depuis moins de six mois
- Ayant bénéficié d'une modification de réglage durant le protocole
- Trop irrégulières dans leurs séances d'entraînement

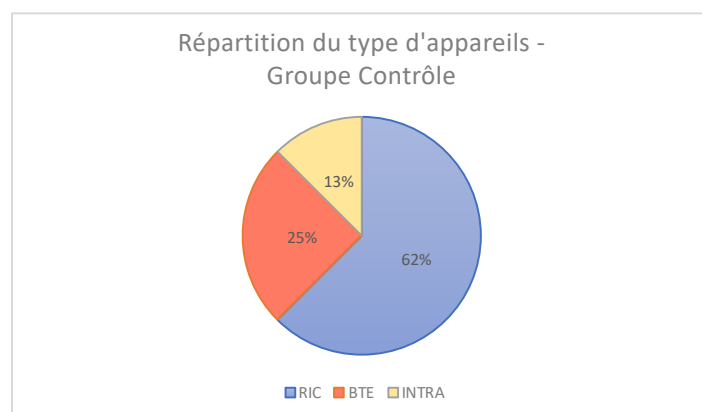
1- Groupe Test

Le groupe test est composé 11 hommes et 6 femmes avec une moyenne d'âge de 76,6 ans, avec une Perte Tonale Moyenne (PTM) de 44 dB HL.



2- Groupe Contrôle

Le groupe contrôle est composé de 5 hommes et 3 femmes avec un âge moyen de 75,8 ans. La perte tonale moyenne du groupe est de 41 dB HL.



C) MATÉRIEL

Dans l'idée d'évaluer l'impact de l'entraînement auditivo-cognitif sur le système auditif, nous avons fait le choix d'effectuer les tests audiométriques sans aides auditives ; cependant, les patients effectuaient leurs entraînements avec ces dernières.

- **Mesure tonale de l'audition**

Pour cette étude, tous les tests auditifs ont été effectués en cabine insonorisée. Afin de calculer les seuils audiométriques tonaux, nous avons utilisé le logiciel Otosuite et les inserts en guise de transducteur.

- **Listes fréquentielles de J.-P. Dupret**

Afin d'évaluer l'intelligibilité pré et post entraînement en milieu calme et bruyant, notre choix s'est porté sur les listes Fréquentielles de J.-P. Dupret, puisque nous souhaitons éliminer tout facteur lié à la suppléance mentale.

Ces dernières se divisent en 9 listes de 10 logatomes chacune et leur administration horizontale a la particularité de balayer le spectre de la parole selon 3 plages fréquentielles : $>1500\text{Hz}$, $2000\text{Hz}-4000\text{Hz}$ et $<4000\text{Hz}$.

Pour être comptabilisé comme juste, le patient doit reconnaître un phonème caractéristique (voyelle ou une consonne) du logatome entendu ; et pour cela, il dispose de deux essais.

- MoCA

De manière à mesurer les capacités cognitives du patient, nous avons utilisé le Montreal Cognitive Assessment (MoCA), qui est un protocole d'exercices variés, évaluant les fonctions suivantes : l'attention, la concentration, les fonctions exécutives, la mémoire, le langage, les capacités visuoconstructives, les capacités d'abstraction, le calcul et l'orientation. Le nombre de point maximum est de 30, un score supérieur ou égal à 26 est considéré comme normal. L'administration de ce test dure une dizaine de minutes. Dans le protocole, le MoCA sera réalisé deux fois, avant et après l'entraînement, afin d'être comparé.

- SSQ

Afin de quantifier la satisfaction du patient, nous avons utilisé le Speech Spatial and Qualities of Hearing Scale (SSQ), dans sa version traduite par A. Moulin et al. (2015), qui est un questionnaire composé de 15 situations, chacune associées à une échelle allant de 0 à 10 et le patient doit évaluer sa satisfaction vis à vis de son appareillage selon 3 notions fondamentales pour les porteurs d'aides auditives :

- Audition de la parole
- Audition spatiale
- Qualité de l'audition

Cette mesure subjective sera comparée avant et après le protocole d'entraînement pour mettre en évidence une éventuelle amélioration de la satisfaction du patient.

- L'application Cerv'Audition

Comme vu en fin de partie théorique, l'application Cerv'Audition est le principal matériel du protocole. Installée sur une tablette de marque Apple (iPad Air 2), elle-même connectée à deux enceintes par l'intermédiaire d'un amplificateur, le signal de parole est envoyé sur le haut-parleur situé en face du patient. Le bruit, quant à lui, est envoyé sur les deux haut-parleurs (en face et derrière).

D) Déroulement du protocole d'évaluation et récolte des données

Lors du premier rendez-vous, les aides auditives du patient sont contrôlées : après avoir effectué l'entretien, nous les passons en chaîne de mesure afin de voir si le gain est conforme avec le réglage.

Après avoir réalisé une otoscopie, nous effectuons la mesure tonale aux inserts, suivie d'une audiométrie vocale en champ-libre sans appareils auditifs à l'aide du matériel vocal décrit dans la partie précédente.

Enfin, le patient est invité à remplir le questionnaire SSQ, puis à faire le test cognitif MoCA.

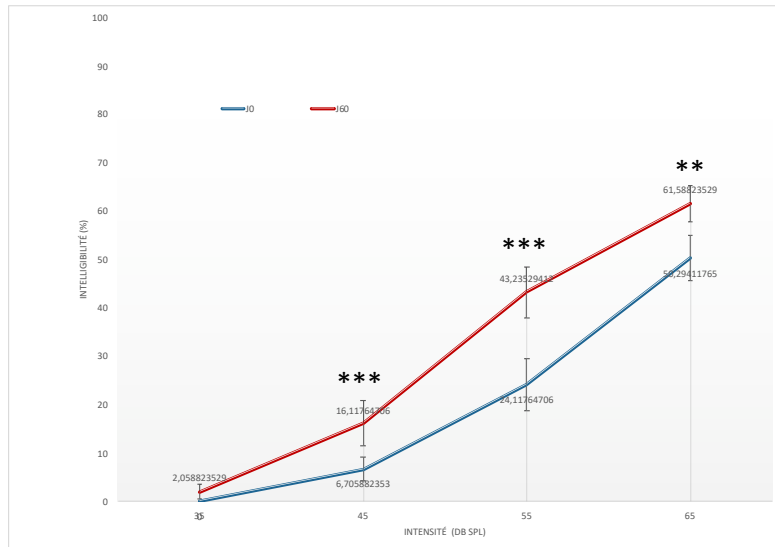
Lors des rendez-vous suivants, les patients du groupe test effectueront des séances d'entraînement auditifs. Au terme des deux mois d'étude, les patients du groupe test et du groupe contrôle sont invités à refaire les tests effectués lors du premier rendez-vous.

Les résultats à J0 et J60 seront comparés. Les éventuelles améliorations seront examinées afin d'être mis en relation avec d'autres facteurs non auditifs.

E) Résultats

1- Audiométrie vocale dans le silence (AVS)

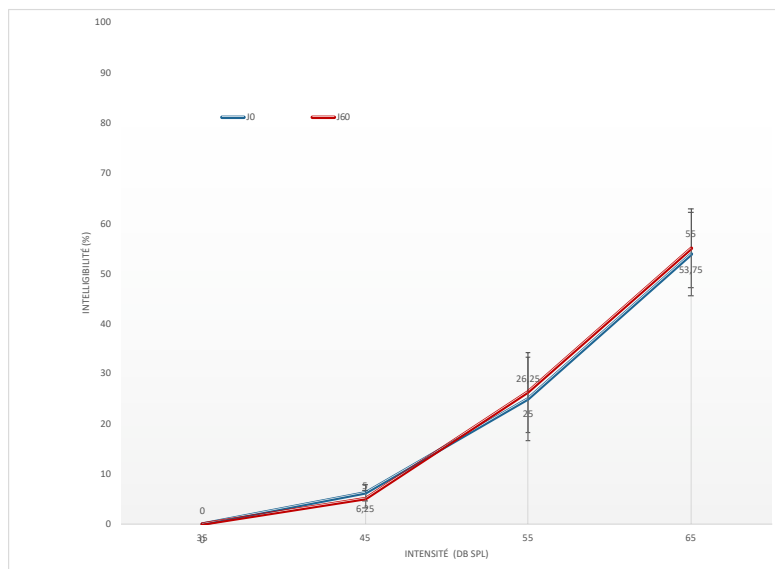
Dans un premier temps nous allons comparer les résultats audiométriques effectués dans le silence. Pour se faire, nous allons étudier l'évolution du score moyen d'intelligibilité pour des intensités allant de 35 dB SPL à 65 dB SPL par pas de 10dB, sans appareils auditifs et ce pour nos deux groupes. Comme détaillé précédemment, le matériel vocal utilisé est les Listes Fréquentielles de Dupret.



Variation des résultats de l'audiométrie vocale dans le silence du groupe Test entre J0 et J60.

| Période | Intensité | t | df | p |
|----------|-----------|-------|----|------------|
| J0 - J60 | 45dB SPL | -5,42 | 16 | < 0.001*** |
| J0 - J60 | 55dB SPL | -6,86 | 16 | < 0.001*** |
| J0 - J60 | 65dB SPL | -3,87 | 16 | < 0.01** |

Note. Wilcoxon's test, Student's t-test for I = 65dB SPL



Variation des résultats de l'audiométrie vocale dans le silence du groupe Contrôle entre J0 et J60.

| Période | Intensité | t | df | p |
|----------|-----------|---|----|------|
| J0 - J60 | 45dB SPL | W | 7 | 0,32 |
| J0 - J60 | 55dB SPL | W | 7 | 0,15 |
| J0 - J60 | 65dB SPL | W | 7 | 0,18 |

Note. Wilcoxon's test

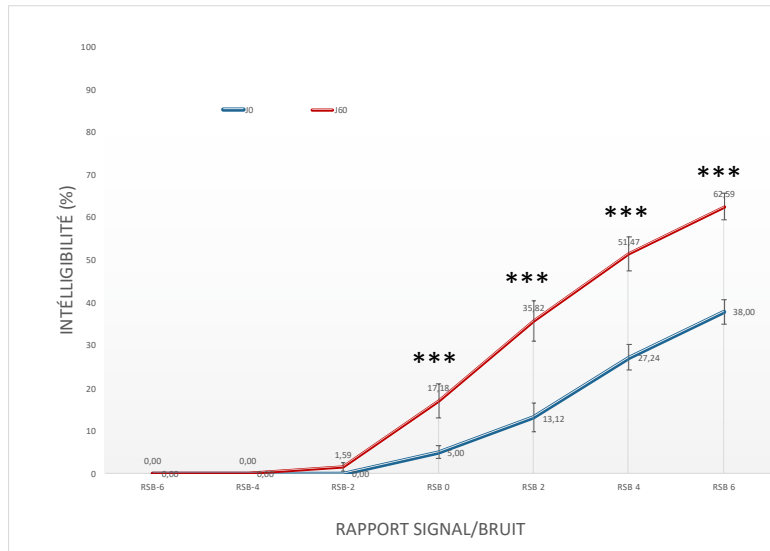
Les figures précédentes démontrent une amélioration significative des résultats dans le silence de l'ordre de 9%, 19% et 11% respectivement pour les intensités 45dB SPL, 55dB SPL et 65dB SPL.

À noter que pour l'intensité 35dB SPL, les données ne sont pas analysables (car la variance à J0 est égale à 0)

Le groupe de contrôle n'a pas montré d'amélioration lors de cette tâche de compréhension dans le silence.

2- Audiométrie vocale dans le bruit (AVB)

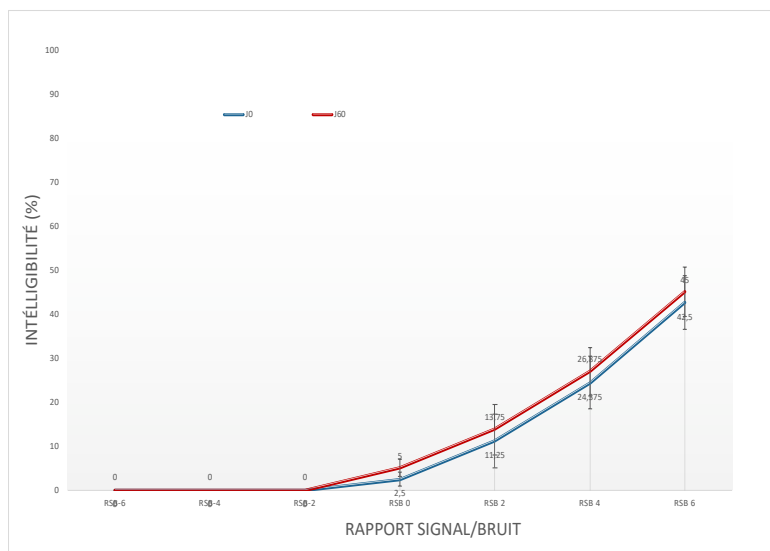
De la même façon que pour l'AVS, nous avons comparé les résultats des audiométries vocales dans le bruit, pour chaque Rapport Signal/Bruit (RSB) allant du RSB -6 au RSB +6 (par pas de deux) entre J0 et J60 et ce, sans appareils auditifs.



Variation des résultats de l'audiométrie vocale dans le bruit du groupe Test entre J0 et J60.

| Période | RSB | t | df | p |
|----------|--------|---------|----|-----------|
| J0 - J60 | RSB 0 | - 3.044 | 16 | < .001*** |
| J0 - J60 | RSB +2 | - 5.419 | 16 | < .001*** |
| J0 - J60 | RSB +4 | - 6.753 | 16 | < .001*** |
| J0 - J60 | RSB +6 | - 5.311 | 16 | < .001*** |

Note. Wilcoxon's test and Student's t-test for RSB 0



Variation des résultats de l'audiométrie vocale dans le bruit du groupe Contrôle entre J0 et J60.

| Période | RSB | t | df | p |
|----------|--------|-------|----|-------|
| J0 - J60 | RSB 0 | -3,04 | 7 | 0,346 |
| J0 - J60 | RSB +2 | -5,42 | 7 | 0,346 |
| J0 - J60 | RSB +4 | -6,75 | 7 | 0,351 |
| J0 - J60 | RSB +6 | -5,31 | 7 | 0,713 |

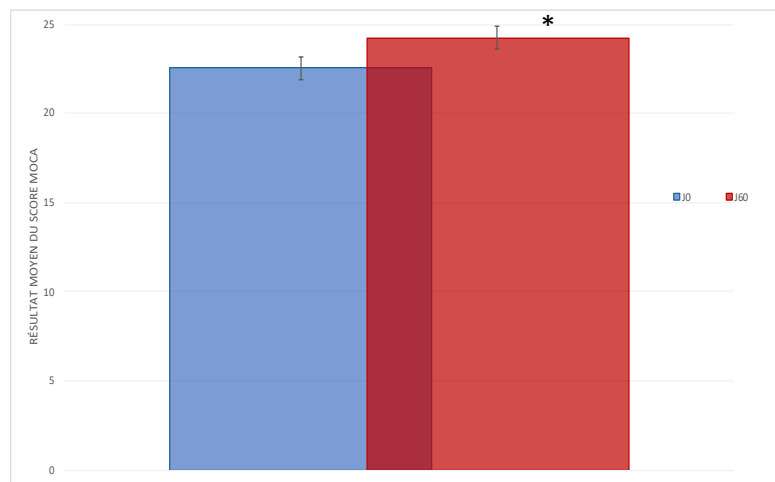
Note. Wilcoxon's test and Student's t-test for RSB +6

Les figures précédentes nous montrent une amélioration des résultats qui est significative, pour les RSB allant de 0 à +6 pour l'AVB sans appareils, avec approximativement 14%, 22%, 24% et 25% respectivement pour les RSB 0, RSB +2, RSB +4 et RSB +6.

Comme nous le montre le second graphique, les patients du groupe contrôle ne montrent pas d'amélioration lors de l'audiométrie vocale dans le bruit.

2- MoCA

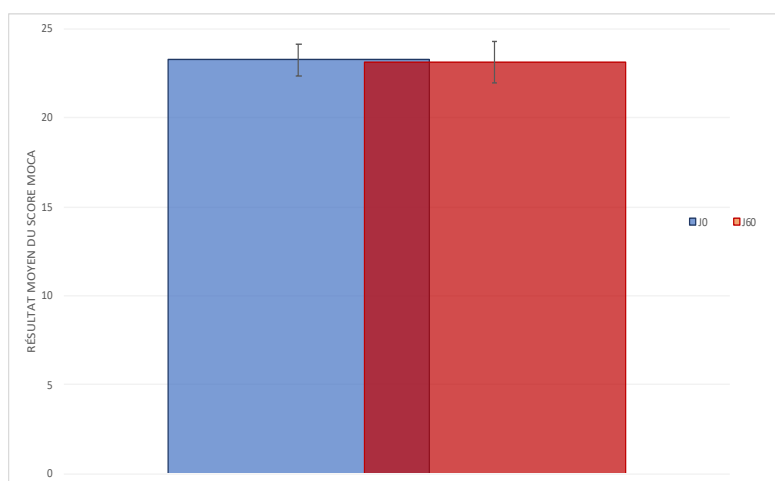
Les patients ayant participé à l'étude devaient, à J0 et J60, effectuer un test de type MoCA. Les résultats sont consignés dans la figure suivante.



*Variation des résultats du test MoCA
du groupe Test entre J0 et J60.*

| Moyenne J0 | Moyenne J60 | W | df | p |
|------------|-------------|---|----|--------|
| 22,53 | 24,23 | 5 | 7 | 0,005* |

Note. Wilcoxon's signed-rank test.



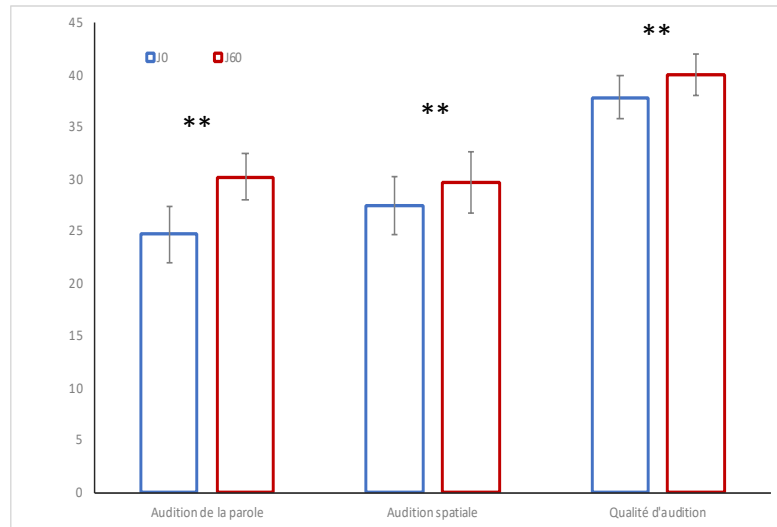
*Variation des résultats du test MoCA
du groupe Contrôle entre J0 et J60.*

| Moyenne J0 | Moyenne J60 | t | df | p |
|-------------------------|-------------|-------|----|-------|
| 23,25 | 23,125 | 0,357 | 7 | 0,732 |
| Note. Student's t-test. | | | | |

L'analyse des résultats permet de mettre en évidence une amélioration significative du score du MoCA entre J0 et J60 pour les patients du groupe test. On ne remarque pas d'évolution du score du MoCA pour les patients appartenant au groupe contrôle.

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

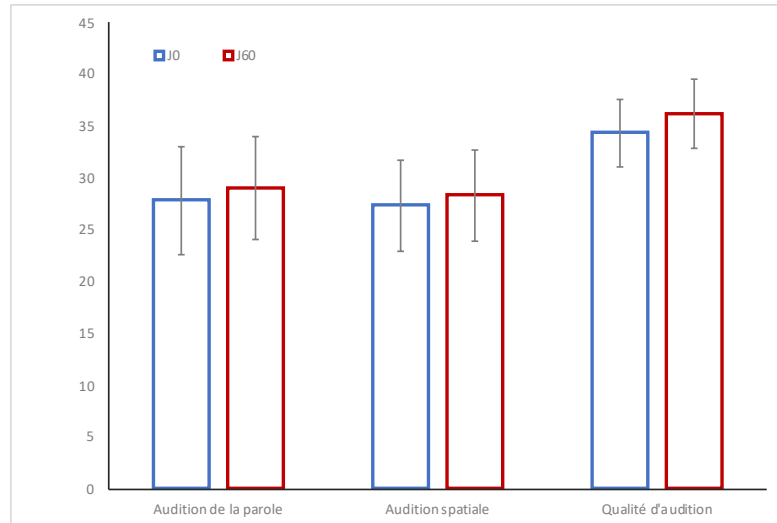
En plus des données objectives, il était important pour nous d'avoir une donnée subjective : la satisfaction du patient. Les patients ont donc répondu au SSQ15 à J0 et à J60. Les résultats sont consignés dans les figures suivantes.



Variation des résultats du questionnaire SSQ du groupe Test entre J0 et J60.

| Partie SSQ | t | df | p |
|------------|-------|----|---------|
| P.1 | -3,53 | 16 | 0,003** |
| P.2 | -3,41 | 16 | 0,004** |
| P.3 | -3,66 | 16 | 0,002** |

Note. Student's t-test.



Variation des résultats du questionnaire SSQ du groupe Contrôle entre J0 et J60.

| Partie SSQ | t | df | p |
|------------|-------|----|-------|
| P.1 | -1,21 | 7 | 0,089 |
| P.2 | -1,65 | 7 | 0,592 |
| P.3 | -1,23 | 7 | 0,436 |

Note. Student's t-test.

On remarque que le groupe test est statistiquement plus satisfait après l'entraînement qui leur a été prodigué. Et ce sur les trois axes que propose le questionnaire, à savoir : Audition de la parole, Audition spatiale et Qualité de l'audition.

On ne remarque pas de variation de la satisfaction du groupe contrôle entre J0 et J60.

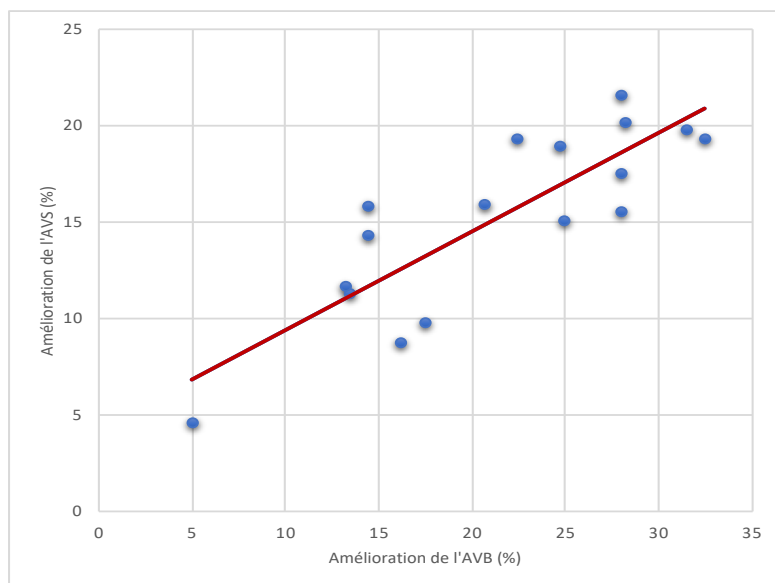
4- Corrélation des données

Pour cette étude, nous avons essayé de croiser plusieurs données afin de mettre en évidence des liens entre les différents paramètres avec les données du groupe test. Pour ce faire, nous avons effectué une matrice de corrélation, à l'aide du logiciel JASP.

| | | Amélioration AVB | Amélioration AVS | Age | PTM | Amélioration MoCA |
|-------------------|----------------|------------------|------------------|----------|---------|-------------------|
| Amélioration AVB | Spearman's rho | -- | | | | |
| | p-value | -- | | | | |
| Amélioration AVS | Spearman's rho | - 0.793*** | -- | | | |
| | p-value | < .001 | -- | | | |
| Âge | Spearman's rho | - 0.193 | 0.025 | -- | | |
| | p-value | 0.457 | 0.925 | -- | | |
| PTM | Spearman's rho | 0.260 | - 0.339 | 0.184 | -- | |
| | p-value | 0.313 | 0.183 | 0.480 | -- | |
| Amélioration MoCA | Spearman's rho | 0.067 | 0.099 | - 0.552* | - 0.205 | -- |
| | p-value | 0.798 | 0.704 | 0.022 | 0.431 | -- |

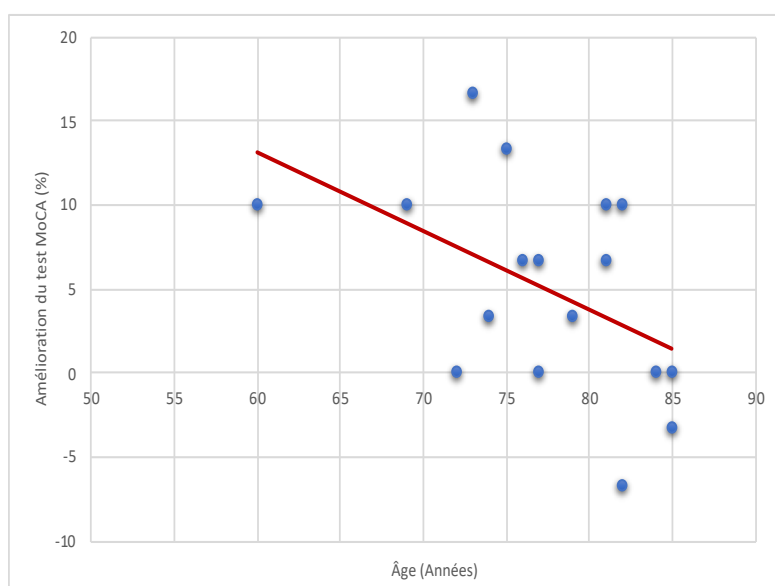
Spearman Correlations * p < .05, ** p < .01, *** p < .001
PTM = Perte Tonale Moyenne

Cette matrice nous a permis de trouver une relation assez importante entre les résultats de l'AVB et ceux de l'AVS.



Les résultats attestent que sans appareils, les patients ayant une amélioration plus importante dans le silence, sont également ceux qui se sont le plus améliorés dans le bruit ($p < .001$).

Les résultats mettent en évidence une autre corrélation significative entre l'amélioration du score au test MoCa et l'âge des patients.



En effet, comme nous le suggère le graphique précédent, on remarque une relation assez évidente entre ces deux paramètres, révélant que les patients les plus âgés sont ceux qui ont le moins progressé au MoCA ($p=0.02$).

Discussion

D'un point de vue général, les résultats de l'étude démontrent une nette amélioration de la compréhension dans le calme et en milieu bruyant, mais également une amélioration du score au test MoCA chez les patients ayant suivi un entraînement auditivo-cognitif, alors que les patients du groupe contrôle n'ont pas montré d'amélioration.

Les résultats du SSQ montrent également une satisfaction globale plus importante chez les patients du groupe test ; cependant, après avoir échangé avec eux à la fin de l'étude, beaucoup étaient sceptiques par rapport à cette dernière car ils n'observaient pas de différences dans leur quotidien.

Cette étude présente également d'autres biais, concernant :

- L'application

Les recommandations du BIAP stipulent qu'un entraînement auditif efficace doit comprendre des tâches audiovisuelles, tâches que l'application Cerv'Audition ne possède pas.

Je n'ai également pas pu y intégrer des exercices de lecture labiale par manque de temps, et qui est à mon sens indispensable de maîtriser pour parfaire sa compréhension en milieu bruyant. Il serait intéressant de réitérer cette étude avec une application proposant des exercices de ce type pour évaluer l'impact qu'ont les paramètres visuels dans la compréhension.

- Le protocole

Les Listes Fréquentielles de Dupret utilisées lors des tests vocaux, sont au nombre de 9, tandis que le nombre d'intensités sur lesquelles nous les avons utilisées, bruit et silence confondus, sont au nombre de 10. Une même liste a donc été utilisée deux fois lors de l'administration de ce test, et même s'il s'agit de mots sans signification rendant plus difficile la tâche de mémorisation, il n'en demeure pas moins un biais.

Notre protocole imposait la venue du patient au centre d'audioprothèse, ce qui certes, avait le mérite de l'impliquer encore plus dans la rééducation, mais cela pouvait vite devenir contraignant, l'agenda du patient étant chargé. Il serait perspicace de comparer les résultats de notre étude à ceux de patients ayant suivi un entraînement à domicile, pour évaluer l'impact de ce déplacement dans l'amélioration des scores aux épreuves vocales.

Conclusion

Les différentes expériences décrites dans la partie théorique ainsi que notre étude effectuée en laboratoire, montrent les bienfaits de l'entraînement auditif.

Comme pour l'étude menée par Song (2012), il serait intéressant d'étudier les modifications corticales à l'aide de mesures électrophysiologies et leur conservation dans le temps. Ce dernier point a été étudié par A. Baretto en 2019, dans le cadre de son mémoire de fin d'étude traitant sur la conservation dans le temps des améliorations engendrées par l'entraînement auditif. Elle est arrivée à la conclusion que les patients ayant cessé de s'entraîner ont, 6 mois après la fin de leur entraînement, régressé dans la compréhension.

Maître de mémoire
BOCH Damien

VU et PERMIS D'IMPRIMER
LYON, le 16/10/2020

Le Directeur de l'Enseignement
Stéphane GALLEGO

BIBLIOGRAPHIE

- **Anderson, S.**, White-Schwoch, T., Parbery-Clark, A., Kraus, N., 2013. Reversal of age-related neural timing delays with training. *Proc. Natl. Acad. Sci.* 110, 4357–4362.
- **Besson, M.**, Schon, D., Moreno, S., Santos, A., Magne, C., n.d. Influence of musical expertise and musical training on pitch processing in music and language 12.
- **Crowder, R.**, 1981. The Role of Auditory Memory in Speech Perception and Discrimination 13.
- **Elaine Hoi Ning**, Rudner, M., Lunner, T., Pedersen, M.S., Rönnberg, J., 2013. Effects of noise and working memory capacity on memory processing of speech for hearing-aid users. *Int. J. Audiol.* 52, 433–441.
- **Ferguson, M.A.**, Henshaw, H., 2015. Auditory training can improve working memory, attention, and communication in adverse conditions for adults with hearing loss. *Front. Psychol.* 6.
- **Fisher, M.**, Holland, C., Merzenich, M.M., Vinogradov, S., 2009. Using Neuroplasticity-Based Auditory Training to Improve Verbal Memory in Schizophrenia. *Am. J. Psychiatry* 166, 805–811.
- **Gaser, C.**, Schlaug, G., 2003. Brain Structures Differ between Musicians and Non-Musicians. *J. Neurosci.* 23, 9240–9245.
- **Huang, Z.**, Zhang, J.X., Yang, Z., Dong, G., Wu, J., Chan, A.S., Weng, X., 2010. Verbal memory retrieval engages visual cortex in musicians. *Neuroscience* 168, 179–189.
- **Leff, A.P.**, Schofield, T.M., Crinion, J.T., Seghier, M.L., Grogan, A., Green, D.W., Price, C.J., 2009. The left superior temporal gyrus is a shared substrate for auditory short-term memory and speech comprehension: evidence from 210 patients with stroke. *Brain* 132, 3401–3410.
- **Pantev, C.**, Herholz, S.C., 2011. Plasticity of the human auditory cortex related to musical training. *Neurosci. Biobehav. Rev.* 35, 2140–2154.
- **REVERCHON M.**, 2018, « Le training auditivo-cognitif », Mémoire de fin d'étude en vue de l'obtention du diplôme d'État d'audioprothésiste.
- **Schiffmann, S.N.**, 2001. Le cerveau en constante reconstruction: le concept de plasticité cérébrale. *Cah. Psychol. Clin.* 16, 11.
- **Schlaug, G.**, 2001. A Model for Functional and Structural Adaptation 19.
- **Schneider, P.**, Scherg, M., Dosch, H.G., Specht, H.J., Gutschalk, A., Rupp, A., 2002. Morphology of Heschl's gyrus reflects enhanced activation in the auditory cortex of musicians. *Nat. Neurosci.* 5, 688–694.
- **Song, J.H.**, Skoe, E., Banai, K., Kraus, N., 2012. Training to Improve Hearing Speech in Noise: Biological Mechanisms. *Cereb. Cortex* 22, 1180–1190.
- **Stecker, G.C.**, Bowman, G.A., Yund, E.W., Herron, T.J., Roup, C.M., Woods, D.L., 2006. Perceptual training improves syllable identification in new and experienced hearing aid users. *J. Rehabil. Res. Dev.* 43, 537.
- **Vidal, C.**, 2012. The Sexed Brain: Between Science and Ideology. *Neuroethics* 5, 295–303.
- **Wan, C.Y.**, Schlaug, G., 2010. Music Making as a Tool for Promoting Brain Plasticity across the Life Span. *The Neuroscientist* 16, 566–577.