

INSTITUT DES SCIENCES ET TECHNIQUES DE LA READAPTATION

Directeur Professeur Jacques LUAUTE

EFFET DE L'APPAREILLAGE SUR LA PERCEPTION DE LA MUSIQUE

MEMOIRE présenté pour l'obtention du

DIPLOME D'ETAT D'AUDIOPROTHESISTE

par

DANCER Alix

Autorisation de reproduction

LYON, le

20 octobre 2023

David COLIN
Responsable de l'Enseignement

N° 978



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. ROLLAND Pierre

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
Pr LUAUTE Jacques

Comité de Coordination des
Etudes Médicales (CCEM)
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

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

Directeur

M. CHAREYRON Pierre

UFR de Sciences et Technologies

Directeur

M. ANDRIOLETTI Bruno

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 remercie tout d'abord Monsieur Guillaume CHARBOUILLOT, audioprothésiste diplômé d'État et maître de stage, qui m'a appris la profession d'audioprothésiste et m'a aidée pour la réalisation de mon mémoire de fin d'études.

Je remercie l'équipe AMPLIFON et particulièrement l'équipe du centre de Valence où j'ai réalisé mon stage, avec Christel CROSO, l'assistante du centre. Je remercie aussi l'équipe AMPLIFON du centre de la Croix-Rousse, et particulièrement Monsieur Éric RAUBER, pour m'avoir permis de venir dans leurs locaux réaliser des tests auprès de ses patients pour mon mémoire.

Je tenais à remercier l'équipe pédagogique de l'école d'Audioprothèse de l'Université Claude Bernard Lyon 1 qui m'a accompagnée pendant mes trois années d'études, en particulier Monsieur COLIN, actuel directeur de formation, Monsieur GALLEGO, directeur de formation durant ma première année, ainsi que Madame VILLALON, cheffe des bureaux des départements Audioprothèse et Orthoptie.

Merci aux patients qui se sont rendus disponibles pour participer à cette étude.

Enfin, je remercie mes parents, mon frère et mes sœurs qui m'ont soutenue durant toute ma scolarité.

Résumé

La musique est un art très apprécié composé de nombreuses subtilités qu'il est possible de ne pas percevoir avec une surdité. Chaque domaine composant la musique a ses particularités, c'est en effet le cas pour le rythme, le timbre, la hauteur et la mélodie qui sont les domaines que nous dégrossirons dans cette étude. Les appareils auditifs ont été initialement imaginés pour répondre au souci de compréhension de la parole, ils ne sont donc pas programmés à l'origine pour l'écoute de la musique.

Ce mémoire vise à étudier l'effet de l'appareillage sur la perception de la musique.

Nous allons réaliser des tests pour remarquer si l'appareil détériore, améliore ou ne change pas l'écoute de la musique par rapport à l'oreille nue des patients sur ces quatre domaines. En outre, la musique étant un art qui s'écoute donc lié à une certaine subjectivité, nous ne pouvons pas nous baser exclusivement sur une étude théorique de chaque domaine, nous analyserons aussi le ressenti des patients par rapport à différentes écoutes d'extraits musicaux.

L'étude a comparé les résultats avec et sans appareils d'un test de perception musicale [1] et d'un questionnaire de la qualité musicale [2] sur un panel de 17 sujets appareillés.

Les résultats des tests montrent que les patients trouvent les extraits musicaux trop forts avec les aides auditives. Mise à part l'intensité, les résultats ne montrent pas de différence significative avec le port des aides auditives ou sans.

En conclusion, nous n'observons pas de différence majeure de la perception de la musique avec ou sans les aides auditives. Cependant, cela signifie aussi que les appareils auditifs ne dégradent pas la perception de la musique.

Table des matières

Remerciements	1
Résumé	2
Introduction	5
Partie théorique	6
1. Contexte général	6
1.1 Définition des dimensions musicales	6
1.2 La perception de la musique par l'oreille naturelle.....	8
1.3 Le traitement du signal sur un signal musical	11
2. L'objectif du mémoire	16
3. Les différentes études déjà existantes, menées soit en lien avec des tests psychoacoustiques, soit en lien avec la perception du patient	17
Partie Expérimentale	21
1. Population et matériel	21
1.1 Population	21
1.2 Matériel	22
2. Le test de la perception musicale (MPT)	23
2.1 Méthode	23
2.2 Résultats	26
3. Le questionnaire de satisfaction de la qualité de la musique	31
3.1 Méthode	31
3.2 Résultats	34
Discussion	45

1. Ressenti des patients	45
2. Limites de cette étude.....	49
<i>Conclusion générale.....</i>	52
<i>Bibliographie</i>	54
<i>Annexes</i>	58

Introduction

Les appareils auditifs et leurs réglages sont à ce jour principalement axés sur la perception de la parole ainsi que sa compréhension par le patient. Pourtant dans une journée, nous pouvons avoir des loisirs qui demandent à faire travailler l'audition sans pour autant qu'il s'agisse de comprendre quelqu'un ; c'est le cas de la musique par exemple. Il est donc essentiel de comprendre les critères de la musique afin de pouvoir proposer au patient un réglage adapté tant à la compréhension de la parole qu'à une écoute musicale.

En outre, la musique repose principalement sur des ressentis, subjectifs. De ce fait, nous ne pouvons pas uniquement nous appuyer sur des résultats théoriques.

Les personnes travaillant dans le domaine de la musique ou dans des espaces de diffusion musicale sont une population à risque de perte auditive, au vu de leurs conditions de travail, dans lesquelles les mesures de sécurité sonores ne sont pas toujours respectées [3]. Ainsi, on sait que 38% des musiciens de groupes de rock présentent des pertes auditives supérieures à 25 dB, principalement axées sur le 6 kHz, à quoi s'ajoutent des acouphènes chroniques présents chez 20% des musiciens [4].

Ces données nous montrent l'importance de trouver un réglage idéal pour l'écoute de la musique, puisqu'il s'agit d'un environnement très présent pour ces personnes, indéfectible de leur métier.

Partie théorique

1. Contexte général

1.1 Définition des dimensions musicales

Ce mémoire portant sur la musique et sa perception, il est nécessaire de définir les notions musicales qui vont être abordées tout au long de cette étude. Ainsi, dans la partie expérimentale, nous axerons l'étude sur quatre dimensions qui composent la musique : le rythme, le timbre, la hauteur et la mélodie.

Le rythme :

Nous commencerons par le définir selon une étude de John BISPHAM [5], comme une pulsation périodique qui, dans un contexte musical, va engendrer des images mentales chez l'humain.

Le rythme est essentiel en musique pour créer des sensations. Par exemple, un rythme qui s'accélère ou ralentit va créer une tension, une attente de ce qui va pouvoir suivre. Un rythme binaire pourra faire penser à une marche, qui suscitera alors un sentiment de rigidité. Un rythme ternaire, lui, aura plutôt tendance à évoquer un balancement, à susciter une danse, d'où un possible sentiment de gaieté.

Le timbre :

Il est essentiel en musique pour apporter de la richesse à une œuvre musicale. Dans sa thèse, Jérémie MAROZEAU [6] le définit à l'aide de trois critères : le timbre-identité, le timbre-individualité et le timbre-qualité. Dans notre étude, nous utiliserons sa définition du timbre-identité : « *Le timbre peut servir à désigner les propriétés*

permettant la reconnaissance d'une catégorie de source sonore ». Le timbre-identité est spécifique au timbre d'un type d'instrument. On considère ainsi que toutes les harpes, qu'elles soient celtiques ou à pédales, ont toutes le même timbre-identité car celui-ci a les mêmes caractéristiques pour chaque harpe, quel que soit l'instrumentiste.

La hauteur

Elle est définie, selon The American National Standards Institute (ANSI) [7], par : *“La hauteur est cet attribut de la sensation auditive selon lequel les sons peuvent être classés sur une échelle allant du bas vers le haut. La hauteur dépend de la pression acoustique et de la forme d'onde du stimulus.”* Cette dimension est pleinement liée à la fréquence des sons. En musique, les sons sont notés sur une échelle, appelée gamme, subdivisée en notes. L'intervalle entre chaque note est composé d'un demi-ton ou d'un ton, qui lui-même peut se partager en demi-tons (diatonique ou chromatique) [8]. Chaque note correspond à une fréquence (appelée fréquence fondamentale) indépendante de l'instrument qui la joue. Si l'on regarde l'ensemble des tessitures des instruments, la répartition des notes se déroule sur 7 octaves, allant du do 0 (32,703 Hz) au si 6 (3951,1 Hz), soit la tessiture d'un piano, instrument ayant la plus grande tessiture. La répartition des notes entre les différents instruments de l'orchestre occidental est à retrouver dans *l'annexe 1* [6]. Nous pouvons remarquer que la majorité des instruments partagent les mêmes notes situées dans les octaves 1, 2, 3 et 4.

La mélodie

Edmund HUSSERL [9] la définit comme une expérience temporelle interprétée par la conscience. On perçoit une succession de sons sans connaître quel sera le prochain,

le moment où il va survenir ni sa durée. Cette dimension est la plus subjective de toutes car elle est un mélange de toutes les autres. Ainsi, une mélodie se compose d'instruments qui la jouent (le timbre), de notes jouées (la hauteur) et de distance temporelle entre elles (le rythme). Mais nous ressentons aussi la musique que nous écoutons et cette dimension subjective est compliquée à évaluer.

1.2 La perception de la musique par l'oreille naturelle

L'oreille est un organe fragile qui évolue avec le temps, perdant de ses capacités avec la diminution progressive de ses cellules ciliées. Celle-ci entraîne une perception sonore différente pour chacun d'entre nous.

La perte d'audition est le plus souvent associée aux difficultés à comprendre les personnes qui nous entourent, cependant elle influence aussi la perception de tous les sons environnants.

À cela peuvent aussi s'ajouter un possible recrutement et une possible diplacousie.

La perte d'audition

Nous cherchons ici à savoir quel domaine de la musique est atteint à la suite d'une perte d'audition et si nous pouvons palier à cette différence de perception grâce à un appareil auditif. La perte d'audition est le plus souvent due à la vieillesse de la cochlée, entraînant une diminution de la perception des hautes fréquences (au-delà de 2kHz) [10], elle se nomme presbyacousie et atteint 30% de la population à partir de 60 ans. Cette réduction du champ auditif va entraîner une perte de la richesse sonore due à la perte des harmoniques, principalement sur des instruments comme la flûte, le violon ou encore le piano, ayant une partie de leurs fréquences fondamentales située dans

les aigus [6]. Selon l'intensité à laquelle seront jouées les notes aiguës, le patient aura plus ou moins de richesse sonore. Si l'intensité jouée est trop faible, le malentendant ne percevra pas la totalité des subtilités du morceau. Il est cependant difficile de connaître l'étendue des différences du ressenti émotionnel que provoque la musique entre une oreille saine et une oreille atteinte. La musique étant un art subjectif, deux individus avec les mêmes capacités auditives n'auront pas forcément le même ressenti d'un morceau. En outre, la musique étant composée de nuances (piano, forte, mezzo-forte...), certaines fréquences alors peu atteintes chez le patient pourront l'empêcher de profiter pleinement d'un morceau du fait qu'il ne percevra pas toutes les harmoniques.

Le recrutement

À cette difficulté de percevoir les subtilités des morceaux peut s'ajouter le recrutement, qui peut créer un inconfort dans la perception des œuvres musicales : le recrutement étant un rehaussement du seuil subjectif d'inconfort, le patient sera plus rapidement dérangé par l'écoute de certains instruments. Le recrutement agit principalement sur les fréquences atteintes chez le patient créant ainsi une réduction du champ auditif en intensité [11]. Par exemple, le violon, dont les fréquences s'étendent de 196 à 2093 Hz, est souvent amené à jouer dans les fréquences les plus aiguës et, du fait de ses multiples harmoniques, est d'une grande richesse sonore. Ainsi, un patient avec une presbycusie et du recrutement pourra alors, même lorsque l'intensité d'écoute n'est pas très élevée, trouver que cet instrument est désagréable à écouter, ou avoir la sensation qu'il joue trop fort. Le recrutement va entraîner une utilisation plus fréquente du réflexe stapédien, qui est une contraction du muscle de l'étrier permettant de diminuer l'intensité sonore qui va être transmise à la cochlée de 10 à 20 dB [12]. Cette

contraction du muscle de l'étrier va entraîner des changements d'intensité irréguliers ne permettant pas au patient de profiter d'un son uniforme. Le réflexe stapédien va atténuer le volume sonore en laissant une perception des graves plus importante que celle des aigus. Le patient pourra ainsi percevoir certains détails musicaux puis, si le muscle se contracte suite à une élévation de l'intensité, il cessera alors de les percevoir puis de nouveau les percevoir si l'intensité permet au muscle de se décontracter. Ce va-et-vient créant ainsi des distorsions du son dans son oreille peut rendre le son moins agréable et joli.

La diplacousie

Une oreille déficiente peut, en plus de la perception différente des intensités, avoir une perception biaisée de la hauteur des sons. Cette perception déformée de la hauteur des sons est appelée la diplacousie. Durant ses recherches, David COLIN [13] la définit ainsi que ses conséquences. La diplacousie consiste à percevoir un son différemment avec une oreille par rapport à l'autre. Ce phénomène, appelé diplacousie binaurale dysharmonique, est présent à un certain degré chez toute la population. Pour Burns [14], l'influence de l'intensité sur la perception de la hauteur tonale entre les deux oreilles peut être de 3% pour un normo-entendant, ce qui correspond à un quart de ton musical, cette valeur augmentant jusqu'à 6% pour un sujet malentendant. La diplacousie apparaît majoritairement chez des sujets ayant une surdité asymétrique. Plus l'asymétrie est importante, plus le patient aura un décalage fréquentiel important entre ses deux oreilles. La diplacousie reste à ce jour difficile à évaluer car il n'existe pas de test standardisé. Elle est aussi délicate à corriger en audioprothèse puisque l'oreille et le cerveau ont besoin d'un temps d'adaptation à chaque nouveau réglage.

L'expérience du patient : une variable de la perception

La perception de la musique dépend de l'oreille mais elle n'en reste pas moins interprétée par le cerveau. Pour une personne ayant perdu de l'audition avec le temps, la sensation désagréable de l'écoute de la musique sera due à l'image mentale qu'elle conserve de sa perception musicale avant sa perte auditive. Tandis qu'une personne née avec une déficience auditive n'aura pas de comparatif possible quant à sa perception de la musique [15]. Ainsi, la recherche de la plus fidèle reproductibilité de la musique avec des aides auditives est surtout nécessaire pour les sujets ayant perdu de l'audition car ils sont susceptibles de trouver la musique modifiée, que ce soit sans appareillage car elle manque de netteté (perte des harmoniques, perte d'informations quand les nuances sont trop faibles...) ou avec leurs appareils auditifs car elle ne ressemble pas à ce qu'ils entendaient auparavant.

1.3 Le traitement du signal sur un signal musical

La bande passante

Comme pour la parole, l'aide auditive n'est pas capable de reproduire à l'identique un signal musical. La principale raison empêchant l'appareil de reproduire correctement le signal est la limitation de sa bande passante, qui s'étend sur une plage inférieure à celle de l'oreille. En effet, une oreille perçoit les sons de 20Hz à 20kHz, tandis que l'aide auditive ne permet que d'amplifier les fréquences allant de 125Hz à 8kHz. Cette réduction du champ auditif par l'appareillage empêche, dans le cadre de la musique, de percevoir l'entière des instruments et de leurs harmoniques. L'absence de l'amplification des fréquences harmoniques va entraîner une perception différente du timbre des instruments. L'étendue du spectre sonore de la musique est comprise entre

27 Hz et 4187 Hz sans tenir compte des harmoniques, pouvant aller jusqu'à 10 000 kHz [15]. On remarque que l'amplification des basses fréquences ne se fera pas pour l'octave 0 et l'octave 1 (le si 1 a pour fréquence 123,47 Hz). Cette absence d'amplification se fait cependant peu ressentir car la majorité des surdités portent sur les hautes fréquences, ce qu'on appelle la presbyacousie. L'amplification des hautes fréquences jusqu'à 8kHz permet d'entendre toutes les fréquences fondamentales des instruments, cependant les harmoniques ne seront, quant à elles, pas toujours perçues. Les harmoniques sont des multiples de la fréquence fondamentale, donc pour une note telle que le la 3 (440Hz), ses harmoniques seront présentes sur les fréquences 880 Hz, 1320 Hz, 1760 Hz, 2200 Hz... Et ainsi de suite pour tous les multiples de la fréquence fondamentale. Selon les instruments, les harmoniques vont être plus ou moins présentes sur le spectre, ce qui fait que le patient ne les percevra pas toutes si leur intensité est plus faible que leur seuil de perception. Selon la perte du patient, il pourrait confondre certains instruments car il percevrait une quantité réduite d'harmoniques ne lui permettant pas de différencier deux instruments proches. Nous pouvons constater la différence d'harmoniques entre deux instruments que sont le violon et la flûte jouant un La 3 (440Hz) sur leur spectre :

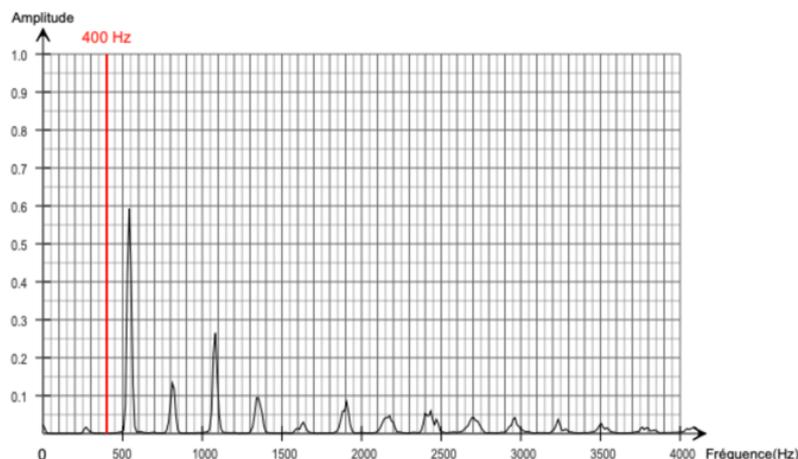


Figure 1 : Analyse spectrale d'un La3 (440Hz) joué par un violon

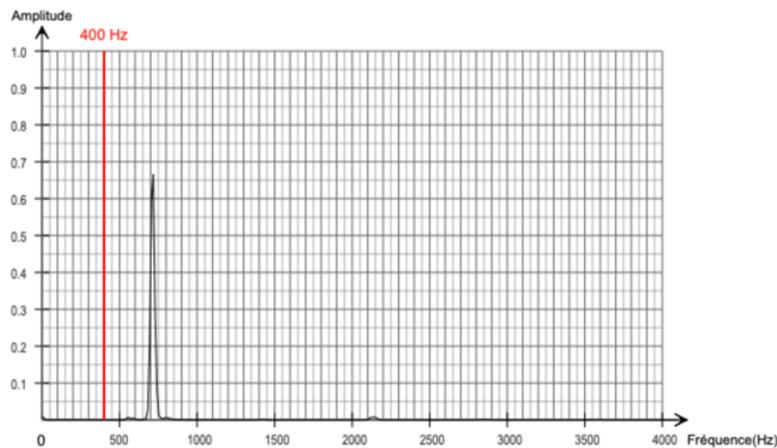


Figure 2 : Analyse spectrale d'un La3 (440Hz) joué par une flûte

Le nombre de canaux

En plus de la bande passante réduite, les appareils auditifs ont selon leur gamme un nombre de canaux différent permettant de diviser la bande passante, afin de pouvoir modifier l'intensité d'un extrait de la bande passante. Ce découpage en fréquences est présent aussi dans l'oreille sous le nom de tonotopie de la cochlée. Cette tonotopie est très précise, permettant de différencier les fréquences les unes des autres. Lorsqu'une fréquence est détectée, cela entraîne la stimulation de la cellule ciliée (16 000 à la naissance) correspondant à la fréquence [16]. Le nombre de canaux d'un appareil est bien inférieur au nombre de cellules ciliées, on ne pourra donc pas différencier de façon aussi précise les fréquences entre-elles. Les canaux peuvent aller de 8 pour des appareils 100% Santé de classe 1, à 20 pour des appareils haut de gamme en Classe 2. Plus il y a de canaux, plus le réglage va être précis et permettra de régler les fréquences indépendamment les unes des autres.

L'abaissement fréquentiel

Pour certains sujets, la présence de canaux de réglages sur les hautes fréquences n'est pas nécessaire, parfois même délétère. Quand l'audition est trop atteinte, ou pour

des patients ayant une zone morte cochléaire dans cette région des fréquences, il n'est pas utile d'apporter de l'amplification. Cette amplification ne serait pas perçue par le cerveau. Pour permettre au patient d'entendre tout de même les fréquences manquantes à son spectre auditif mais essentielles, on utilisera un algorithme d'abaissement fréquentiel [17]. Cet algorithme est différent selon les fabricants mais a le même intérêt. On déplace ce qui n'est pas audible dans une région audible par le sujet. Les aides auditives Phonak utilisent par exemple le système de compression fréquentielle, qui consiste à comprimer l'axe des fréquences pour que le patient puisse percevoir les sons aigus qu'il n'entendait plus. Le système développé par Widex utilise quant à lui la transposition fréquentielle, qui consiste à dupliquer les fréquences non perçues et à accentuer d'autres fréquences, présentes dans le spectre auditif du patient, quand les fréquences non perçues doivent être stimulées. Ce système est très performant pour conserver une bonne écoute de la musique car il est linéaire [18].

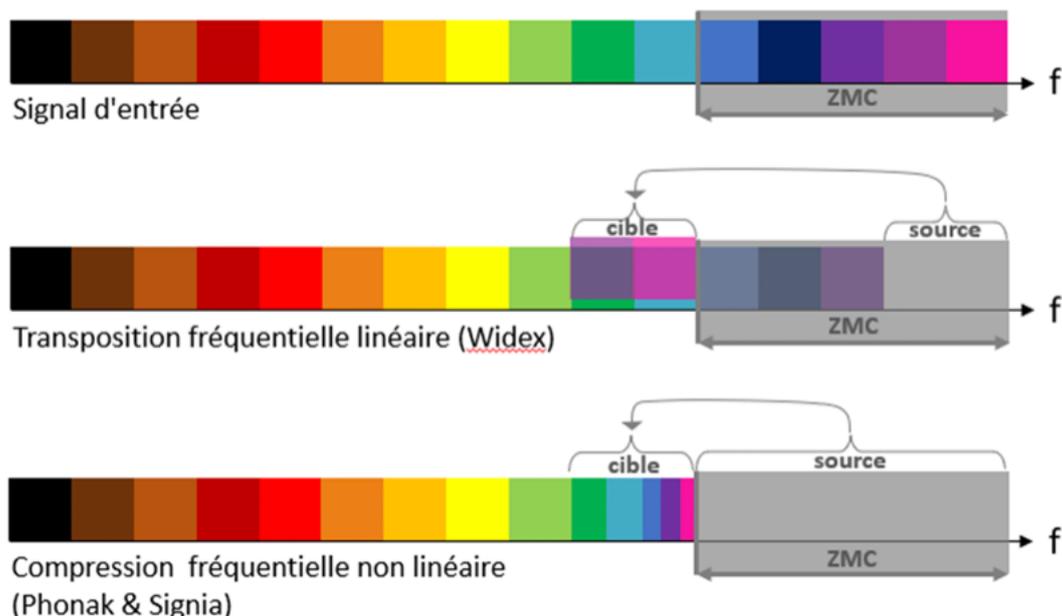


Figure 3 : Illustration de la compression fréquentielle et de la transposition fréquentielle en fonction de l'amplification conventionnelle. [19]

L'échantillonnage

L'échantillonnage fait partie des autres soucis liés à l'électronique de l'appareil. Quand on réalise un traitement de signal, l'aide auditive crée un échantillonnage pour recréer le spectre sonore à son entrée [20]. Cet échantillonnage doit respecter au maximum la courbe correspondant au signal entrant dans l'appareil pour obtenir un son en sortie le plus fidèle possible. Pour que l'échantillonnage soit le plus précis possible, il faut créer un maximum d'échantillon sur une période donnée. Néanmoins, plus on échantillonne, plus le temps de traitement s'allonge. Si le délai de traitement est trop important, le signal qui sera envoyé à travers l'appareil va être retardé par rapport au son naturel capté par l'oreille et cela va créer un écho. Pour éviter un délai de traitement trop important, il faut trouver un juste milieu entre un échantillonnage proche du signal d'origine et un temps de traitement respectable pour que le patient ne le ressente pas. En revanche, si on a un échantillonnage trop faible, on va obtenir un bruit de fond sonore et une détérioration du signal. Le délai de traitement ainsi que l'échantillonnage ne nous permettent malheureusement pas d'obtenir un signal de sortie absolument fidèle à celui entrant dans l'appareil.

La distorsion

Les appareils auditifs sont composés de pièces électroniques qui détériorent le signal suite aux traitements qu'apporte l'aide auditive au signal entrant. Cette détérioration du signal peut entraîner des distorsions sur les intensités perçues par le sujet [21]. L'échantillonnage que nous avons évoqué dans la partie précédente entraîne une distorsion du signal d'origine. Un autre exemple est le passage du numérique à l'analogique et son inverse pour pouvoir adapter le signal d'entrée à l'audition du patient. Dans le cadre de la musique, cela peut entraîner une représentation incorrecte

des intensités due à une distorsion lors du passage de l'analogique au numérique. Cette représentation différente des intensités peut engendrer une interprétation modifiée des nuances et des intentions jouées par les instruments et entraîner un inconfort lors de l'écoute de la musique.

Nous venons de voir que plusieurs éléments ont une incidence sur l'écoute de la musique par un patient appareillé. L'aide auditive délivre un signal qui est modifié artificiellement avec quelques distorsions possibles et des réglages qui ne sont pas naturels. La présence d'un algorithme d'abaissement fréquentiel va modifier la tonotopie originelle du cerveau entraînant une perception différente de la musique. En outre, les appareils n'ont pas été créés pour percevoir la musique mais pour comprendre un signal de parole, donc les fréquences sélectionnées pour la bande passante ont été influencées par cette perception de la parole.

2. L'objectif du mémoire

Nous allons chercher à mettre en évidence ce qu'il est possible d'améliorer dans l'appareillage auditif afin que l'écoute de la musique soit confortable et fiable pour le patient. Les recherches étudiées précédemment nous ont montré qu'une oreille abîmée est une oreille qui ne supporte plus tous les sons et qui ne les perçoit plus de la même façon qu'auparavant. En outre, le traitement de signal des appareils auditifs crée une différence de perception par rapport à une écoute naturelle. Notre objectif ici est d'étudier la perception de la musique sans et avec les appareils auditifs, afin de déterminer si la musique est reproduite de façon fiable pour le patient. Pour cela, nous allons réaliser deux expériences. La première va consister à étudier la capacité des

patients à reconnaître des rythmes, des timbres d'instruments, des hauteurs de sons et des mélodies, sans leurs appareils puis avec. La seconde, quant à elle, va chercher à connaître le ressenti du patient quand il écoute une musique sans et avec ses appareils auditifs.

L'intérêt de cette étude est de réfléchir à comment pouvoir permettre aux patients atteints de surdité de continuer à profiter de la musique. Nous avons choisi de réaliser cette étude auprès de patients musiciens, ceci afin qu'ils soient plus pointilleux sur les différences avec et sans appareils auditifs. L'étude nous permettra de déterminer les points sur lesquels nous devons nous pencher pour améliorer l'écoute de la musique avec les appareils auditifs, qui à l'heure actuelle est de plus en plus discutée au vu du nombre croissant d'avancées dans ce domaine chez les fabricants.

3. Les différentes études déjà existantes, menées soit en lien avec des tests psychoacoustiques, soit en lien avec la perception du patient

L'intérêt pour la perception de la musique grandissant ces dernières années, plusieurs études ont cherché à évaluer la perception musicale. Ces études portent sur l'étude des domaines définis dans la partie 1.1 en lien avec des tests psychoacoustiques. C'est le cas de l'étude menée par CHOI J.E. [22], qui a mesuré les capacités de perception de la musique à l'aide de trois tests psychoacoustiques, que sont : le test de détection de modulation spectrale, le test de détection de modulation temporelle et le test de détection de modulation spectro-temporelle. L'étude a été menée sur la discrimination de la hauteur, l'identification de la mélodie et l'identification du timbre. L'objectif de l'étude était de déterminer quelle détection était la mieux reproduite avec

les appareils auditifs. Elle a pu mettre en évidence que la modulation spectro-temporelle montre des corrélations plus fortes avec la musique qu'avec les autres tests psychoacoustiques. Notons que ce test n'a pas pour objectif de déterminer pour un sujet donné ses capacités à percevoir la musique.

Un autre test de perception musicale utilisant des tests psychoacoustiques a été créé par Martin J. Kirchberger et Franck A. Russo [23]. Il s'agit du test de perception adaptative de la musique (Adaptative Music Perception Test). Cette étude mesure 10 dimensions composant la musique telles que la hauteur, la dissonance ou encore l'attaque. Ces 10 dimensions peuvent être réparties dans 4 grands domaines composant la musique qui sont la métrique, le timbre, l'harmonie et la mélodie.

Il peut être utilisé comme un outil de recherche pour étudier la perception de la musique sans et avec les aides auditives et comparer les différentes stratégies de traitement de la musique. Ce test est encore en développement, l'objectif étant de tester des populations plus importantes pour pouvoir établir des normes afin que ce test puisse être réalisé dans le cadre de la pratique clinique.

Le test que nous allons utiliser dans la partie expérimentale de ce mémoire est le test de perception de la musique (Music Perception Test). Il a été établi par Marinda Uys [1] et a pour but d'étudier quatre domaines de la musique, le rythme, le timbre, la hauteur et la mélodie. Chacun des domaines a été divisé pour pouvoir mieux cibler les parties qui sont perçues différemment selon que le patient porte ou non ses appareils auditifs. Par exemple, le rythme a été divisé en quatre sous-tests qui sont : l'identification, la discrimination, la reconnaissance et la perception. Le test a été réalisé sur des patients normo-entendants et des personnes appareillées : on cherche

à déterminer quels sont les critères de la musique qui sont moins bien perçus lors de l'écoute d'une musique chez une personne appareillée par rapport à un normo-entendant.

Des études ont aussi été réalisées dans le but de montrer l'importance du ressenti du patient quand il écoute de la musique. C'est le cas par exemple de l'étude menée par A. Greasley, H. Crook et R. Fulford [24]. Les auteurs ont cherché à mettre en évidence l'importance ou non, dans une aide auditive, de traiter la musique différemment d'un traitement de la parole, tout en prenant en compte le ressenti. Pour cela, ils ont mis en place 2 questionnaires, l'un destiné au patient et l'autre à l'audioprothésiste. Le questionnaire destiné au patient cherchait à savoir s'il avait parlé de ses difficultés lors de la perception de la musique, ce qu'a alors fait l'audioprothésiste pour l'aider et si cette adaptation a été efficace. Le questionnaire à destination de l'audioprothésiste permettait de savoir s'il posait des questions permettant de connaître les envies musicales du patient, s'il avait des connaissances dans le domaine musical pour l'adaptation d'aides auditives, s'il avait adapté des personnes ayant une demande particulière au niveau musical. Les résultats de cette étude montrent l'importance de discuter avec les patients de la musique afin de connaître leur besoin au niveau musical. À l'heure actuelle, ce sujet est trop peu abordé lors de l'appareillage. En outre, l'étude montre l'importance de former les audioprothésistes (même avec de simples formations courtes) à l'appareillage spécifique à la musique. Il est montré dans cette étude que lorsqu'on est formé, la satisfaction du patient augmente instantanément. Alors, bien que les technologies s'améliorent et que les fabricants d'aides auditives proposent de nouveaux modes d'appareillage pour la musique, il est donc important

de se former à l'appareillage pour la musique afin de réaliser un réglage le plus adapté possible.

Une autre étude menée sur l'aspect subjectif de l'écoute de la musique a montré que la distorsion était un problème majeur dégradant la perception du signal musical [25]. Les auteurs, Sara M. K. Madsen et Brian C. J. Moore, n'ont cependant pas pu mettre en évidence la ou les causes responsables de cette distorsion. Celle-ci a pu être perçue suite à un changement de l'enveloppe temporelle du signal en raison d'un traitement de signal non adapté. Cependant, l'étude a aussi pu mettre en évidence que les sujets trouvent la musique reproduite plus agréable que la musique en direct. Ils justifient cet avis par la compression déjà présente dans la musique reproduite. Cette étude met aussi en évidence le fait que les sons forts paraissent trop forts avec les appareils auditifs : seulement 28% des sujets perçoivent les sons faibles sans trouver que les sons forts le sont trop. Ils ont aussi pu mettre en évidence le peu de présence du programme musique dans l'appareillage des patients et le caractère non systématique de son utilisation lorsqu'il est présent. Bien qu'il y ait un développement et une recherche active concernant la perception de la musique, les programmes proposés ne sont pas encore suffisamment performants pour montrer une différence significative et permettre leur utilisation systématique.

Partie Expérimentale

1. Population et matériel

1.1 Population

Dans cette étude, nous avons testé 17 sujets volontaires. L'échantillon testé a un âge compris entre 54 et 92 ans, avec une moyenne de 73 ans et d'écart-type 9,2 ans. Parmi eux, on compte 8 sujets masculins et 9 sujets femmes.

Parmi les sujets, tous ont une surdité symétrique bilatérale. Cependant le degré de leur surdité n'est pas le même chez tous les patients, 13 d'entre eux ont une surdité moyenne, 3 ont une surdité sévère et 1 a une surdité légère. Chacun des sujets ont été appareillé en bilatéral.

L'étude porte sur des appareils de dernière génération uniquement. Cependant, afin d'avoir un maximum de données, les tests ont été réalisés sur plusieurs marques, dont Phonak, Starkey, Signia et Widex.

Ayant différentes marques, les 2 patients ayant un réglage initial avec de l'abaissement fréquentiel se sont vu proposer de leur supprimer temporairement ce réglage, le temps des tests. Cette suppression est justifiée par la non-conformité du spectre fréquentiel entre un réglage sans abaissement fréquentiel ou avec, mais aussi car les deux techniques d'abaissement fréquentiel utilisées n'étaient pas identiques.

Les aides auditives des sujets testés ont été adaptées soit avec des embouts, des dômes, ou encore des intra-auriculaires, selon les critères établis lors de leur premier rendez-vous et leurs besoins prothétiques. Ainsi, l'échantillon testé était composé de : 10 adaptations sur des embouts sur mesure, 5 adaptations sur dômes et 2 adaptations avec des intra-auriculaires.

Les sujets ont été testés avec et sans leurs appareils auditifs, afin d'avoir le moins de biais possible entre les tests sans correction et ceux avec.

Critères d'inclusion :

- Patients appareillés depuis plus d'un mois.
- Patients pratiquant la musique, ou ayant une volonté de retrouver une bonne écoute de la musique avec les appareils.

Critères d'exclusion :

- Surdité profonde, fluctuante, unilatérale
- Surdité mixte
- Surdité de transmission

1.2 Matériel

Les tests ont été r ealis es dans les cabines audiométriques des centres Amplifon de Valence et de Lyon. Le matériel nécessaire à la création ainsi qu'à la réalisation des tests était le suivant :

- Une enceinte connect e à l'ordinateur

- Un ordinateur comportant les logiciels : « MP3 Player » et « AURICAL »
- Un sonomètre pour mesurer la sortie du son de l'enceinte à 1 mètre
- Un questionnaire d'évaluation de la qualité de la musique de Davies Venn.

Annexe 6

- Un extrait du début du quatrième mouvement de « la Symphonie du nouveau Monde » de Dvorak d'une durée d'une minute trente secondes
- Un extrait du début du troisième mouvement de « l'Été » de Vivaldi d'une durée d'une minute trente secondes
- Un extrait du Music Perception Test traduit en français. *Annexe 2, 3, 4 et 5*
- Le logiciel « FL Studio » pour créer les bandes sonores du Music Perception Test selon les critères énoncés par Marinda UYS [26]

Le matériel utilisé pour exploiter les résultats est le suivant :

- Le logiciel Excel pour répertorier tous les résultats de mes divers tests et réaliser mes graphiques statistiques ;
- Le logiciel JASP afin de réaliser mes tests statistiques.

2. Le test de la perception musicale (MPT)

2.1 Méthode

Ce test a été créé par Marinda UYS [1]. Il consiste à tester la perception musicale selon quatre dimensions qui composent la musique : le rythme, le timbre, la hauteur et la mélodie. Dans le test initial, il y a onze tests répartis dans les quatre dimensions. Dans un souci de durée des tests, nous avons pris la décision de ne conserver que deux tests par dimension, rapportant le nombre de tests à huit. Le choix a été réalisé

en sélectionnant les tests afin que les tests ne durent pas trop longtemps. Nous avons sélectionné les tests afin qu'ils soient complémentaires et ne se ressemblent pas afin de permettre au patient de ne pas se lasser. Nous avons donc réalisé un extrait de vingt minutes du test de perception musicale.

Pour le rythme, nous avons décidé de conserver la discrimination du rythme. Ce test consiste à faire écouter cinq paires de courts motifs rythmiques. Après l'écoute de chaque paire, le sujet doit indiquer si les deux motifs sont identiques ou différents. Nous utilisons aussi le test de reconnaissance du rythme qui consiste à faire écouter cinq mélodies jouées au piano. Le sujet doit déterminer si la structure rythmique de chacune des mélodies est celle d'une marche ou celle d'une valse.

Pour la partie du timbre, nous avons conservé les tests d'identification du timbre et du nombre d'instruments. Pour l'identification du timbre, le sujet doit confirmer sa connaissance de chacun des instruments présents dans le test en cochant s'il le connaît. Par la suite, nous présentons huit phrases musicales, jouées par un des instruments présentés précédemment. Le sujet indique alors quel instrument il a entendu. Pour le test d'identification du nombre d'instruments, nous ferons entendre cinq extraits composés d'un ou plusieurs instruments. Le sujet indiquera cette fois-ci le nombre d'instruments perçus dans chacun des extraits.

La section suivante étudiée est la hauteur. Dans cette section, nous testons l'identification de la hauteur ainsi que sa discrimination. Pour l'identification, nous faisons écouter cinq paires de notes au sujet. Ce dernier indique alors si la deuxième note est plus haute ou plus basse que la première. Pour la discrimination, nous présentons cinq paires de mélodies. Le sujet doit déterminer si chaque paire est identique ou différente.

La dernière section étudiée dans le test de perception de la musique est la mélodie. Pour ce domaine, nous testons l'identification de la mélodie ainsi que la musique dans le bruit. Pour l'identification, nous devons nous assurer que le sujet connaît les musiques qui seront présentées. Pour cela, le sujet doit cocher les titres qu'il connaît parmi une liste qui lui est proposée (*annexe 5*). Ensuite, nous présentons un extrait de 12 à 15 notes des musiques présentées ci-dessus interprétées au piano, avec ou sans le rythme. Le sujet doit déterminer de quelle œuvre musicale l'extrait joué est issu. Pour le test de la musique dans le bruit, le procédé est sensiblement le même, à la différence que les extraits sont des enregistrements, conservant la rythmique initiale des extraits choisis. À cet enregistrement est ajouté un bruit de fond similaire à la circulation de la route à 70dB. Le son des extraits varie entre +6 dB HL et +10 dB HL.

Pour chacun des tests, nous avons dû créer la bande sonore qui n'était pas disponible, grâce aux indications proposées par Marinda UYS [26]. Ainsi, à l'aide du logiciel FL Studio, nous avons pu fidèlement recréer les bandes sonores utilisées pour chacun des tests. Nous avons aussi traduit en français le questionnaire à remplir pour répondre aux questions de chacun des tests, puisque ce dernier était uniquement en anglais.

Nous avons réalisé cet enchaînement de tests à deux reprises, une fois avec les appareils auditifs en programme classique sans abaissement fréquentiel et une fois sans les appareils auditifs. Afin que les résultats ne soient pas influencés par l'ordre de réalisation des tests, nous avons fait passer les tests à la moitié des sujets sans les appareils en premier et pour l'autre moitié en commençant avec leurs appareils.

2.2 Résultats

Dans un premier temps, observons la répartition des résultats pour chacun des tests à l'aide de la médiane et des quartiles.

Pour le rythme, nous observons des résultats supérieurs pour environ 50% ayant les meilleures performances. En effet, la médiane est restée à 8 bonnes réponses sur 10 mais le 3^{ème} quartile est passé de 8 à 9 et le maximum de 9 à 10. Il est à noter également une plus grande hétérogénéité pour le premier quartile ([6 ; 7] sans appareils, contre [5 ; 7] avec).

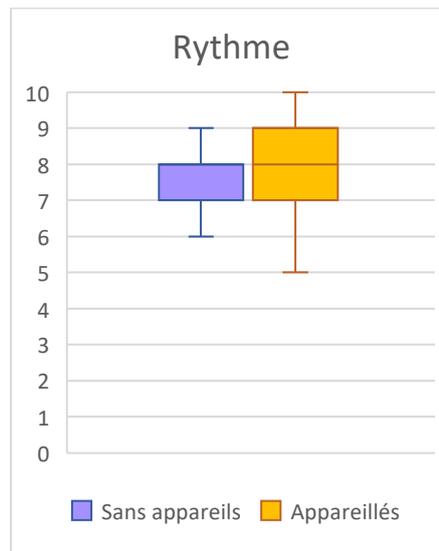


Figure 4 : Comparaison du rythme sans les appareils et avec.

Pour le timbre, nous observons que l'étendue est identique avec et sans appareils. Cependant, nous pouvons aussi remarquer une baisse correspondant à 1 bonne réponse sur 12 du premier quartile, de la médiane, ainsi que du 3^{ème} quartile avec les appareils auditifs.

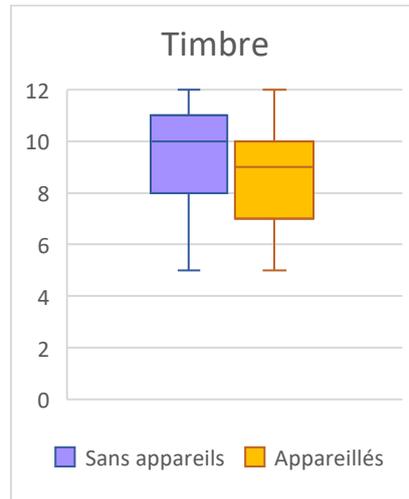


Figure 5 : Comparaison du timbre sans les appareils et avec.

Pour la hauteur, les résultats sont meilleurs et plus homogènes avec les appareils auditifs avec un gain d'1 bonne réponse sur 10 pour chaque quartile.

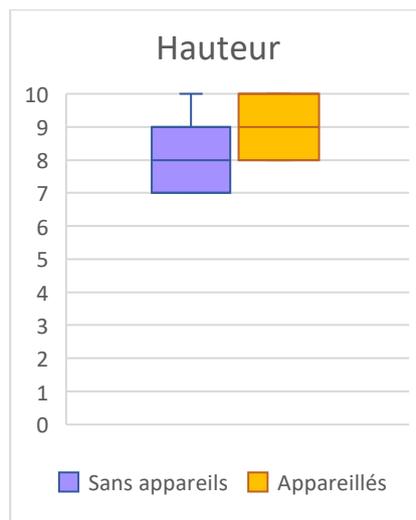


Figure 6 : Comparaison de la hauteur sans les appareils et avec.

Pour la mélodie, on observe un certain équilibre entre les résultats sans appareils et avec, seule la médiane est légèrement plus élevée avec les appareils (13 par rapport à 12).

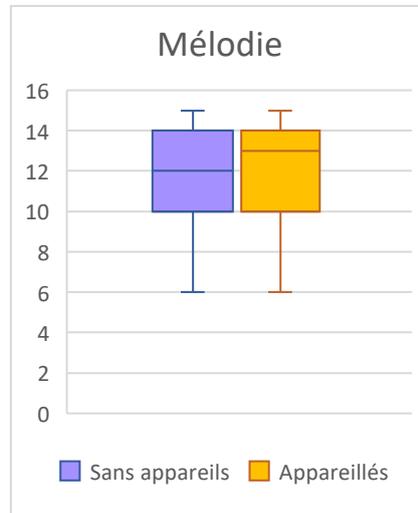


Figure 7 : Comparaison de la mélodie sans les appareils et avec.

Intéressons-nous maintenant aux moyennes obtenues pour chacun des tests sans appareils et avec.

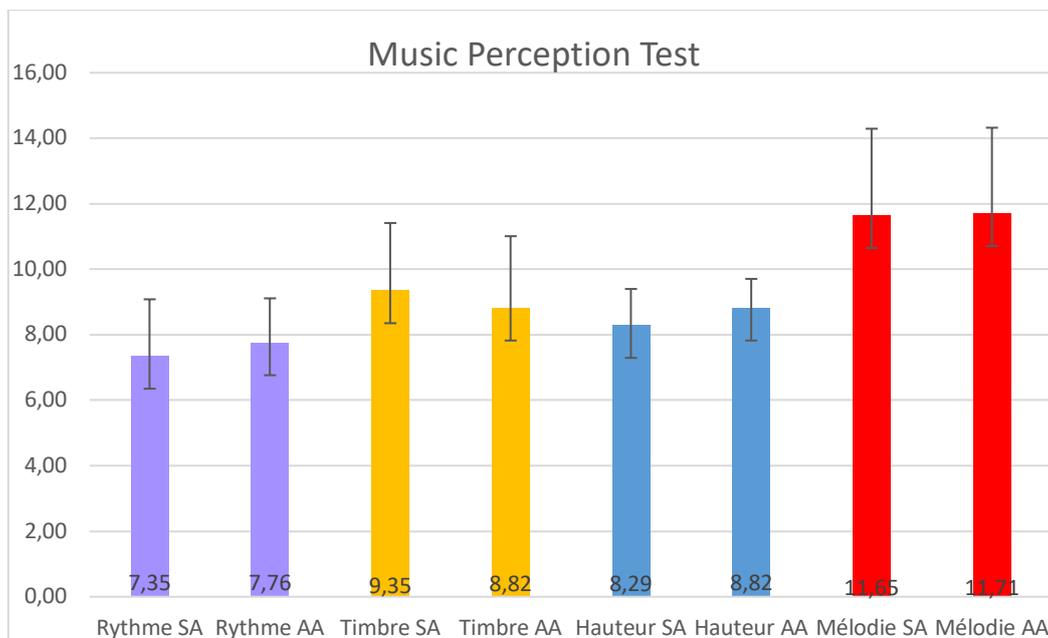


Figure 8 : Histogramme représentant les moyennes et son écart-type pour chaque domaine de la musique étudié sans appareils et avec.

Nous observons que, pour chaque test, les moyennes avec ou sans port des appareils sont proches. Essayons de valider cette hypothèse à l'aide de tests statistiques.

Ayant testé le même groupe de patients avec et sans appareils auditifs, nous disposons donc de données appariées.

Nous avons réalisé les tests statistiques sur les quatre domaines de la musique que sont le rythme, le timbre, la hauteur et la mélodie.

Ayant un même groupe de sujets réalisant chaque test, nous réalisons un test de deux moyennes d'échantillons appariés. Les données sont quantitatives continues. Si la loi normale est validée nous réaliserons un test de Student. En revanche, si elle n'est pas validée, nous utiliserons le test de rangs non paramétriques de Wilcoxon.

Test of Normality (Shapiro-Wilk)

			W	p
Rythme SA	-	Rythme AA	0.945	0.389
Timbre SA	-	Timbre AA	0.946	0.402
Hauteur SA	-	Hauteur AA	0.876	0.027
M.lodie SA	-	M.lodie AA	0.948	0.421

Note. Significant results suggest a deviation from normality.

La loi normale montre un $p > 0,05$ pour les tests de rythme, de timbre et de la mélodie. Pour ces tests, nous utiliserons donc un test de Student. Pour le test de la hauteur, la loi normale montre un $p < 0,05$. Pour ce test, nous utiliserons un test de rangs non paramétriques de Wilcoxon.

Pour la perception du rythme, nous obtenons le résultat suivant au test de Student :

Paired Samples T-Test

Measure 1		Measure 2	t	df	p
Rythme SA	-	Rythme AA	-1.100	16	0.288

Note. Student's t-test.

On observe $p > 0,05$: la différence entre la perception du rythme avec et sans les appareils auditifs n'est pas significative.

Pour la perception du timbre, le test de Student montre le résultat suivant :

Paired Samples T-Test

Measure 1		Measure 2	t	df	p
Timbre SA	-	Timbre AA	0.270	16	0.791

Note. Student's t-test.

Nous obtenons un $p > 0,05$ indiquant que la différence entre la perception du timbre avec et sans les appareils auditifs n'est pas significative.

Le test de rangs non paramétriques de Wilcoxon sur la perception de la hauteur sans et avec les appareils auditifs montre le résultat suivant :

Paired Samples T-Test

Measure 1		Measure 2	W	df	p
Hauteur SA	-	Hauteur AA	65.000		0.442

Note. Wilcoxon signed-rank test.

Nous obtenons un $p > 0,05$ indiquant que la différence entre la perception de la hauteur avec et sans les appareils auditifs n'est pas significative.

Le test de Student sur la perception de la mélodie montre le résultat suivant :

Paired Samples T-Test

Measure 1	Measure 2	t	df	p
M.lodie SA	- M.lodie AA	-0.835	16	0.416

Note. Student's t-test.

Nous obtenons un $p > 0,05$ indiquant que la différence entre la perception de la mélodie avec et sans les appareils auditifs n'est pas significative.

3. Le questionnaire de satisfaction de la qualité de la musique

3.1 Méthode

Afin de connaître aussi le ressenti du patient quant à son écoute de la musique, nous allons aussi réaliser un test subjectif. Nous nous sommes servis de la version française du questionnaire de satisfaction de la qualité de la musique de Davies Venn [2].

Pour ce test, nous demandons l'avis du patient sur les morceaux qu'on va lui faire écouter. Il devra indiquer sur une échelle de 0 à 10 le niveau sonore. Si le son lui semble entendu à une bonne intensité, il entourera alors le nombre cinq. En revanche, si le son est trop faible, il devra se rapprocher de zéro et si c'est trop fort il se rapprochera de dix.

Nous évaluerons ensuite la finesse/netteté, la richesse, la satisfaction et l'impression générale sur une échelle de 0 à 10, avec 10 pour note optimale.

Nous présentons dans un premier temps un extrait de « la Symphonie du Nouveau Monde » de Dvorak. Nous avons choisi la première minute trente du quatrième mouvement de cette symphonie. Ce mouvement doit être joué « allegro con fuoco » ce qui signifie en français, joyeux comme le feu. Souvent, cet extrait est perçu comme

puissant. Dans cet extrait les instruments présents sont : flûte, hautbois, clarinette en la, basson, cor I. II en Mi, cor III. IV en do, trompette en mi, trombones I. II, Trombone basse, Timbales A.E.H, Violon I. II, Alto, Violoncelle, Contrebasse. L'intervalle maximal entre la note la plus aigüe et la plus grave est de cinq octaves allant de la note si 0 (61,735 Hz) jouée par le basson jusqu'au si 5 (1975,5 Hz) jouée par la flûte traversière. Cependant, la répartition du morceau montre très peu de mélodie jouée par un seul instrument mais plutôt des mélodies jouées en accords par plusieurs instruments, apportant ce coffre, cette puissance avec cette présence constante et permanente de graves [27].

Nous présentons ensuite un extrait de « l'Été » de Vivaldi issu du recueil « les Quatre saisons » de ce même compositeur. Pour cet extrait, nous avons utilisé la première minute trente du troisième mouvement. Ce mouvement doit être joué « presto » mais aucune information n'est donnée de la part du compositeur sur l'intensité à apporter. Dans cet extrait, les instruments présents sont : trois Violons, un Alto, un Violoncelle, une Contrebasse et un Orgue. Cet extrait est entraînant dû à sa rapidité mais reste doux dû à l'importante présence sonore des cordes frottées, la présence de l'orgue apportant de la richesse dans les fréquences graves. L'intervalle maximal entre la note la plus aigüe à la note la plus grave est de trois octaves et demie allant de la note mi 2 (164,81 Hz) jouée par l'orgue jusqu'au la 5 (1760 Hz) jouée par le premier violon. La répartition du morceau montre une présence constante du violon qui est dans un premier temps accompagné du reste des instruments réalisant l'accord attendu par le violon. Durant la seconde moitié de l'extrait, nous observons la présence du violon, réalisant la mélodie, accompagné légèrement par les instruments sur les temps forts [28].

Pour ce test subjectif, nous avons utilisé la même démarche que pour le test de la perception musicale. Nous avons donc fait écouter chaque extrait deux fois, une fois avec les appareils et une autre sans les appareils. Afin que l'ordre d'écoute n'influence pas les résultats, la moitié des sujets ont commencé par entendre les extraits sans les appareils et l'autre moitié avec. Pour toutes les écoutes, l'intensité moyenne diffusée était de 65 dB SPL, car il s'agit, selon la thèse de Kirchberger, d'un niveau sonore confortable [24]. Le sujet a ensuite rempli le questionnaire de satisfaction de la qualité musicale après chaque écoute, puis j'ai procédé de la même façon pour le second extrait.

3.2 Résultats

Intéressons-nous d'abord aux résultats de l'écoute de « La Symphonie du Nouveau Monde » de Dvorak.

Observons les médianes et quartiles de chacun des tests pour analyser la répartition des résultats.

Pour l'intensité, rappelons qu'une note de 5/10 correspond à l'intensité idéale, les notes supérieures reflètent une intensité jugée trop élevée et celles inférieures une intensité insuffisante. On constate que la grande majorité des sujets préfère l'écoute sans appareils auditifs. En effet, sans appareils, 12 patients sur 17 (70%) jugent l'intensité idéale. Ils sont moins de 25% avec appareils (min=5 et Q1=6). Sans appareils, 3 personnes trouvaient l'intensité insuffisante, il n'y en a plus aucun avec les appareils.

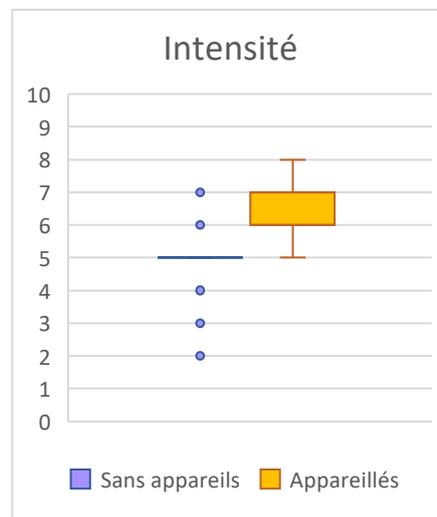


Figure 9 : Comparaison de l'intensité sans les appareils et avec de l'extrait de « La Symphonie du Nouveau Monde ».

Pour la finesse, nous pouvons constater une étendue identique, que les patients soient appareillés ou non. En revanche, les trois quartiles progressent, laissant penser que les sujets trouvent l'extrait musical plus net avec leurs appareils.

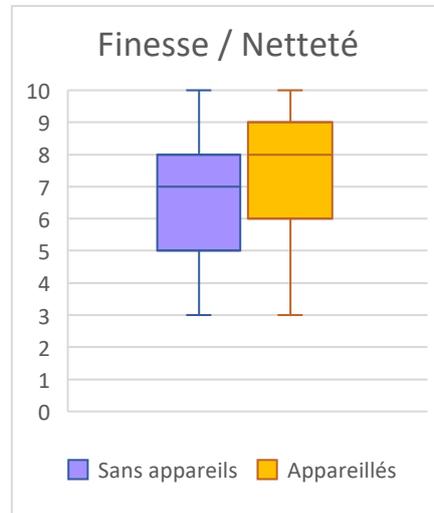


Figure 10 : Comparaison de la finesse et la netteté sans les appareils et avec de l'extrait de « La Symphonie du Nouveau Monde ».

Pour la richesse, nous observons que la série est plus homogène (étendue plus faible) et composée de scores dans l'ensemble meilleurs avec les appareils. Notons toutefois que la médiane est identique, sujets appareillés ou non, à 7/10.

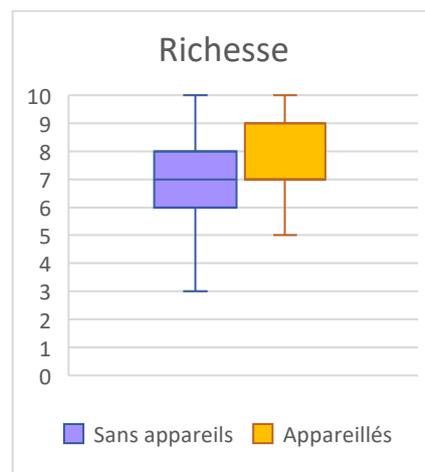


Figure 11 : Comparaison de la richesse sans les appareils et avec de l'extrait de « La Symphonie du Nouveau Monde ».

Pour la satisfaction de l'extrait musical, la médiane, le 3^e quartile et la valeur maximale sont inchangés, avec et sans les appareils auditifs. En revanche, pour les scores les plus faibles, la dispersion est plus forte avec appareils.

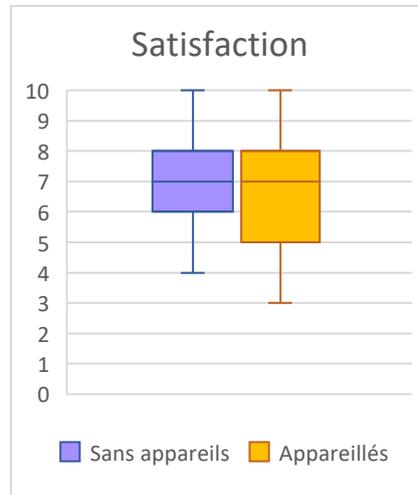


Figure 12 : Comparaison de la satisfaction sans les appareils et avec de l'extrait de « La Symphonie du Nouveau Monde ».

Pour les scores concernant l'impression générale, seule la médiane change, passant de 7 sans appareils à 8 avec. On n'observe donc pas de changement notable entre le port des appareils ou non sur l'impression générale de cet extrait.

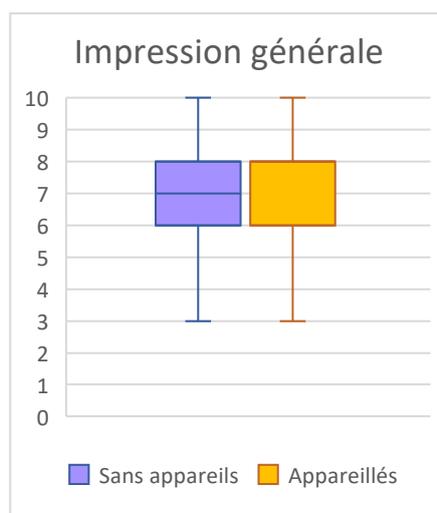


Figure 13 : Comparaison de l'impression générale sans les appareils et avec de l'extrait de « La Symphonie du Nouveau Monde ».

Concentrons-nous maintenant à l'étude des moyennes obtenues pour l'écoute de ce premier extrait musical. Nous avons obtenu les valeurs suivantes :

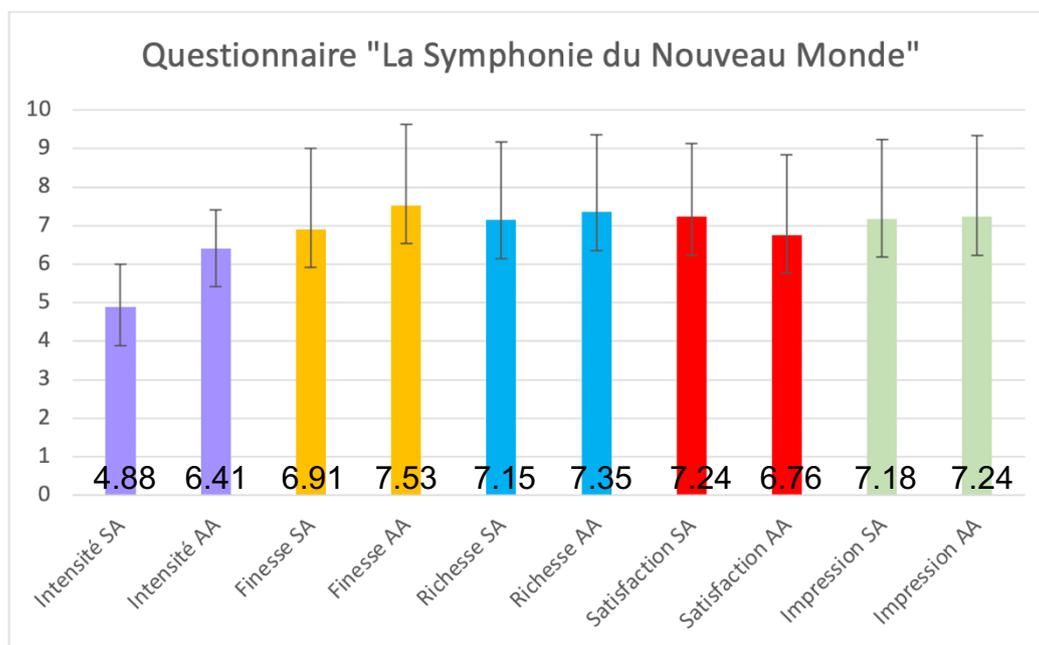


Figure 14 : Histogramme représentant les moyennes et son écart-type pour chaque critère de la musique étudié sans appareils et avec.

Nous observons que l'intensité est ressentie trop forte avec les appareils auditifs tandis qu'oreille nue, les patients trouvent le son à la bonne intensité. Pour la finesse/netteté et la richesse, on observe une légère amélioration avec l'appareillage. Cependant la satisfaction des patients semble baisser quand ils portent leurs appareils. Il est à noter que leur impression générale reste identique qu'ils portent leurs appareils ou non.

Nous allons maintenant étudier si statistiquement les résultats observés sont significatifs.

Ayant testé le même groupe de patients avec et sans appareils auditifs, nous disposons donc de données appariées. Pour ce test subjectif, nous avons utilisé la même démarche que pour le test de la perception musicale. Si la loi normale est

validée, nous utiliserons le test de Student et dans le cas contraire, nous utiliserons le test de rangs non paramétriques de Wilcoxon.

Nous réalisons un test de la loi normale sur l'ensemble des mesures afin de déterminer quel test nous allons réaliser.

Test of Normality (Shapiro–Wilk)

			W	p
Intensit. SA	-	Intensit. AA	0.887	0.041
Finesse SA	-	Finesse AA	0.862	0.017
Richesse SA	-	Richesse AA	0.956	0.551
Satisfaction SA	-	Satisfaction AA	0.915	0.120
Impression SA	-	Impression AA	0.854	0.013

Note. Significant results suggest a deviation from normality.

La richesse et la satisfaction de l'extrait suivant la loi normale, nous réalisons pour ces derniers un test de Student. Pour les tests d'intensité, de finesse et d'impression générale, nous utiliserons un test de rangs non paramétriques de Wilcoxon.

Le test de rangs non paramétriques de Wilcoxon sur l'intensité de l'extrait sans et avec les appareils auditifs montre le résultat suivant :

Paired Samples T–Test

Measure 1	Measure 2	W	df	p
Intensit. SA	- Intensit. AA	0.000		0.002

Note. Wilcoxon signed–rank test.

Nous obtenons un $p < 0,05$ indiquant que la différence entre la perception de l'intensité avec et sans les appareils auditifs est significative.

Le test de rangs non paramétriques de Wilcoxon sur la finesse de l'extrait sans et avec les appareils auditifs montre le résultat suivant :

Paired Samples T-Test

Measure 1	Measure 2	W	df	p
Finesse SA	- Finesse AA	46.500		0.273

Note. Wilcoxon signed-rank test.

Nous obtenons un $p > 0,05$ indiquant que la différence entre la perception de la finesse avec et sans les appareils auditifs n'est pas significative.

Le test de Student sur la richesse de l'extrait sans et avec les appareils auditifs montre le résultat suivant :

Paired Samples T-Test

Measure 1	Measure 2	t	df	p
Richesse SA	- Richesse AA	-0.473	16	0.643

Note. Student's t-test.

Nous obtenons un $p > 0,05$ indiquant que la différence entre la perception de la richesse avec et sans les appareils auditifs n'est pas significative.

Le test de rangs non paramétriques de Wilcoxon sur la satisfaction de l'extrait sans et avec les appareils auditifs montre le résultat suivant :

Paired Samples T-Test

Measure 1	Measure 2	W	df	p
Satisfaction SA	- Satisfaction AA	39.500		0.234

Note. Wilcoxon signed-rank test.

Nous obtenons un $p > 0,05$ indiquant que la différence entre la satisfaction de l'extrait avec et sans les appareils auditifs n'est pas significative.

Le test de Student sur l'impression générale de l'extrait sans et avec les appareils auditifs montre le résultat suivant :

Paired Samples T-Test

Measure 1		Measure 2	t	df	p
Impression SA	-	Impression AA	-0.126	16	0.901

Note. Student's t-test.

Nous obtenons un $p > 0,05$ indiquant que la différence entre l'impression générale de l'extrait avec et sans les appareils auditifs n'est pas significative.

Nous nous intéressons maintenant à l'écoute de « L'Été » de Vivaldi.

Pour l'intensité, nous observons que les séries sont homogènes (faible étendue) avec ou sans appareils. Les sujets trouvent que l'intensité est correcte voire un peu faible sans leurs appareils. Avec appareils, il est à noter un glissement d'un ou deux points vers le haut des paramètres statistiques étudiés avec les appareils auditifs.

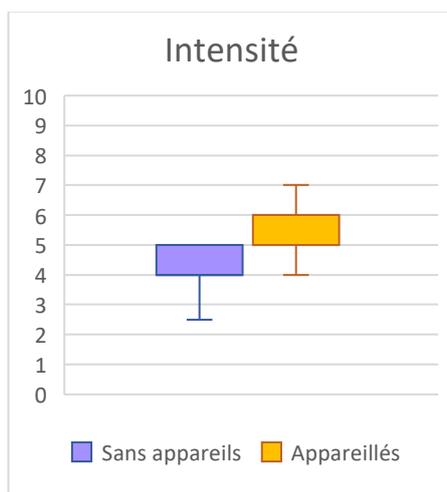


Figure 15 : Comparaison de l'intensité sans les appareils et avec de l'extrait de « L'Été ».

Pour la finesse et la netteté de l'extrait musical, nous observons une perception améliorée de la finesse de l'extrait, l'intervalle interquartile passant de [4 ; 9] à [7 ; 9] avec les appareils.

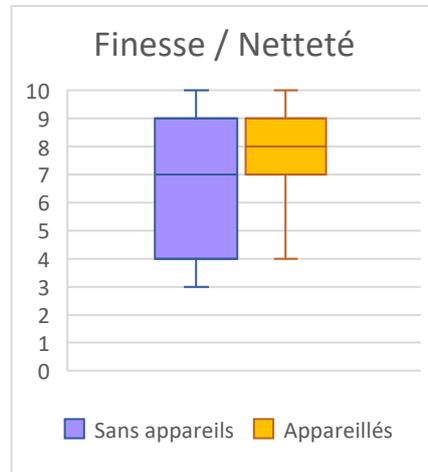


Figure 16 : Comparaison de la finesse et la netteté sans les appareils et avec de l'extrait de « L'Été ».

Pour la richesse, nous observons une augmentation du minimum de 2 points ainsi qu'une translation de l'intervalle interquartile de 1 point vers le haut. Cela nous laisse penser que l'écoute avec les appareils semble plus riche que l'écoute sans les appareils.

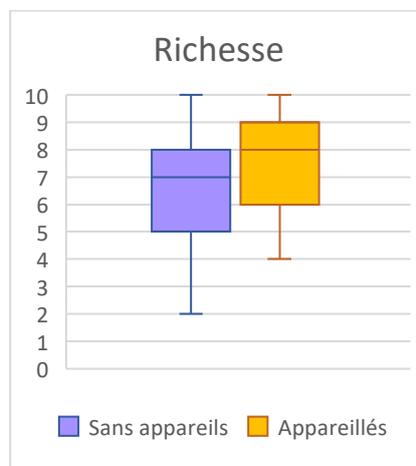


Figure 17 : Comparaison de la richesse sans les appareils et avec de l'extrait de « L'Été ».

La satisfaction des patients semble s'améliorer lorsqu'ils sont appareillés : le minimum, le 1^{er} quartile et la médiane augmentent, le 3^e quartile et la valeur maximale restent inchangés.

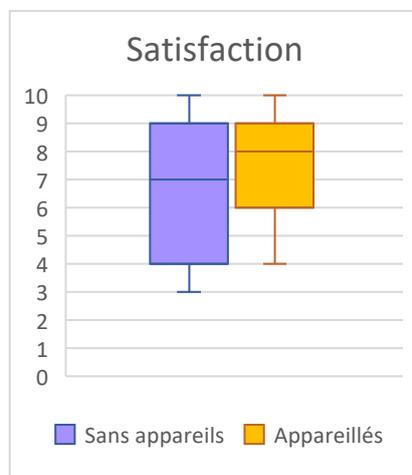


Figure 18 : Comparaison de la satisfaction sans les appareils et avec de l'extrait de « L'Été ».

Nous observons que l'impression générale semble s'améliorer quand les sujets sont appareillés. Nous remarquons par exemple qu'un quart des sujets note l'impression générale de l'extrait avec une note de 10 lorsqu'ils portent leurs aides auditives, soit la meilleure note attribuable. La médiane s'est elle aussi améliorée pour les tests sur les sujets appareillés.

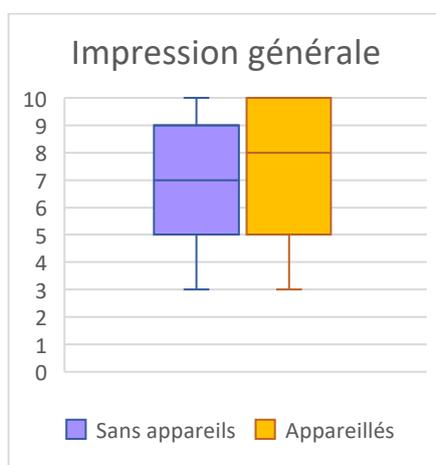


Figure 19 : Comparaison de l'impression générale sans les appareils et avec de l'extrait de « L'Été ».

Les moyennes obtenues pour l'extrait musical de « L'Été » de Vivaldi sont les suivantes :

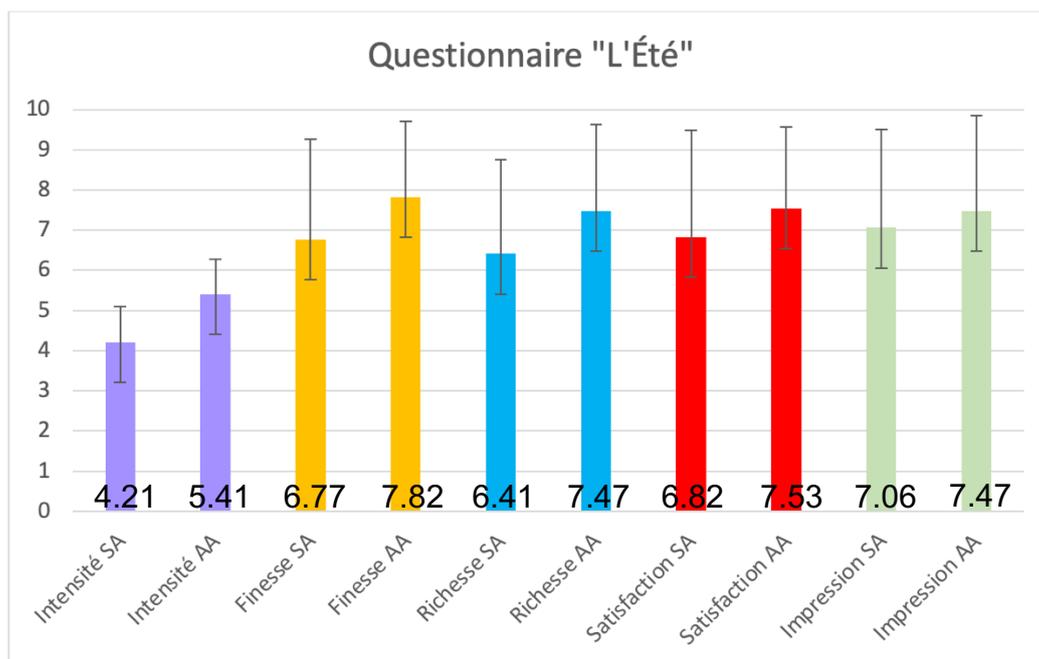


Figure 20 : Histogramme représentant les moyennes et son écart-type pour chaque critère de la musique étudié sans appareils et avec.

L'observation de la moyenne nous laisse à penser que l'écoute avec les appareils est considérée comme meilleure par les sujets. On remarque cependant que les écarts-types sont importants pour la finesse, la richesse, la satisfaction et l'impression générale.

Nous allons maintenant étudier si statistiquement les résultats observés sont significatifs.

Les résultats statistiques pour l'extrait musical de « L'Été » de Vivaldi sont les suivants :

Ayant testé le même groupe de patients avec et sans appareils auditifs, nous disposons donc de données appariées.

Tout d'abord, nous observons la loi normale pour chacun des tests afin de savoir si nous devons utiliser le test de Student ou bien le test de rangs non paramétriques de Wilcoxon.

Test of Normality (Shapiro–Wilk) ▼

			W	p
Intensit. SA	-	Intensit. AA	0.936	0.276
Finesse SA	-	Finesse AA	0.940	0.318
Richesse SA	-	Richesse AA	0.971	0.834
Satisfaction SA	-	Satisfaction AA	0.955	0.537
Impression SA	-	Impression AA	0.965	0.732

Note. Significant results suggest a deviation from normality.

Chacun des domaines étudiés suit la loi normale, nous réalisons donc un test de Student pour l'intensité, la finesse, la richesse, la satisfaction et l'impression générale de l'extrait.

Le test de Student sur l'intensité, la finesse, la richesse, la satisfaction et l'impression générale de l'extrait sans et avec les appareils auditifs montre les résultats suivants :

Paired Samples T-Test

Measure 1		Measure 2	t	df	p
Intensit. SA	-	Intensit. AA	-4.286	16	< .001
Finesse SA	-	Finesse AA	-1.526	16	0.147
Richesse SA	-	Richesse AA	-1.643	16	0.120
Satisfaction SA	-	Satisfaction AA	-1.074	16	0.299
Impression SA	-	Impression AA	-0.641	16	0.530

Note. Student's t-test.

Nous obtenons un $p > 0,05$ pour la finesse, la richesse, la satisfaction et l'impression générale. Cela signifie que pour chacun de ces tests, la différence entre l'écoute sans les appareils et avec n'est pas significative.

Pour l'intensité, nous obtenons un $p < 0,05$, signifiant que la différence entre l'écoute sans les appareils auditifs et avec est significative.

Discussion

1. Ressenti des patients

Le test de la perception musicale nous montre qu'il n'y a pas de différence significative pour chacun des tests entre le port d'appareils auditifs et l'absence de correction auditive.

Nous avons vu précédemment que les domaines étudiés, le rythme, le timbre, la hauteur et la mélodie, ont une donnée subjective. L'individu se crée des images mentales quand il entend de la musique. Nous pouvons penser que les images mentales créées par le sujet ne changent pas drastiquement entre le port d'appareil et son audition naturelle.

L'étude statistique n'a pas mis en évidence de différence entre le port des appareils auditifs et son absence pour chacun des tests réalisés, ce qui laisse penser que le patient perçoit plus ou moins de la même façon les différents domaines de la musique sans et avec ses appareils auditifs.

Néanmoins, il est à noter que les moyennes des groupes montrent que, bien qu'il ne semble pas y avoir de différence entre le port d'aides auditives et son absence, il existe des lacunes dans les deux groupes. Que ce soit avec ou sans les appareils, les sujets réalisent souvent des erreurs sur l'ensemble des tests du MPT. Cela est peut-être dû au fait que les images mentales sont dégradées sans les appareils et que l'image mentale étant basée sur leur audition naturelle, les erreurs se répètent quand ils portent leurs appareils. Nous ne pouvons donc pas observer un domaine qui serait dégradé par le port des appareils auditifs. Nous pouvons faire l'hypothèse qu'un

appareillage plus précoce permettrait de conserver l'image mentale sonore qu'avait le patient avant sa perte auditive et ainsi nous pourrions peut-être obtenir aussi de bons résultats avec appareillage.

Concernant les questionnaires d'écoute, ils portaient sur l'avis subjectif des sujets à l'écoute de deux extraits musicaux. Les résultats tendent vers une même conclusion : l'intensité des morceaux est majoritairement perçue trop forte avec les appareils et normale sans les appareils. Ceci peut être dû aux temps d'attaque et temps de retour, adaptés à la parole, qui diffèrent de ceux de la musique. En musique, le facteur crête est de 18 dB en moyenne tandis que pour la parole ce facteur est de 12 dB [15]. Cette différence de facteur crête est moins bien adapté à l'écoute de la musique, pouvant entraîner une activation précoce des temps d'attaque et de retour, induisant une perception inconfortable de l'intensité. Les tests ayant été réalisés dans un ordre aléatoire, certains ont commencé les tests sans les appareils et d'autres avec, on élimine ainsi le risque d'une réponse biaisée dû à la référence mentale de la première écoute comme confortable. Cependant, pour tous les autres critères, que ce soit la finesse/netteté, la richesse du son, la satisfaction et l'impression générale, les différences entre le port d'appareils et la perception oreille nue ne sont pas significatives. Les résultats obtenus montrent que les extraits manquent de précision selon les sujets. Les sujets sont conscients de ne pas percevoir une partie des nuances et des détails de l'œuvre musicale. Cela peut être dû à la bande passante qui ne nous permet pas d'amplifier les fréquences au-delà du 8kHz. La richesse d'un son se jouant aussi sur le côté dynamique, cette sensation de ne pas percevoir l'entièreté du signal peut aussi provenir du temps d'attaque et du temps de retour, non adaptés à l'écoute de la musique, dégradant ainsi le signal musical.

Je constate que la perception du rythme, du timbre, de la hauteur et de la mélodie ne diffère pas avec les appareils auditifs. Ce qui change principalement, c'est la perception de l'intensité par le patient souvent jugée trop forte. Cette intensité trop forte lui rend l'écoute de la musique inconfortable.

Le fait que les critères de rythme, timbre, hauteur et mélodie semblent peu affectés par le patient peut peut-être s'expliquer par une compensation rapide par le cerveau et que la sensation d'intensité sonore prédomine dans le confort ou l'inconfort d'écoute.

Nous avons choisi de réaliser ce questionnaire sur deux extraits musicaux d'œuvres différentes afin d'observer si, selon le morceau, les sujets répondent différemment. Dans le premier extrait, « La Symphonie du Nouveau Monde », nous avons un morceau qui jouait avec les parties très puissantes, puis des blancs, rendant l'écoute surprenante. Le patient ne peut pas s'habituer à l'intensité, ni utiliser le réflexe stapédien, puisque les parties intenses du morceau (environ 85 dB SPL) sont de courte durée essentiellement liées au temps d'attaque des trombones sur les temps forts. En outre, la mélodie jouée par le violon semble confortable à écouter par le patient, mais la présence des autres instruments, réalisant des accords à une intensité proche de celle du violon, semble déranger le confort d'écoute. Jouant des notes graves, puissantes, et étant plusieurs à jouer les mêmes notes, le niveau d'intensité est alors ressenti comme trop important.

Cette puissance semble être la raison pour laquelle l'intensité perçue semble être trop forte avec les appareils auditifs. Les autres critères étaient identiques avec ou sans les appareils car il semble que la présence importante de basses fréquences, qui sont

celles encore bien perçues par le patient, ne provoque pas de sensation de différence notable entre les deux écoutes.

Dans le second extrait, « L'Été », nous avons affaire à un morceau plus aigu où la mélodie prime. Cette mélodie est jouée par un violon accompagné d'instruments à cordes. L'omniprésence de ces instruments à cordes jouant à une intensité constante permet à l'oreille de s'habituer à l'intensité. Malgré cette habitude possible, les sujets trouvent l'intensité trop forte. Pour comprendre cette réponse, nous pouvons nous pencher sur les autres résultats obtenus qui ne sont pas significatifs mais à noter tout de même. Nous pouvons constater que les sujets trouvent qu'ils perçoivent plus de détails avec leurs appareils. Cela peut être justifié par la présence importante d'aigus, qui sont les fréquences perdues par le patient, ce qui l'empêche de percevoir les détails de l'œuvre sans les appareils. L'œuvre paraît aussi plus riche selon les sujets. De nouveau, cette amélioration n'est pas significative mais pourrait expliquer l'intensité perçue trop forte, car l'apport des hautes fréquences permet d'obtenir un son plus riche avec la présence d'harmoniques non perçues sans les appareils. Cependant, cela entraîne aussi une augmentation du gain de l'intensité, pouvant donner la sensation de percevoir la musique plus forte. Comme observé dans l'étude de Madsen et Moore « Music and Hearing Aids », nous observons une sensation d'intensité trop forte de la part des sujets quand les sons sont initialement forts [25].

On peut noter la stabilité de satisfaction des patients concernant l'écoute des deux extraits : il n'existe pas de différence notable entre l'écoute avec les appareils et sans. Cela nous permet de voir que l'appareillage n'influence pas beaucoup la satisfaction qu'ils peuvent avoir en écoutant de la musique. Cependant, il reste à souligner que les

patients semblent un peu moins satisfaits de leur écoute de la musique sans leurs appareils car ce n'est plus la musique qu'ils ont connue avec ses subtilités. L'objectif de l'appareillage étant initialement d'améliorer la perception du patient et non en premier lieu son confort d'écoute, nous considèrerons dans notre étude que la perception est inchangée.

2. Limites de cette étude

N'ayant pas utilisé les mêmes marques d'appareils, les traitements de signaux ne sont pas identiques. C'est le cas surtout pour le traitement de la musique, qui diffère particulièrement d'un fabricant sur l'autre. Pour diminuer ce biais du traitement de signal selon le fabricant, nous avons réalisé tous les tests avec le programme initial du fabricant. Il reste tout de même un biais quant au traitement du signal appliqué pour chaque marque. Il est à noter que la marque Phonak, par exemple, intègre automatiquement un programme musique à son mode automatique [29]. Cette intégration ne nous permet donc pas d'avoir des résultats totalement comparables car il persiste une différence notable de traitement du son entre un programme adapté à la parole et celui adapté à l'écoute de la musique.

L'utilisation d'un programme non destiné à la perception de la musique ne nous permet pas de connaître les compétences de la perception de la musique dans des conditions optimisées. Il reste à noter que les patients peuvent entendre de la musique dans plusieurs situations différentes ; par exemple, à la radio, ils ne vont pas nécessairement appliquer à leurs appareils un programme spécifique à la musique. Il faut donc que le programme que le patient utilise la majorité du temps pour son

audition lui permette d'apprécier n'importe quelle source sonore, musique ou parole. Nous avons pris la décision de ne pas activer le programme musique sur les appareils des patients afin de ne pas créer de différence plus marquée entre les différents patients, bien que leurs aides auditives ne soient pas de même marque, créant ainsi une différence déjà importante pour l'exploitation des résultats. En outre, cette volonté de ne pas activer un tel programme a été justifiée par le fait qu'une majorité des patients ne se voyaient pas proposer ce programme, ceci ne permettant pas de réaliser les tests en fonction de ce paramètre. Notons par ailleurs que, selon l'étude de Looi, Rutledge et Prvan (2019) [30], seulement 23% des sujets ont un programme musique et que parmi eux 69% trouvent que le programme du quotidien fournit une meilleure qualité pour la musique.

Nous n'avons pas pu intervenir sur les réglages des patients. Cela est dû à la durée importante des tests, et au fait que nous avons dû intervenir dans plusieurs centres. Nous avons donc demandé confirmation aux patients avant la réalisation des tests s'ils étaient à l'aise avec leurs appareils auditifs afin d'éviter que les différences entre les tests sans appareils et avec ne soient liées à l'insatisfaction par rapport à l'appareillage. Modifier les réglages ou certains paramètres aurait pu nous permettre de mettre en évidence un paramètre clé pouvant améliorer l'appréciation de la musique avec les appareils auditifs mais il est difficile dans le cadre d'un stage de proposer aux patients des changements intervenants aussi sur leur quotidien. Ces modifications de réglages pourraient se concevoir peut-être sur du long terme, auprès de patients avec lesquels une confiance stable et continue s'est installée.

Enfin, il nous semble important de noter que la constitution de la cohorte n'a pas permis de tester le niveau de perception de la musique en fonction de la surdité (sévère, moyenne et légère).

Conclusion générale

La perception de la musique étant un sujet discuté et très présent ces dernières années dans le domaine de l'audioprothèse, nous avons choisi dans cette étude d'observer les effets de l'appareillage sur la perception de la musique. La musique étant un art, elle fait appel à notre imagination. Il est donc difficile de quantifier sa perception. Cependant, chacun des domaines qui la composent peut être quantifié. C'est le cas du rythme, du timbre, de la hauteur et de la mélodie, que nous avons étudiés grâce au Music Perception Test [1]. La qualité musicale est elle aussi quantifiable, cependant les réponses feront aussi appel au ressenti du patient, qui peut être influencé par différents facteurs, comme l'humeur, le moral, le bien-être, les soucis...

Les résultats observés dans cette étude nous montrent qu'il n'y a pas de différence significative entre les réponses sans appareils auditifs et avec appareils auditifs, excepté pour l'intensité du son. Les sujets semblaient trouver que le son était trop fort avec leurs appareils auditifs tandis qu'il leur semblait confortable sans les appareils auditifs, voire légèrement faible. Cette insatisfaction du niveau sonore peut être due à l'habitude du patient de percevoir tous les sons étouffés en raison de sa perte d'audition, mais aussi parce qu'il perçoit un spectre musical plus important, ce qui n'est pas habituel pour lui au quotidien.

La perception et le ressenti de la musique ne sont pas améliorés par le port d'appareils auditifs, ce qui peut s'expliquer par le rôle de l'appareil auditif qui permet d'augmenter l'intensité perçue ; pour le ressenti, c'est le cerveau qui interprète le signal. Bien que les audioprothésistes préconisent de porter quotidiennement les aides auditives sur une durée de 8 heures [31], il apparaît que les patients ayant une perte auditive progressive ne respectent pas toujours cette préconisation. Ainsi, le cerveau étant

habitué et entraîné à entendre la musique sans appareils auditifs, il ne va plus chercher à interpréter les nouveaux détails apportés par l'appareillage.

Tout comme il y a une rééducation nécessaire pour retrouver une bonne perception de la parole, il serait intéressant de chercher à savoir si une rééducation auditive de la perception de la musique permettrait de mieux la percevoir.

Bibliographie

- [1] UYS, Marinda. *Development of a Music Perception Test*. SAJCD, octobre 2011, vol. 58. P. 19-47.
- [2] DAVIS-VENN, Evelyn. *Speech and Music Quality Ratings for Linear and Nonlinear Hearing Aid Circuitry*. Journal of the American Academy of Audiology, octobre 2007, vol. 18, n°8. P. 690-701.
- [3] TROMPETTE, N., VENET, T. *Exposition sonore et risque auditif pour les professionnels de la musique et du son : revue bibliographique*. Notes scientifiques et techniques NS 370, 58p. Rapport de recherche : Notes scientifiques et techniques, Institut National de Recherche et de Sécurité (INRS), janvier 2020.
- [4] STORMER, C.C.L, LAUKLI, E., HOYDAL, E.H., STENKLEY, N.C. *Hearing loss and tinnitus in rock musicians: A Norwegian survey*. Noise Health, 2015, volume 17.
- [5] BISPHAM John. *Rhythm in Music: What it is? Who has it? And why?* Music Perception, 2006, vol 24, issue 2. P. 125-134.
- [6] MAROZEAU Jeremy, DE CHEVEIGNÉ Alain (dir.). *L'effet de la fréquence fondamentale sur le timbre*. 171p. Thèse de doctorat, science mécanique, acoustique et électronique. Paris : Université de Pierre et Marie CURIE, PARIS VI, 2004.
- [7] STAINSBY, T., CROSS, I. *The Perception of Pitch*. In The Oxford handbook of music psychology. Oxford: Oxford University Press, 2009. P. 63.
- [8] DANHAUSER, A. *Théorie de la Musique*. Éditions Henry Lemoine par Henri RAUBAUD, 1929.
- [9] MONNERAY, G., LANG, P. *HUSSERL Edmund – Leçon pour une phénoménologie de la conscience intime du temps - Introduction à l'étude phénoménologique de la musique : Le son vécu dans et par la conscience*. Séminaire de phénoménologie. Université de Nantes, 2014-2015. P. 3-4.

[10] MOSNIER, I., BOUCCARA, D. *La presbyacousie*. La lettre d'ORL et de chirurgie cervico-faciale, octobre, novembre, décembre 2010, n°323. P. 21-25.

[11] LURQUIN, P et al. *L'hyperacousie : un symptôme banal du patient désafférenté*. Les Cahiers de l'Audition, juillet, août 2003, vol. 16, n°4. P. 22 – 31.

[12] NIEMEYER, W. *Relations between the Discomfort Level and the Reflex Threshold of the Middle Ear Muscles*. Audiology, 1971, vol. 10, issue 3. P. 172-176.

[13] COLIN David. *Diplacousie et surdité asymétrique*. ORL autrement, février 2012. P. 1-4.

[14] BURNS Edward M. *Pure-tone pitch anomalies. I. Pitch-intensity effects and diplacusis in normal ears*. The Journal of the Acoustical Society of America, 1982, Vol. 72, Issue 5.

[15] HUGON Bernard. *Adaptation de la méthodologie pour l'écoute de la musique*. Les Cahiers de l'Audition, janvier/février 2015, vol. 28, n°1. P. 50-52.

[16] RENARD Christian et MENARD Mikael. *Les évolutions techniques des aides auditives*. Acoustique et techniques, 2009, n°56, P 28.

[17] COLIN David. *Influence de la compression fréquentielle sur les confusions phonétiques : cas particulier des fricatives non voisées : [ʃ] et [s]*. Les Cahiers de l'Audition, juillet/août 2013, vol. 26, n°4. P.7-14.

[18] Anne-Charlotte. SIFI Thierry. *Étude comparative entre la compression fréquentielle et la transposition fréquentielle chez des patients déjà appareillés*. Mémoire d'audioprothèse, 2015, Université de Rennes, école de Fougères, P. 16-19

[19] SIGNIA. *Zoom Compression Fréquentielle* [en ligne]. [S.I.] signia-pro, février 2023. Disponible sur :

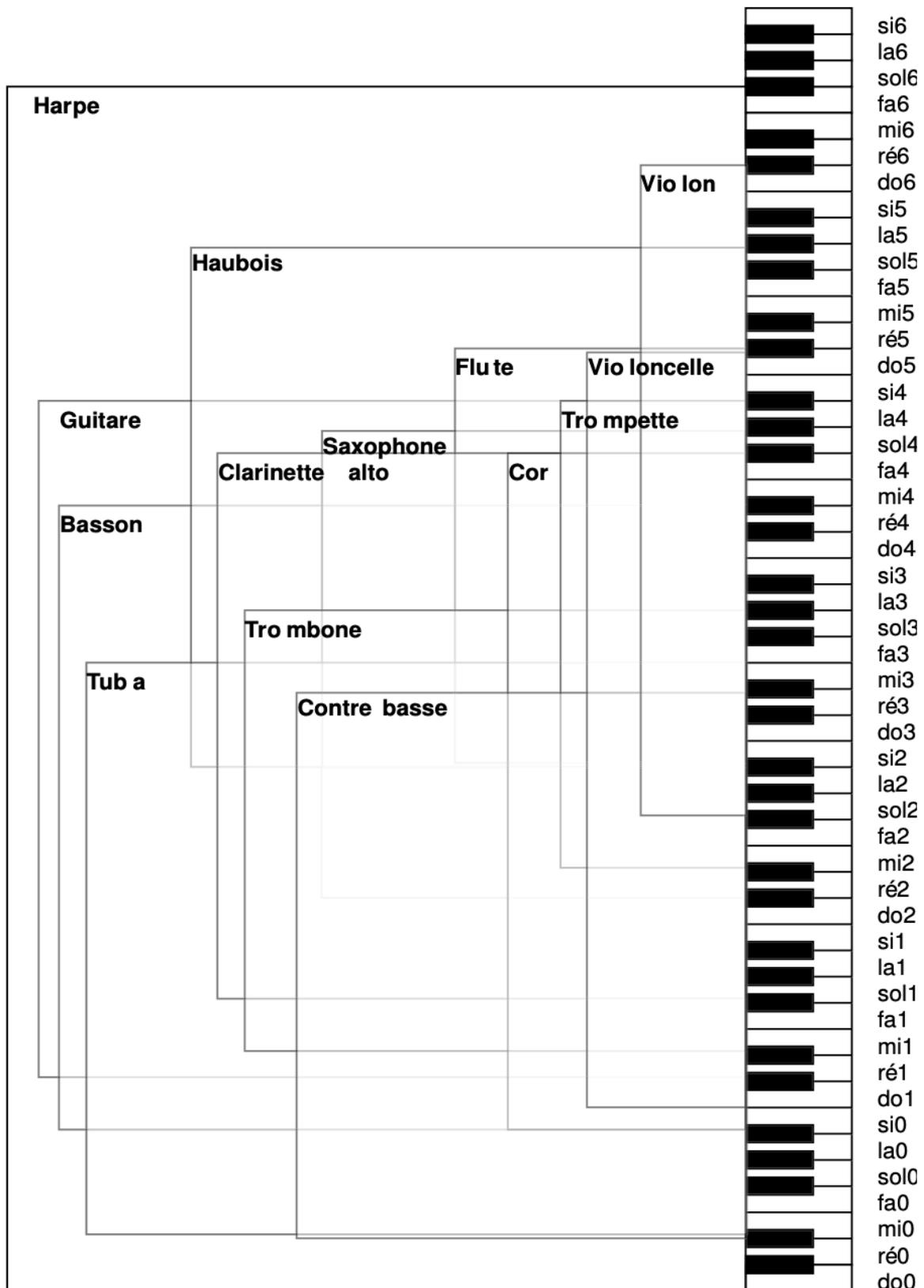
<https://www.signia-pro.com/fr-fr/local/fr-fr/zoom/2023-02-compression-frequentielle/>

(consulté le 26.02.2023)

- [20] DE PRINS, J., LECHIEN, J. P. *Remarque sur la pratique de l'échantillonnage et de l'analyse spectrale*. Bulletins de l'Académie Royale de Belgique, 1976, tome 62. P. 627-645
- [21] DILLON, Harvey. *Hearing aids*. Journal Publication, 2008, p2-3.
- [22] CHOI, J.E. et al. *Relationship between spectrotemporal modulation detection and music perception in normal-hearing, hearing-impaired, and cochlear implant listeners* - Scientific reports, 2018. 11p.
- [24] KIRCHBERGER, Martin J., RUSSO, Franck A. *Development of the Adaptive Music Perception Test*. Ear and Hearing, Mars/Avril 2015, Vol. 36, Issue 2. P. 217-228
- [24] GREASLEY Alinka, CROOK Harriet et FULFORD Robert. *Music listening and hearing aids: perspectives from audiologists and their patients*. International Journal of Audiology, juillet 2020, n°9.
- [25] MADSEN Sara M.K. MOORE Brian C. J. *Music and Hearing Aids*. 2014.
- [26] UYS, Marinda. *The Influence of Non-linear Frequency Compression on Music Perception for Adult with a Moderate to Severe Hearing Loss*. 301p. Faculty of Humanities. Pretoria: University of Pretoria, septembre 2011.
- [27] DVORAK, Antonin. *La Symphonie n°9 en mi mineur « Du Nouveau Monde » (quatrième mouvement)*. 1893.
- [28] VIVALDI, Antonio. *L'Été (troisième mouvement)*. Les quatre saisons, 1725.
- [29] PHONAK. *Fast Facts AutoSense OS* [en ligne]. [S.l.] [https://www.phonak.com/content/dam/phonak/fr/evidence-library/technical-paper/Fast Facts AutoSense OS 210x280 FR V1.00 028-1409-04.pdf](https://www.phonak.com/content/dam/phonak/fr/evidence-library/technical-paper/Fast_Facts_AutoSense_OS_210x280_FR_V1.00_028-1409-04.pdf) (consulté le 12.04.2023).
- [30] LOOI V. RUTLEDGE K. PRVAN T. *Music appreciation of adult hearing aid users and the impact of different levels of hearing loss*. Ear and Hearing, 2009.

[31] COEZ Arnaud. *Facteurs pronostiques et éléments de prise en charge nécessaires à la réussite de l'appareillage : analyse de la littérature*. Les Cahier de l'Audition, novembre/décembre 2015, vol. 25, n°6, P. 7-10.

Annexes



Annexe 1 : figure illustrant les tessitures des instruments de l'orchestre occidental

SECTION A – LE RYTHME

TEST 1 – DISCRIMINATION DU RYTHME

Dans ce test nous allons vous présenter cinq paires de courts motifs rythmiques. Après l'écoute de chaque paire, vous devrez indiquer si le motif rythmique vous semble identique ou différent. Indiquez en sélectionnant soit « OUI » si les motifs sont identiques, soit « NON » s'ils ne le sont pas.

1. OUI 2. OUI 3. OUI 4. OUI 5. OUI
NON NON NON NON NON

TOTAL :

TEST 2 – RECONNAISSANCE DU RYTHME

Dans ce test nous allons vous présenter cinq mélodies avec une structure rythmique comme une VALSE ou comme une MARCHE. Après avoir écouté vous devez indiquer laquelle des deux structures rythmiques vous venez d'entendre. Indiquez votre réponse en sélectionnant « MARCHE » ou « VALSE ».

1. MARCHE 2. MARCHE 3. MARCHE 4. MARCHE 5. MARCHE
VALSE VALSE VALSE VALSE VALSE

TOTAL :

Annexe 2 : Music Perception Test traduit en français Section A – Le rythme

SECTION B – LE TIMBRE

TEST 3 – IDENTIFICATION DU TIMBRE (1 seul instrument)

Avant de commencer ce test, nous vous invitons à regarder la section qui va suivre. Vous remarquerez ci-dessous la représentation graphique de huit instruments de musique. Nous vous invitons à nous indiquer parmi les huit instruments pour lesquels vous connaissez le son qu'il produit.

<p>Violoncelle</p>  <p>OUI, je connais <input type="checkbox"/> le son de cet instrument</p>	<p>Clarinette</p>  <p>OUI, je connais <input type="checkbox"/> le son de cet instrument</p>	<p>Piano</p>  <p>OUI, je connais <input type="checkbox"/> le son de cet instrument</p>	<p>Piccolo flûte</p>  <p>OUI, je connais <input type="checkbox"/> le son de cet instrument</p>
<p>Saxophone</p>  <p>OUI, je connais <input type="checkbox"/> le son de cet instrument</p>	<p>Trombone</p>  <p>OUI, je connais <input type="checkbox"/> le son de cet instrument</p>	<p>Trompette</p>  <p>OUI, je connais <input type="checkbox"/> le son de cet instrument</p>	<p>Violon</p>  <p>OUI, je connais <input type="checkbox"/> le son de cet instrument</p>

Dans ce test, nous allons vous présenter huit phrases musicales, jouées par un de ces huit instruments ci-dessus. Indiquez quel instrument joue chaque phrase musicale en écrivant le nom de l'instrument dans l'espace prévu à cet effet.

1.	5.
2.	6.
3.	7.
4.	8.

TOTAL :

TEST 4 – IDENTIFICATION DU NOMBRE D'INSTRUMENTS

Dans ce test, nous allons vous faire écouter cinq instruments différents. Un violoncelle, une flûte traversière, un piano, un xylophone et une trompette. Indiquez le nombre d'instruments différents que vous entendez dans l'espace prévu à cet effet.

1.	2.	3.	4.
----	----	----	----

TOTAL :

Annexe 3 : Music Perception Test traduit en français Section B – Le timbre

SECTION C – LA HAUTEUR

TEST 5 – IDENTIFICATION DE LA HAUTEUR

Dans ce test, nous allons vous faire écouter cinq paires de notes. Après avoir écouté chaque paire, vous devrez nous indiquer si la seconde note est plus haute ou plus basse que la première. Indiquez en sélectionnant « HAUT » ou « BAS ».

1. HAUT 2. HAUT 3. HAUT 4. HAUT 5. HAUT
BAS BAS BAS BAS BAS

TOTAL :

TEST 6 – DISCRIMINATION DE LA HAUTEUR

Dans ce test, nous allons vous présenter cinq paires de mélodies. Après l'écoute de chaque paire, indiquez si les mélodies étaient identiques, ou différentes. Indiquez en sélectionnant, « OUI » si elles sont identiques, ou « NON » si elles sont différentes.

1. OUI 2. OUI 3. OUI 4. OUI 5. OUI
NON NON NON NON NON

TOTAL :

Annexe 4 : Music Perception Test traduit en français Section C – La hauteur

SECTION D – LA MÉLODIE

TEST 7 – IDENTIFICATION DE LA MÉLODIE

Nous vous inviterons à regarder la liste ci-dessous. Vous pouvez observer une liste de cinq musiques classées par ordre alphabétique. Veuillez nous indiquer quelles sont les musiques que vous connaissez en cochant la case juste devant son nom si vous la connaissez. Laissez la case blanche si vous ne connaissez pas la musique.

- | | | | | | |
|---|--------------------------|---------------------|---|--------------------------|-------------------------------|
| 1 | <input type="checkbox"/> | Jingle Bells | 4 | <input type="checkbox"/> | We wish you a Merry Christmas |
| 2 | <input type="checkbox"/> | Joyeux Anniversaire | 5 | <input type="checkbox"/> | Wedding March |
| 3 | <input type="checkbox"/> | La Marseillaise | | | |

Dans ce test, nous allons vous présenter les mélodies ci-dessus. Indiquez le nom de la musique que vous entendez en notant le numéro correspondant à cette dernière. Les musiques peuvent être jouées plusieurs fois et leur structure rythmique peut être modifiées.

- | | |
|---------------------|----------------------|
| 1. Mélodie numéro : | 6. Mélodie numéro : |
| 2. Mélodie numéro : | 7. Mélodie numéro : |
| 3. Mélodie numéro : | 8. Mélodie numéro : |
| 4. Mélodie numéro : | 9. Mélodie numéro : |
| 5. Mélodie numéro : | 10. Mélodie numéro : |

TOTAL :

TEST 8 – MUSIQUE DANS LE BRUIT : IDENTIFICATION DE LA MUSIQUE

Nous vous inviterons à regarder la liste des dix musiques classées par ordre alphabétique ci-dessous. Veuillez cocher les cases des musiques ou film qui vous sont familiers. Si ce n'est pas le cas, veuillez laisser la case blanche.

- | | | | | | |
|---|--------------------------|--|----|--------------------------|---|
| 1 | <input type="checkbox"/> | Ce Rêve Bleu (<i>Aladdin</i>) | 6 | <input type="checkbox"/> | Les Chariots de Feu (<i>Les Chariots de Feu</i>) |
| 2 | <input type="checkbox"/> | He is a pirate (<i>Pirates des Caraïbes</i>) | 7 | <input type="checkbox"/> | My Heart Will Go On (<i>Titanic</i>) |
| 3 | <input type="checkbox"/> | I've Had Time of my Life (<i>Dirty Dancing</i>) | 8 | <input type="checkbox"/> | Singing in the Rain (<i>Chantons sous la pluie</i>) |
| 4 | <input type="checkbox"/> | La Belle et la Bête (<i>La Belle et la Bête</i>) | 9 | <input type="checkbox"/> | Thème de la Panthère Rose |
| 5 | <input type="checkbox"/> | La marche des Valkyries (<i>Apocalypse Now</i>) | 10 | <input type="checkbox"/> | Thème de Star Wars |

Dans ce test nous allons vous présenter un extrait des musiques ci-dessus parmi un bruit de fond correspondant à un trafic routier. Indiquez le nom de la musique que vous entendrez en notant le numéro correspond.

- | | |
|---------------------|---------------------|
| 1. Mélodie numéro : | 4. Mélodie numéro : |
| 2. Mélodie numéro : | 5. Mélodie numéro : |
| 3. Mélodie numéro : | |

TOTAL :

Annexe 5 : Music Perception Test traduit en français Section D – La mélodie

Evaluation de la qualité musicale

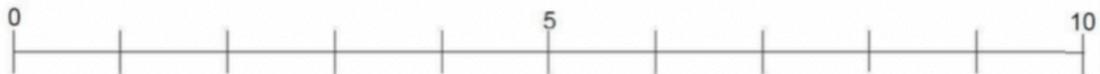
Après avoir écouté l'extrait musical, veuillez cocher la note que vous souhaitez attribuer aux critères ci-dessous.

INTENSITE/VOLUME

Comment décririez-vous le son entendu: fort, persistant ou assourdissant?

Ou au contraire est-il plutôt doux, fluet ou timide?

Pour ce test, la note optimale est de 5.

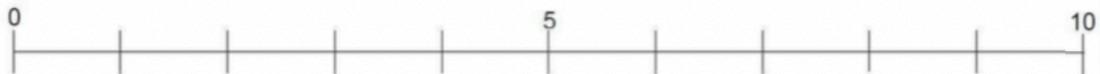


Pour les tests suivants, la note optimale est de 10.

FINESSE/NETTETE

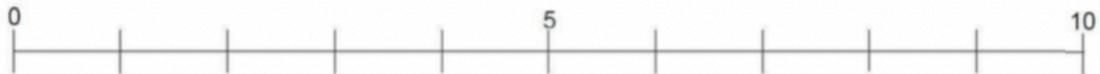
Comment décririez-vous le son entendu: dur, perçant, strident, criard?

Ou est-il au contraire doux, apaisant?



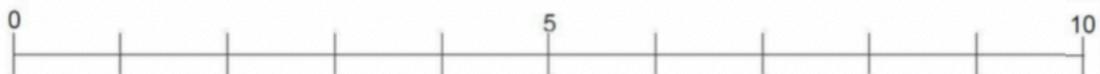
RICHESSSE

Comment décririez-vous la richesse du son? Ou sa pauvreté ?



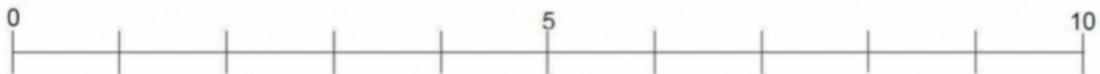
SATISFACTION

Quel est votre degré de satisfaction/insatisfaction quand à la qualité musicale?



IMPRESSION GENERALE

En considérant l'ensemble de ce que vous avez entendu, que pensez-vous du son?



Annexe 6 : Questionnaire de Davis Venn sur l'évaluation de la qualité musicale