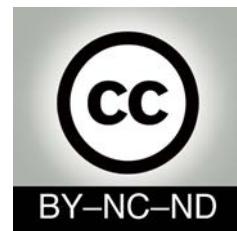




<http://portaildoc.univ-lyon1.fr>

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



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



INSTITUT DES SCIENCES ET TECHNIQUES DE LA RÉADAPTATION

Directeur Docteur Xavier PERROT

CORRÉLATION ENTRE LE STÉRÉO-ÉQUILIBRE ET
LES QUESTIONNAIRES SSQ ET SHA.

MÉMOIRE présenté pour l'obtention du

DIPLÔME D'ÉTAT D'AUDIOPROTHÉSISTE

par

KELOGHLANIAN Adrien

Autorisation de reproduction

LYON, le

16 Octobre 2020

Stéphane GALLEG

Responsable de l'Enseignement

N° 864

REMERCIEMENTS

Je tiens à débuter ce mémoire en remerciant Monsieur Stéphane GALLEGÓ et Monsieur Christophe MICHEYL, pour leur investissement et leur accompagnement dans la réalisation de ce mémoire.

Je tiens aussi à remercier Madame Marie PASKO, ma maître de stage, qui m'a permis de réaliser mon mémoire à ses côtés. Je la remercie également pour la qualité de ce stage, ses conseils, ainsi que ses valeurs humaines et professionnelles.

Je remercie également tous les membres de l'équipe Audition Conseil pour la gentillesse et l'accueil dont ils ont fait preuve.

Un grand merci à Monsieur Thomas TRUY, Monsieur François LAURENT et Madame Sylvie LERMIGEAUX, Audioprothésiste D.E, mes maîtres de stage de deuxième et première année, pour tout ce qu'ils m'ont appris.

Merci à Monsieur Éric RAUBER et au service ORL de l'Hôpital de la Croix-Rousse pour leur enseignement et leur accueil lors de mon stage de première année.

Je tiens évidemment à remercier l'ensemble des patients ayant participé à l'étude, sans qui ce mémoire n'aurait pas pu aboutir.

Pour finir, je remercie ma famille, mes parents, mon frère, ma sœur et mes amis, qui m'ont toujours soutenu et encouragé dans mes projets, et sans qui je ne serais pas arrivé jusqu'ici.

TABLE DES MATIÈRES

REMERCIEMENTS

ACRONYMES

INTRODUCTION

PARTIE THÉORIQUE

1. L'audition binaurale

1.1. Définition de l'audition binaurale

1.2. Les avantages de l'audition binaurale

- 1.2.1. Amélioration de la perception de l'intensité (appelé également sonie)
- 1.2.2. Amélioration de la qualité de perception
- 1.2.3. Une localisation correcte des sources sonores de l'environnement

1.3. Physiologie de l'audition binaurale

- 1.3.1. Le système auditif périphérique
- 1.3.2. Le système auditif centrale
 - 1.3.2.1. Le noyau cochléaire
 - 1.3.2.2. Le complexe olivaire supérieur
 - 1.3.2.3. Les noyaux du lemnisque latéral
 - 1.3.2.4. Le colliculus inférieur
 - 1.3.2.5. Le corps genouillé médian
 - 1.3.2.6. Le cortex auditif primaire

1.4. La localisation auditive

- 1.4.1. La localisation auditive dans le plan horizontal
 - 1.4.1.1. Différence Interaurale d'Intensité
 - 1.4.1.2. Différence Interaurale de Temps
 - 1.4.1.3. Différence Interaurale de Phase
- 1.4.2. La localisation auditive dans le plan vertical
 - 1.4.2.1. Les indices spectraux
- 1.4.3. La perception de la distance
 - 1.4.3.1. Influence du niveau sonore
 - 1.4.3.2. Influence de la composition spectrale du signal sonore
 - 1.4.3.3. Influence de la réverbération

1.5. Les mécanismes binauraux

- 1.5.1. La sommation binaurale
- 1.5.2. L'effet d'ombre de la tête
- 1.5.3. L'effet « Squelch »

1.6. Démasquage binaural de la parole dans le bruit

2. L'audition binaurale chez le malentendant

2.1. Dégradation de la localisation spatiale

- 2.1.1. Baisse de la discrimination des ILD
- 2.1.2. Baisse de la discrimination des ITD
- 2.1.3. Baisse de l'analyse des indices spectraux

2.2. Dégradation de la compréhension de la parole dans le bruit

3. Questionnaire de satisfaction

- 3.1. SSQ (« The Speech, Spatial and Qualities of Hearing Scale »)
- 3.2. SHA (« Spatial Hearing Abilities »)

PARTIE EXPÉRIMENTALE

1. Méthode

- 1.1. Participants
- 1.2. Matériel
- 1.3. Procédure

2. Résultats

2.1. Tests audiométriques

2.2. Tests Latéralisation et Sonie

2.3. Questionnaires SSQ15 et SHA

2.4. Corrélations

- 2.4.1. Corrélation SSQ – SHA ($p<0,001$)
- 2.4.2. Corrélation PTM - SSQ – SHA ($p<0,001$)
- 2.4.3. Corrélation Latéralisation - SSQ – SHA ($p<0,01$)
- 2.4.4. Corrélation Sonie - SSQ – SHA ($p<0,01$)

3. Discussion

CONCLUSION

BIBLIOGRAPHIE

ANNEXES

- 1. SSQ
- 2. SSQ15
- 3. SHA
- 4. SHA18

ACRONYMES

HF : Hautes Fréquences

BF : Basses Fréquences

LB : Large Bande

dB SPL : Decibel Sound Pressure Level

dB HL : Decibel Hearing Level

RSB : Rapport signal sur bruit

ILD : Interaural Level Differences

ITD : Interaural Time Differences

IPD : Interaural Phase Differences

L : Test de Latéralisation

S : Test de Sonie

PTM : Perte Tonale Moyenne

SA : Sans appareil

AA : Avec appareil

INTRODUCTION

Le but d'un appareillage est d'améliorer l'audibilité, l'intelligibilité ainsi que le confort du patient tout en respectant un équilibre entre les deux oreilles. Cet équilibre permet l'écoute binaurale et s'accompagne de nombreux avantages.

L'écoute binaurale est la capacité d'un individu à combiner plusieurs indices acoustiques parvenant aux deux oreilles. La comparaison de ces indices permet alors de localiser les sources sonores dans l'espace ainsi que l'amélioration de l'intelligibilité dans le bruit.

Cependant, un grand nombre de personnes éprouvent des difficultés lorsqu'il s'agit de comprendre dans le bruit. Ces difficultés peuvent être dues en partie à une perte de binauralité. En effet, sans écoute binaurale, on remarque une diminution des performances de localisation ainsi qu'une diminution de la compréhension de la parole dans le bruit.

Lorsque la perception d'une oreille est inférieure ou supérieure à l'autre, on perd l'écoute binaurale et les avantages qui l'accompagnent. Cette différence de perception peut arriver dans le cas d'une surdité asymétrique, mais aussi pour des surdités symétriques où la correction apportée n'est pas bien équilibrée.

C'est pourquoi, l'objectif de ce mémoire est de présenter deux nouvelles méthodes que l'on détaillera par la suite, permettant de mesurer le déséquilibre entre les deux oreilles.

Nous allons comparer les résultats de ces mesures psychophysiques à des questionnaires de satisfaction, afin de mettre en évidence une éventuelle corrélation qui permettrait de montrer l'importance d'une audition équilibrée pour l'écoute et le confort du patient.

En effet, en audiologie et en audioprothèse, les questionnaires occupent une place clé ; ils offrent aux cliniciens, aux chercheurs et aux audioprothésistes une approche structurée pour évaluer les capacités auditives du patient au quotidien.

Dans une première partie théorique, nous détaillerons le fonctionnement de l'audition binaurale et ses avantages. Nous détaillerons ensuite l'impact d'une surdité sur la perte des bénéfices d'une audition binaurale. Enfin, nous évoquerons les deux questionnaires utilisés.

Dans une deuxième partie expérimentale, nous exposerons le protocole d'étude avant de décrire les résultats obtenus. Enfin, nous nous appliquerons à discuter de ces résultats.

PARTIE THÉORIQUE

1. L'audition binaurale

1.1. Définition de l'audition binaurale

L'audition binaurale chez l'Homme se définit comme l'écoute naturelle avec deux oreilles saines. En effet, le système auditif est constitué de nombreux réseaux de neurones se croisant, ce qui permet de comparer des informations provenant des deux cochlées.

Le traitement des indices binauraux d'ordre temporel, énergétique et spectral, par ce maillage neuronal permet ainsi la reconstruction d'un environnement sonore.

Ces mécanismes rendent possible la détermination de l'origine d'une source sonore, ainsi que l'estimation de sa distance ; de plus, l'écoute en milieu bruyant est favorisée, grâce à la capacité de pouvoir se focaliser sur une source sonore parmi plusieurs.

1.2. Les avantages de l'audition binaurale

A plusieurs reprises, il a été démontré l'importance de l'audition binaurale par rapport à l'audition monaurale dans plusieurs cas : chez le normo-entendant [1] [2] [3] ; chez le sujet implanté cochléaire unilatéralement [4] et bilatéralement [5] ; chez le sujet appareillé unilatéralement et bilatéralement [6] ; ou bien chez un sujet utilisant la bimodalité (un implant d'un côté et un appareil auditif controlatéral) [7].

L'appareillage stéréophonique a donc une grande importance et présente de nombreux avantages universellement reconnus.

Voici les principaux bénéfices d'avoir une audition binaurale :

1.2.1. Amélioration de la perception de l'intensité (appelé également sonie)

- Le seuil d'audition binaural est de 3 dB inférieur au seuil d'audition monaural.
- L'augmentation de la sensation subjective d'intensité est de l'ordre de 6 dB aux niveaux supraliminaires, pour des sons de 35 dB au-dessus du seuil d'audition. (= sommation binaurale).

1.2.2. Amélioration de la qualité de perception

- Cette amélioration entraîne une meilleure intelligibilité. En effet, on observe un meilleur rapport signal/bruit pour une audition binaurale dans un environnement bruyant (= démasquage binaural).
- On trouve aussi un sentiment subjectif d'avoir une audition plus naturelle.

1.2.3. Une localisation correcte des sources sonores de l'environnement

- L'audition binaurale est indispensable pour envisager une localisation des sons. En effet, la localisation spatiale résulte de la comparaison de différents paramètres physiques entre les 2 oreilles. Une audition monaurale ou déséquilibrée ne permettrait aucune comparaison possible.

1.3. Physiologie de l'audition binaurale

Le système auditif peut se diviser en deux grandes parties [8] :

- Une partie périphérique qui comprend l'oreille externe, moyenne et interne.
- Une partie centrale qui comprend l'ensemble du système nerveux auditif (du nerf auditif jusqu'au cortex).

1.3.1. Le système auditif périphérique

Le système auditif périphérique se compose donc de l'oreille externe (OE), de l'oreille moyenne (OM) et de l'oreille interne (OI).

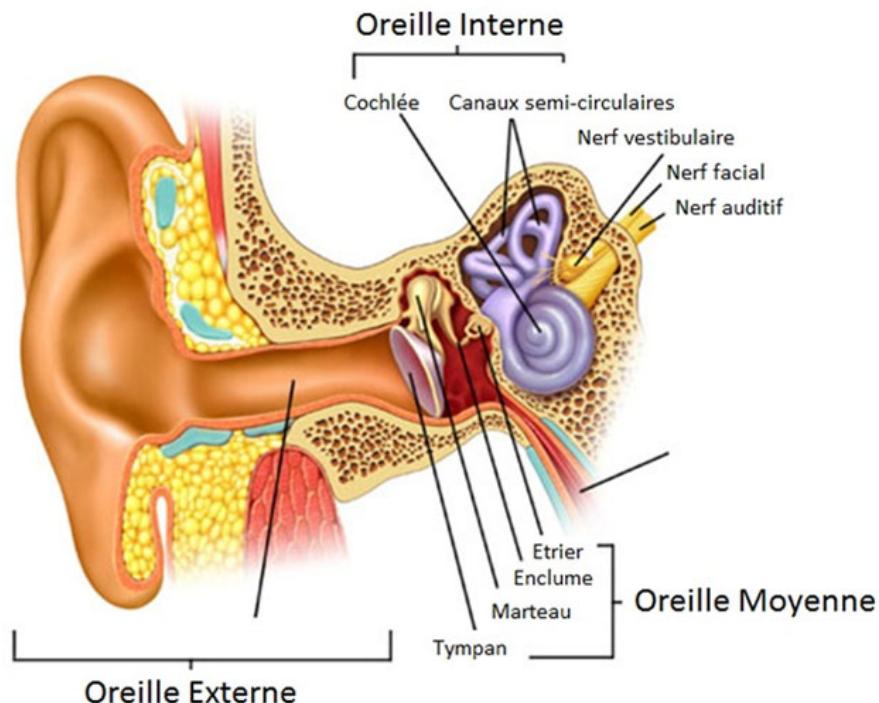


Figure 1 – Le système auditif périphérique [9].

Composée du pavillon et du conduit auditif externe, le rôle de l'oreille externe est de capter, amplifier et focaliser les sons vers l'oreille moyenne.

Cette dernière joue le rôle d'adaptateur d'impédance entre le milieu aérien de l'oreille externe et le milieu liquidien de l'oreille interne.

Dans cette dernière partie se trouve la cochlée et plus précisément l'organe de Corti, l'organe sensoriel de l'audition.

On y trouve deux types de cellules ciliées : les externes et les internes. Les cellules ciliées externes se contractent afin d'amplifier le signal vibratoire, et les cellules ciliées internes sont responsables de la mécano-transduction. En effet, elles convertissent ce mouvement vibratoire en potentiels d'actions.

1.3.2. Le système auditif central

Le système auditif central ou système nerveux auditif est très complexe et se compose d'une voie afférente (ascendante) qui part de l'organe de Corti vers le cortex auditif, et d'une voie efférente (descendante) qui fait le chemin inverse.

Dans le cadre de notre étude, nous nous intéresserons uniquement aux voies afférentes.

Les potentiels d'actions créés par les cellules ciliées internes vont transiter via le nerf auditif (nerf VIII) jusqu'aux différents relais qui composent la voie auditive ascendante centrale.

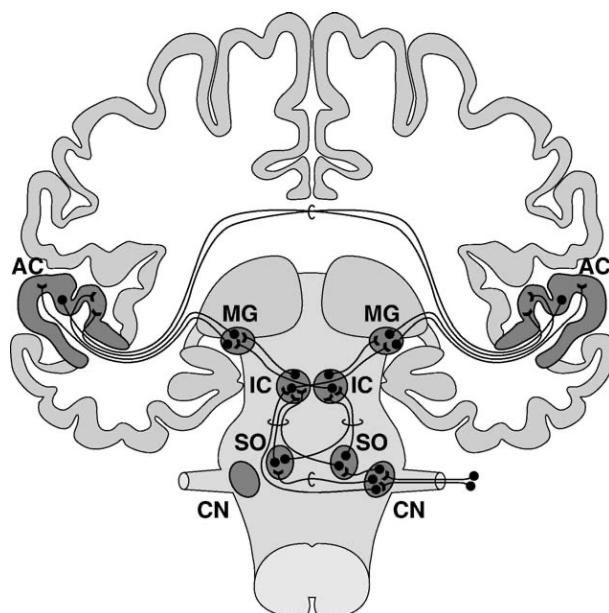


Figure 1 - Voie auditive ascendante d'après Langers et al. en 2005 [10].
CN : noyau cochléaire, SO : complexe olivaire supérieur, IC : colliculus inférieur,
MG : corps grenouillé médian et AC : cortex auditif.

Ce message nerveux va être relayé à plusieurs étages anatomiques :

1. Le tronc cérébral où se trouvent les noyaux cochléaires (CN), le complexe olivaire supérieur (SO) et les noyaux du lémnisque latéral (qui sont représentés sous la forme d'un petit cercle entre SO et IC).
2. Le mésencéphale où se trouve le noyau du colliculus inférieur (IC).
3. Le diencéphale qui contient le corps genouillé médian dans le thalamus (MG).
4. Le cortex auditif (AC).

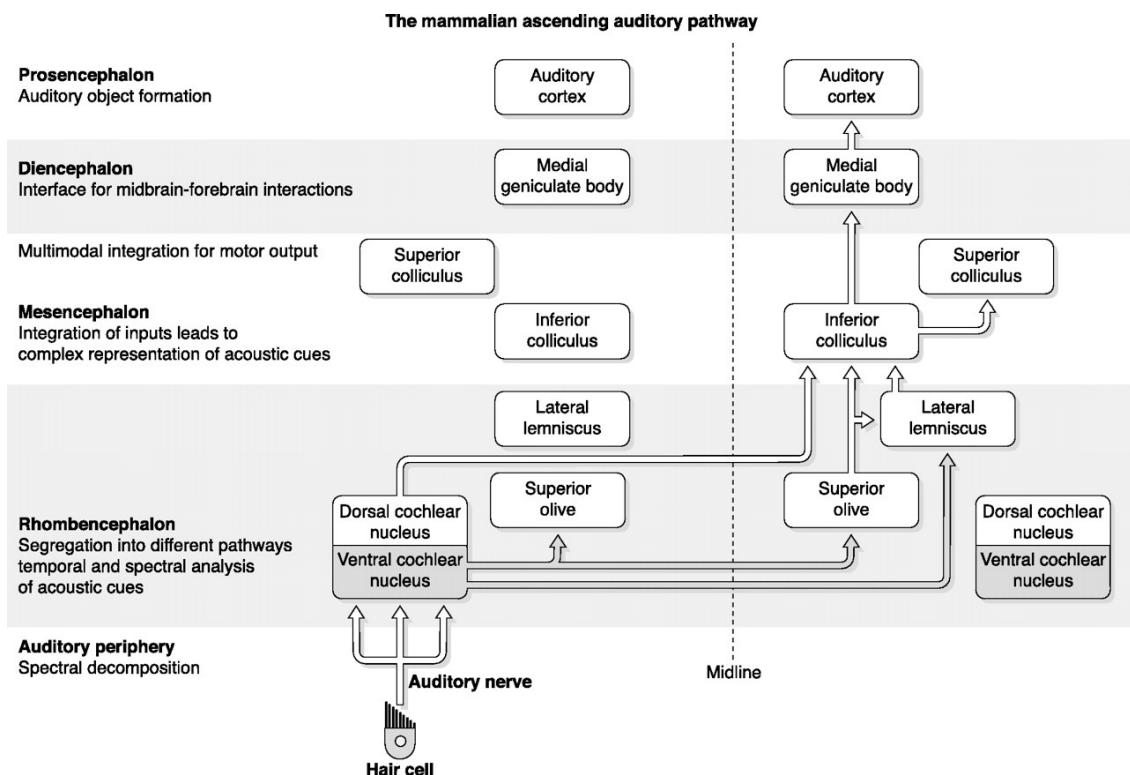


Figure 3 – Voies auditives ascendantes en détail d'après Grothe et al. en 2010 [11]. Le système auditif étant symétrique, chaque connexion existe en double exemplaire. Par souci de clarté, un seul exemplaire est représenté ici.

L'organisation des voies auditives est complexe et la recherche essaie encore de bien comprendre leur fonctionnement. A chaque relais, le nombre de fibres partant vers le cerveau est multiplié par dix. On débute avec 30 000 fibres au départ de la cochlée pour arriver à 1 000 000 dans le cortex cérébral [12].

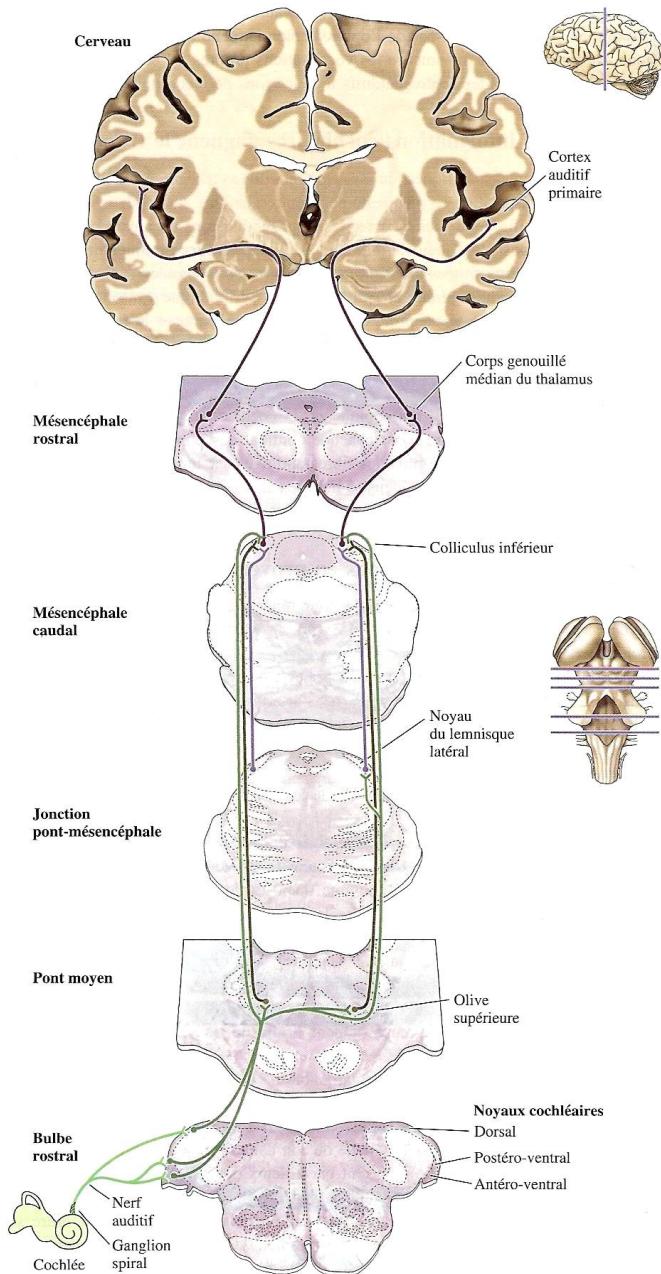


Figure 4 - Voies auditives centrales : projection bilatérale à dominance controlatérale.

1.3.2.1. Le noyau cochléaire

Le premier relais de la voie auditive primaire est le noyau cochléaire (tronc cérébral) qui reçoit les axones des neurones du ganglion spiral (nerf auditif). A partir de ce relais, l'information auditive est divisée en deux parties.

Le noyau cochléaire se compose effectivement de deux parties : une partie dorsale et une partie ventrale qui définissent chacune de quel type de voie il s'agit.

En effet, il existe deux types de voies ascendantes :

- La voie monaurale débute au sein du noyau cochléaire dorsal.

Ces neurones se projettent controlatéralement (croisent la ligne médiane) vers le noyau du colliculus inférieur.

- La voie binaurale quant à elle, débute au sein du noyau cochléaire ventral. Ses neurones projettent ipsilatéralement et controlatéralement vers le complexe olivaire supérieur, et aussi, controlatéralement vers les noyaux du lemnisque latéral.

1.3.2.2. Le complexe olivaire supérieur

Un deuxième relais majeur du tronc cérébral est le complexe olivaire supérieur. Sur le plan anatomique et fonctionnel, c'est l'une des structures les plus complexes de la voie auditive.

En effet, c'est le premier relais auditif qui reçoit massivement des afférences des deux oreilles, via les noyaux cochléaires droits et gauches.

La comparaison des informations venant des deux côtés permettrait l'analyse d'indices acoustiques [13].

1.3.2.3. Les noyaux du lemnisque latéral

Ils sont situés entre le complexe olivaire supérieur et le colliculus inférieur.

Les noyaux du lemnisque latéral sont innervés par le complexe olivaire supérieur ipsilatéral et le noyau cochléaire controlatéral. Ils projettent principalement vers le colliculus inférieur.

1.3.2.4. Le colliculus inférieur

Il occupe une position centrale dans les voies auditives. Il reçoit les informations de plusieurs noyaux situés plus bas (le noyau cochléaire dorsal controlatéral, le complexe olivaire supérieur ipsilatéral et les noyaux du lemnisque latéral ipsilatéral).

Il va ensuite se projeter dans le corps genouillé médian (thalamus).

Remarque :

Le complexe olivaire supérieur et le colliculus inférieur jouent un rôle essentiel dans la localisation du son.

1.3.2.5. Le corps genouillé médian

Un dernier relais est effectué entre le colliculus inférieur et le cortex auditif.

Le corps genouillé médian (thalamus) constitue un étage hautement intégrateur de la voie auditive : discrimine les fréquences et les intensités des sons avant de les acheminer vers les aires corticales.

1.3.2.6. Le cortex auditif primaire

Les axones quittent le corps genouillé médian pour atteindre la couche IV du cortex auditif primaire (appelée A1 ou aire de Brodmann 41) du lobe temporal supérieur.

Le cortex auditif primaire des deux hémisphères reçoit des informations provenant des deux oreilles, avec une prépondérance controlatérale, ce qui va permettre à chaque hémisphère d'analyser l'ensemble de l'espace auditif.

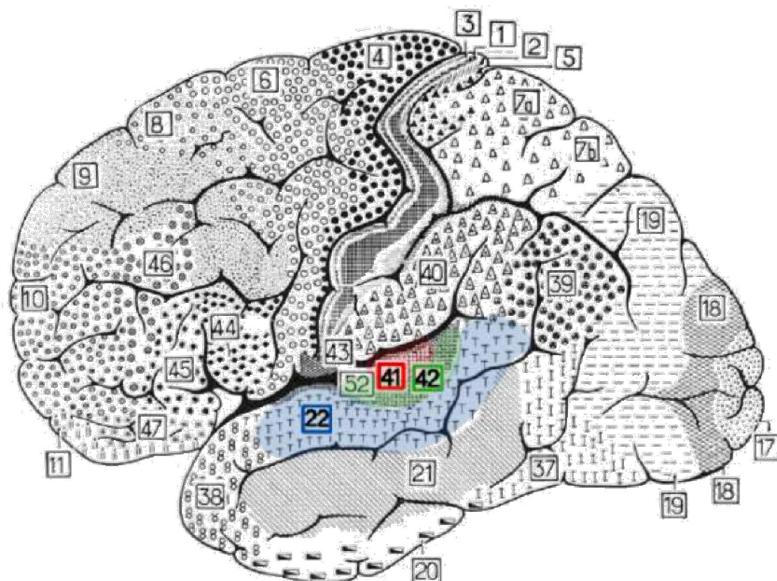


Figure 5 – Représentation des aires de Brodman adaptée de Morosan et al. [14]. Aire 41 : cortex auditif, Aire 42 : cortex auditif secondaire et Aire 22 : cortex auditif associatif.

1.4. La localisation auditive

La localisation auditive consiste à identifier la position ou l'origine d'une source sonore dans 3 dimensions :

- L'azimut (plan horizontal)
- L'élévation ou la hauteur (plan vertical)
- La distance (profondeur)

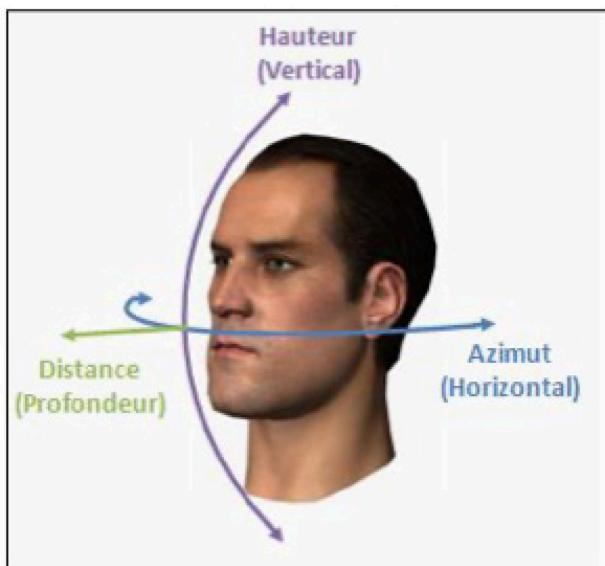


Figure 6 – Schéma représentatif de l'espace auditif tridimensionnel [15].

Il existe différents indices, relatifs à chacune de ces dimensions qui sont à l'origine de notre capacité à localiser une source sonore dans l'espace :

- Dans le plan horizontal, on a la différence interaurale d'intensité et la différence interaurale de temps.
- Dans le plan vertical, on retrouve les indices spectraux.
- Dans la profondeur, un normo-entendant se base sur l'effet de précédence ou effet de Haas (réverbération de cette source).

1.4.1. La localisation auditive dans le plan horizontal

Lord Rayleigh, fut l'un des premiers à étudier et comprendre la localisation auditive binaurale. En 1907, il instaure une théorie connue sous le nom de « Duplex Theory » [16], selon laquelle un normo-entendant combine en permanence deux types d'indices acoustiques lui permettant de localiser une source sonore dans le plan horizontal.

Ces indices sont les différences interaurales d'intensité (ILD pour « Interaural Level Differences ») et les différences interaurales de temps (ITD pour « Interaural Time Differences »).

Ces latences sont créées grâce à la tête de l'auditeur qui fait office d'obstacle au son incident entraînant ainsi une différence de niveau (ILD) ou bien un décalage de temps d'arrivée (ITD) entre les deux oreilles.

Ce sont tous les deux des indices binauraux, qui nécessitent la présence des deux oreilles.

1.4.1.1. Différence Interaurale d'Intensité (ILD)

L'ILD est la différence de niveau sonore perçue entre les deux oreilles.

Lorsqu'une source acoustique émet un son, le niveau sonore de celui-ci diminue au fur et à mesure de sa propagation dans l'air.

Par exemple, en champ libre, le niveau sonore diminue de 6 dB à chaque doublement de distance entre la source et l'auditeur. Il y a donc une différence de niveau entre le son émis et le son reçu en fonction de la distance qui sépare la source de l'auditeur.

- Lorsque la source acoustique est placée à égale distance des oreilles, le niveau sonore perçu est le même pour les deux oreilles : l'ILD est alors nulle.
- En revanche, lorsque la source sonore n'est pas située à égale distance des oreilles, le niveau sonore perçu varie d'une oreille à l'autre. En effet, l'oreille la plus proche percevra un niveau sonore plus important : l'ILD est alors positive.

Cependant, la distance séparant les 2 oreilles n'est pas suffisamment importante pour que la différence de niveau soit flagrante. Si l'on regarde la figure ci-dessous, on observe que la différence de niveau n'est que de 2 dB pour un son grave de 250 Hz lorsque la source est placée à 90°, alors qu'elle est d'environ 20 dB pour un son aigu de 10 kHz.

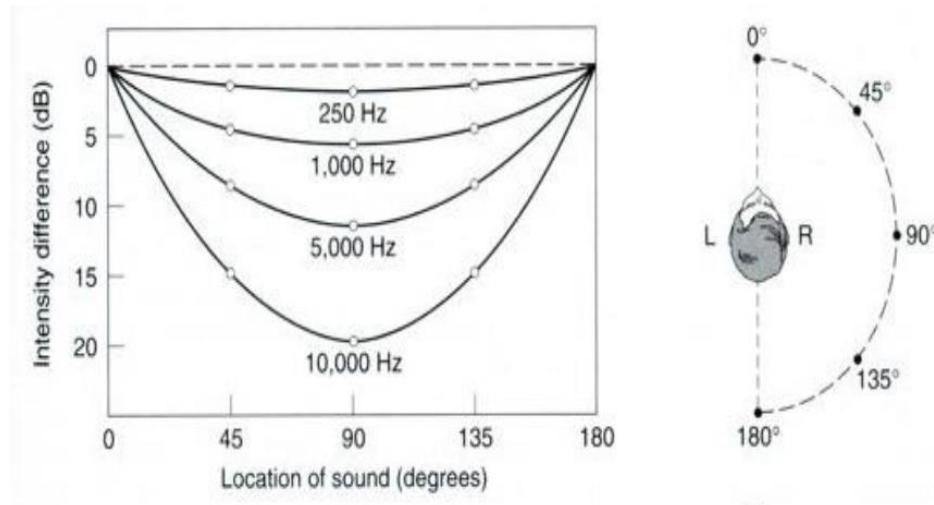


Figure 7 - Différences intéraurales d'intensité en fonction de l'azimut du son.
Expérience réalisée avec 4 sons purs de fréquences différentes (250Hz, 1KHz, 5KHz et 10KHz), émis à 2m du sujet à une intensité de 70 dB SPL (Gulick et al., 1989).

Cette forte variation de l'ILD est principalement influencée par l'effet d'ombre de la tête (ou « head shadow effect ») qui dépend lui-même de la fréquence du son.

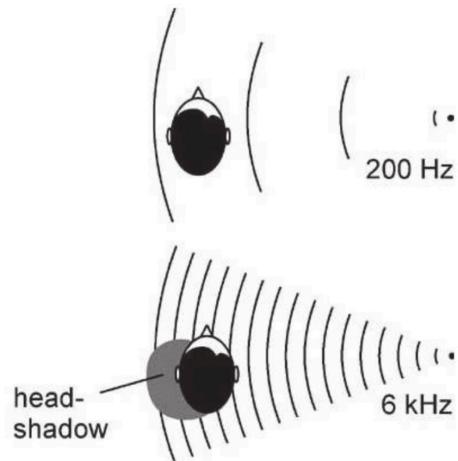


Figure 8 – Low and high frequency sound signals showing head shadow effect [17].

L'effet d'ombre de la tête ne se produit que lorsque la longueur d'onde de l'onde sonore (λ en m) est inférieure à la dimension de l'obstacle, ici de la distance interaurale (ΔL en m).

Nous connaissons la relation : $\lambda = c/f$ (avec c : la célérité d'une onde sonore dans l'air qui est égale à 340 m/s et f : la fréquence du son en Hz).

Si l'on considère une distance interaurale de 21 cm, la tête fait office d'obstacle pour les ondes sonores ayant une fréquence supérieure à 1600 Hz.

Cependant, en-dessous de 1600 Hz, il y a un phénomène de diffraction de l'onde, qui « contourne l'obstacle ».

Ainsi, les basses fréquences vont être beaucoup moins atténuées par la tête que les hautes fréquences.

Résumé :

- Les ILD sont utilisées pour la localisation azimutale.
- Les ILD sont présentes pour les hautes fréquences (au-delà de 1,6 kHz).

Nous avons vu que les ILD admettent de très faibles valeurs pour les sons graves.

Pourtant, nous sommes tout à fait capables de localiser un son de basses fréquences.

Ceci implique donc qu'un autre indice sonore est utilisé pour traiter le cas des basses fréquences.

1.4.1.2. Différence Interaurale de Temps (ITD)

L'ITD est la différence de temps d'arrivée de l'onde sonore sur chaque oreille.

Lorsqu'une source acoustique émet un son, celui-ci n'est pas forcément capté au même moment par les deux oreilles. Il existe 2 cas de figure :

- La source sonore est placée à une distance identique des deux oreilles (soit en face, soit au dos de l'auditeur) : l'ITD sera alors nulle.
- En revanche, lorsque la source sonore n'est pas située à égale distance des oreilles, il y aura un retard d'une oreille à l'autre puisque l'oreille la plus proche de la source captera le signal sonore la première : l'ITD sera alors positive.

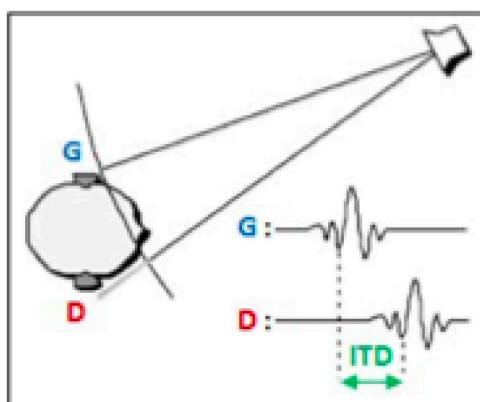


Figure 9 - Différence Interaurale de temps [15].

En 1938, Wooddworth propose alors une formule pour estimer la différence interaurale de temps d'arrivée en considérant la tête comme une sphère parfaite.

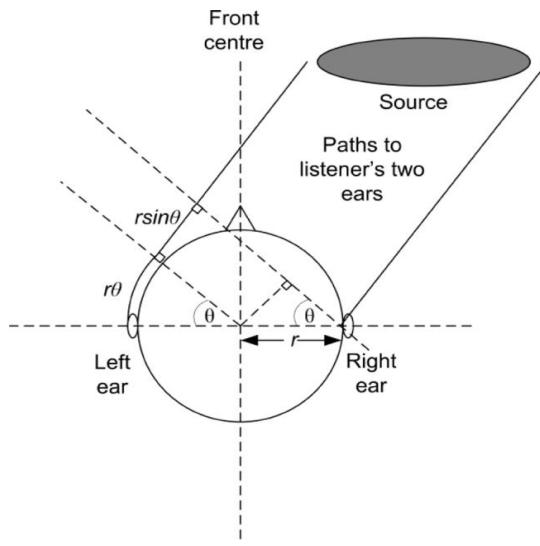


Figure 10 - Estimation du retard Δt avec la formule de Wooddworth.

Prenons l'exemple d'une source sonore se trouvant à 1m d'un patient avec un angle θ : l'onde sonore arrivera avec un retard Δt sur l'oreille située la plus loin de la source sonore.

On note : r , le rayon de la tête et θ , l'angle d'incidence.

Pour l'oreille gauche représentée sur le schéma ci-dessous, l'onde parcourt une distance supplémentaire égale à $\Delta d = r \sin \theta + r\theta$ par rapport à l'oreille droite.

En appliquant la formule $c = \frac{\Delta d}{\Delta t}$, nous obtenons $\Delta t = \frac{r(\sin \theta + \theta)}{c}$.

La valeur de l'ITD change donc en fonction de l'azimut de la source.

En 1955, des valeurs expérimentales relevées par Feddersen montrent que les valeurs estimées à partir de la formule de Wooddworth sont très proches de la réalité.

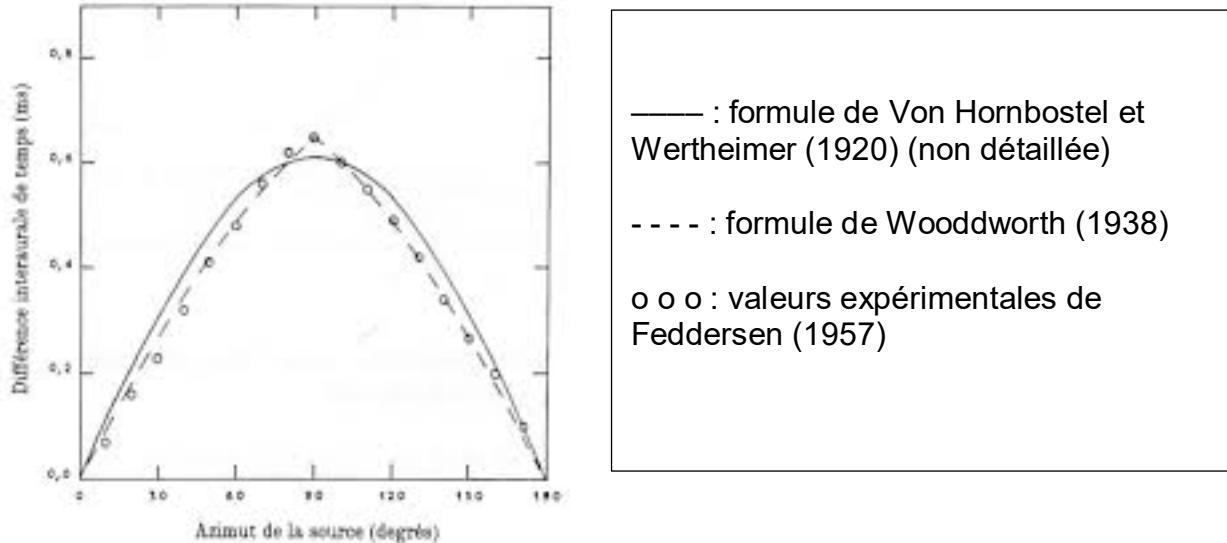


Figure 11 - Différence interaurale de temps entre les oreilles, en fonction de l'azimut de la source, selon trois recherches.

L'ITD maximale est obtenue pour une source placée à 90° de l'auditeur et vaut environ 0,6 ms. Ce qui correspond à une distance d'environ 19 cm (valeur approximative de la distance entre les deux oreilles).

Résumé :

→ **Les ITD sont des indices acoustiques utilisés dans la localisation azimutale du son.**

1.4.1.3. Différence Intéraurale de Phase (IPD)

Ces différences interaurales de temps que nous venons d'exposer entraînent des différences interaurale de phase (IPD pour « Interaural Phase Differences »).

L'IPD caractérise la différence de position (ou phase) d'une onde sonore lorsque le signal parvient à une oreille par rapport à l'autre.

Contrairement aux ITD qui ne varient pas suivant que le son soit grave ou aigu (la célérité du son étant la même pour toutes les fréquences), les IPD dépendent de la fréquence des sons. Rappelons la formule $\lambda = \frac{c}{f}$ (avec λ la longueur d'onde, c la célérité du son dans l'air et f la fréquence su son).

Sachant que la distance interaurale moyenne est de 21 cm et que $c=340\text{m/s}$, la durée maximale qu'un son met pour passer d'une oreille à l'autre est d'environ 0,6 ms. On retrouve bien l'ITD maximal mesurée expérimentalement (figure ci-dessus).

Puis, avec la formule $f = \frac{1}{T}$ (avec T la période), on retrouve $f=1600\text{ Hz}$ pour l'ITD maximal.

Comme il est démontré dans une partie précédente (1.4.1.1.), la longueur d'onde des fréquences inférieures à 1600 Hz est supérieure à la distance interaurale. Donc en passant d'une oreille à l'autre, il y a un phénomène de diffraction et il en résulte une différence de phase (figure ci-dessous).

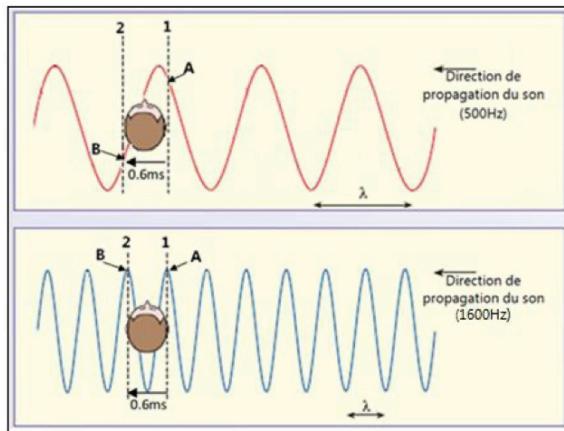


Figure 12 - Différence interaurale de phase.

L'IPD est essentiellement décrit dans des travaux qui se rapportent à des sons purs de basses et moyennes fréquences.

Les deux sons purs (500 Hz et 1600 Hz) sont émis en même temps à 90° de l'auditeur (l'ITD est donc maximal et vaut 0,6 ms). La vitesse de propagation du son dans l'air étant indépendante de la fréquence, ces deux sons arrivent en même temps à l'oreille droite (temps 1), puis en même temps à l'oreille gauche (temps 2).

Pour le son de 1600 Hz, on remarque que la phase au temps 1 (point A) est la même que celle au temps 2 (point B). En revanche, pour le son de 500 Hz, la phase au temps 1 (point A) n'est pas identique à celle au temps 2 (point B) : il y a donc une différence de phase.

Résumé :

- Les IPD sont liées aux ITD.
- Les IPD sont utilisées dans la localisation azimutale.
- Les IPD sont présentes pour les basses fréquences (en-dessous de 1600 Hz).

Résumé de la localisation dans le plan horizontal :

Pour localiser dans le plan horizontal, il existe deux domaines de fréquences pour lesquelles deux types d'indices acoustiques différents sont utilisés.

Les sons graves sont plutôt localisés à l'aide des ITD via les IPD tandis que les sons plus aigus exploitent les ILD.

1.4.2. La localisation auditive dans le plan vertical

Pour localiser une source sonore dans le plan vertical, seuls des indices monauraux sont nécessaires, ce sont des informations spectrales.

1.4.2.1. Les indices spectraux

Les caractéristiques anatomiques et morphologiques du crâne, des pavillons et du buste modifient les spectres des ondes sonores environnant l'auditeur. Ces modifications fournissent des informations spectrales qui interviennent dans les processus de localisation au niveau du plan vertical.

En fonction de l'angle d'incidence de la source sonore, l'anatomie de chacun réfléchit l'onde sonore de manière différente. Ces réflexions sont appelées « spectral notches ».

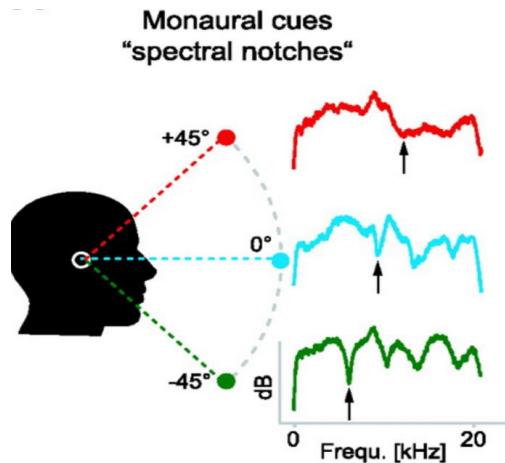


Figure 13 - Indices monauraux d'après Grothe et al. en 2010 [11].

Sur cette figure, on peut voir l'influence de la localisation verticale de la source sonore sur l'intensité du signal. Le signal est mesuré en fond de conduit.

On remarque une différence de spectre après réflexions pour un même signal. En effet, la flèche noire indique le pic de réflexion du « spectral notch ».

Résumé :

→ **Les indices spectraux sont utilisés dans la localisation verticale**

1.4.3. La perception de la distance

Il est difficile pour le système auditif d'identifier la distance d'une source sonore. Malgré tout, il y a plusieurs facteurs qui influencent la perception de la distance.

1.4.3.1. Influence du niveau sonore

Le déplacement physique d'une source sonore entraîne la réduction ou l'augmentation d'intensité. Par exemple, chaque doublement de distance implique une perte de 6 dB. C'est le premier indice que nous utilisons dans notre quotidien. Il nous permet d'être alertés sur la distance qui nous sépare de la source sonore.

1.4.3.2. Influence de la composition spectrale du signal sonore

Un son riche en hautes fréquences renforce la sensation que la source sonore est proche. En effet, les hautes fréquences sont plus fortement atténuées par la propagation dans l'air que les basses fréquences.

1.4.3.3. Influence de la réverbération

Dans une pièce close, un normo-entendant se base sur l'effet de précédence ou « effet de Haas » pour déterminer la distance qui le sépare d'une source sonore [18].

Dans ce genre d'environnement, une source sonore provient soit directement aux oreilles de l'auditeur, soit indirectement en se réfléchissant sur les différentes parois de la pièce avant d'atteindre l'oreille.

L'auditeur va donc exploiter cette différence pour apprécier la distance de la source sonore.

Résumé :

En conclusion, la perception d'une onde sonore dans l'espace en 3 dimensions reflète une combinaison d'indices binauraux afin d'identifier l'azimut de la source ; d'indices monauraux pour détecter l'élévation de cette source ; et de la réverbération de cette source afin d'en apprécier la distance.

1.5. Les mécanismes binauraux

L'audition binaurale se base sur trois processus complexes : la sommation binaurale, l'effet de l'écran de la tête et l'effet Squelch.

Ces processus font appel aux deux indices acoustiques que sont les ILD et ITD [19].

1.5.1. La sommation binaurale

La sommation binaurale est une augmentation subjective de l'intensité. En effet, un normo-entendant perçoit deux fois le même signal avec ses deux oreilles, ce qui a pour effet d'augmenter le gain de 3 dB au seuil par rapport au signal perçu par une seule oreille.

D'après Heil, ce mécanisme serait purement mathématique. Par exemple, l'addition logarithmique de deux signaux identiques de même niveau (75 dB) engendre un signal ayant un niveau supérieur de 3 dB (78 dB) [20].

Pourtant, on remarque que cette redondance du signal permet un gain de 6 dB pour des niveaux supraliminaires, certainement due à un processus central.

1.5.2. L'effet d'ombre de la tête

C'est un mécanisme passif puisqu'il repose sur la présence physique de la tête d'un auditeur dans la scène auditive. En effet, la tête de l'auditeur va faire obstacle ou « écran » au son incident créant ainsi deux rapports signal/bruit (RSB) différents, un à chaque oreille. Cet auditeur va porter son attention sur le meilleur des deux RSB afin de pouvoir par exemple communiquer avec ses semblables.

Un normo-entendant, grâce à ce mécanisme, peut améliorer l'intelligibilité de la parole d'environ 10 à 15 dB RSB [19].

1.5.3. L'effet Squelch

Cet effet désigne la capacité du système auditif central à traiter les stimuli reçus de chaque oreille et à les analyser avec un rapport signal/bruit différent en comparant les différences interaurales de temps et d'intensité.

L'effet Squelch apparaît lorsqu'une source sonore (cible) et un bruit de fond compétitif se séparent dans l'espace. Plus la séparation est grande, plus le système auditif central devient capable d'extraire les informations d'ILD, d'ITD et de contenu spectral. D'après Peissig, la situation la plus favorable se trouve lorsque le bruit de fond et la cible sont séparés de 120°, permettant à un normo-entendant d'améliorer l'intelligibilité de la parole jusqu'à 12dB SNR [21].

Dillon précise que le démasquage de la parole est en réalité une combinaison de ces trois mécanismes.

1.6. Démasquage binaural de la parole dans le bruit

L'effet de démasquage a été décrit pour la première fois par Hirsh en 1948 [22].

La capacité à détecter des signaux de parole dans le bruit peut être améliorée par la comparaison interaurale des sons reçus par chaque oreille.

En effet, si un signal de parole est mélangé à du bruit et envoyé dans une oreille, le fait d'envoyer le même bruit dans l'autre oreille améliore considérablement la compréhension du signal de parole : c'est le phénomène de démasquage.

Ce phénomène peut aller jusqu'à 5 dB du SNR.

Nous venons de montrer l'importance d'une audition binaurale pour localiser les sons ainsi que pour une bonne compréhension de la parole dans du bruit.

Cependant, nous allons voir que ces capacités sont fortement dégradées chez le malentendant.

2. L'audition binaurale chez le malentendant

Lorsqu'un individu est atteint de surdité, il voit une élévation de ses seuils d'audition, ce qui va entraîner une diminution de sa dynamique auditive.

Ce « pincement » du champ dynamique auditif va modifier sa sensation d'intensité (sonie) et va entraîner des distorsions sonores. Elles vont influer sur les indices utilisés par l'audition binaurale, mais ce n'est pas toujours le cas.

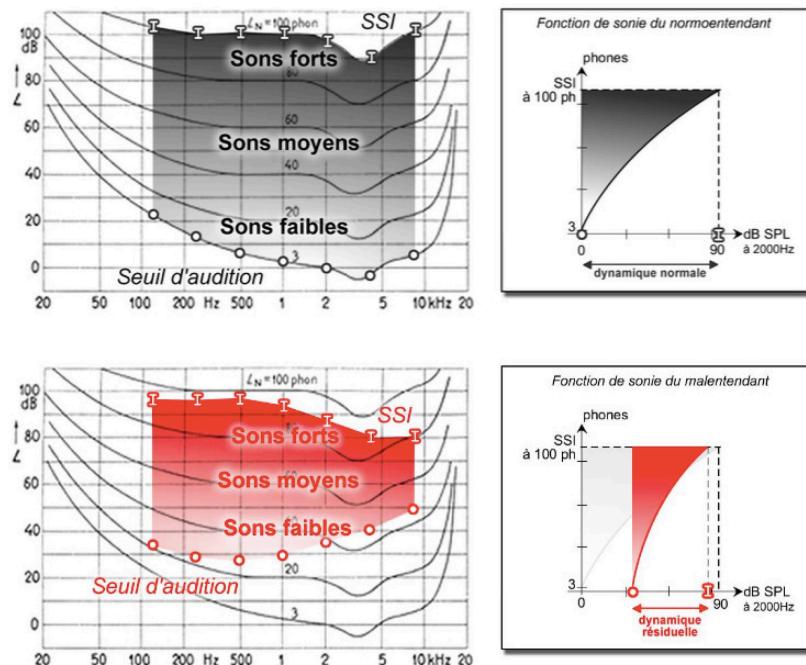


Figure 14 - Dynamique résiduelle et fonction de sonie.

Le malentendant (en rouge) possède toujours une graduation sonique (sons faibles-moyens-forts) semblable à celle du normo-entendant (en noir), seulement, cette graduation est « tassée » du fait de l'amoindrissement de sa dynamique auditive.

Dans notre étude, nous nous intéressons uniquement aux surdités symétriques. Pour ce type de surdité, les dynamiques résiduelles des deux oreilles restent sensiblement identiques.

En ce qui concerne les personnes ayant une surdité symétrique, à partir du moment où l'intensité est suffisante (20 dB au-dessus du seuil liminaire), le malentendant aura des résultats quasi similaires à un normo-entendant.

Toutefois, les dommages cochléaires induisent de légères différences dans le codage des informations acoustiques ce qui altèrent la discrimination des ILD, des ITD et des indices spectraux [23].

2.1. Dégradation de la localisation spatiale

2.1.1. Baisse de la discrimination des ILD

Comme vu précédemment, la modification de la dynamique auditive entraîne un codage anormal de l'intensité.

Cela risque d'altérer grandement l'indice de différence interaurale d'intensité, notamment si le codage de l'intensité n'est pas symétrique.

2.1.2. Baisse de la discrimination des ITD

La mauvaise discrimination des ITD, lorsqu'elle se produit, peut-être le résultat de plusieurs facteurs :

- Chez le malentendant, l'élévation des seuils conduit à une discrimination amoindrie des ITD si le niveau sonore du signal, bien qu'audible, n'est pas suffisamment important.

- Les dommages cochléaires pourraient modifier le temps de l'onde progressive le long de la membrane basilaire, ce qui changerait l'indice de temps.
- Certains phénomènes nerveux semblent aussi impacter le temps de démarrage des décharges nerveuses.

2.1.3. Baisse de l'analyse des indices spectraux

Certains sujets ne peuvent pas correctement utiliser les indices spectraux.

En effet, les indices étant caractérisés par des pics et creux spectraux, la baisse de la dynamique va lisser ces reliefs et empêcher leur analyse.

2.2. Dégradation de la compréhension de la parole dans le bruit

Nous avons évoqué l'exploitation amoindrie des indices spatiaux qui provoque une dégradation de la capacité à localiser une source sonore.

Ces indices étant également utiles au processus du démasquage binaural, les malentendants présentent souvent de grandes difficultés pour séparer un signal sonore d'un bruit masquant.

3. Questionnaire de satisfaction

3.1. SSQ (« The Speech, Spatial and Qualities of Hearing Scale »)

Le questionnaire de satisfaction SSQ, mis en place par Gatehouse & Noble en 2004 [24], a pour objectif de mesurer une déficience auditive dans plusieurs domaines (Annexe 1).

Il est initialement composé de 49 questions, réparties en 3 sous-échelles :

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

Le patient doit choisir sur une échelle de 0 (pas du tout) à 10 (parfaitement) la réponse à une question posée.

Pour ce mémoire, nous avons utilisé la version française de 15 questions, validée lors d'une récente étude par Moulin & al en 2015 [25].

Cette forme abrégée maintient la structure à trois facteurs de la forme complète. En effet, elle comporte 5 questions pour chaque sous échelles (Annexe 2).

Lors de cette étude, il s'est avéré que sur la base des scores globaux, des sous-scores de la parole et/ou des sous-scores spatiaux, le SSQ15 semble être plus sensible aux différences de capacités auditives entre les sujets normo-entendants et malentendants que la version complète du SSQ.

3.2. SHA (« Spatial Hearing Abilities »)

Le questionnaire SHA est un nouveau questionnaire à choix multiples mis en place par Micheyl & al [26].

Comme pour le SSQ, il permet au patient de s'autoévaluer sur ses capacités d'audition, à la seule différence que l'on évalue essentiellement les capacités auditives spatiales.

Ce questionnaire comporte initialement 53 questions (Annexe 3).

Pour notre étude, et comme pour le SSQ, nous avons décidé avec Christophe Micheyl de faire une forme abrégée de ce questionnaire en gardant des éléments que l'on ne trouvait pas forcément dans le SSQ15 afin que les 2 questionnaires soient les plus complémentaires possibles.

Cette nouvelle forme, appelée SHA18, comporte maintenant 18 questions à choix multiples (Annexe 4).

PARTIE EXPÉRIMENTALE

1. Méthode

Cette étude vise à tester le stéréo-équilibre (seuils sensiblement égaux pour chaque fréquence entre les deux oreilles) à l'aide de deux méthodes appelées « Latéralisation » et « Sonie ». Après avoir trouvé ce point d'équilibre ou de déséquilibre entre les deux oreilles, on le compare et on le met en relation avec le ressenti du patient au travers de deux questionnaires, le SSQ15 et le questionnaire spatial SHA.

Les deux programmes permettant de trouver ce point d'équilibre ou de déséquilibre seront détaillés par la suite (1.3.).

1.1. Participants

L'étude a été réalisée sur un groupe de malentendants comprenant 51 sujets.

Les âges variaient de 32 à 92 ans avec une moyenne de 78,2 ans.

Tous étaient atteints d'une surdité bilatérale symétrique et étaient appareillés bilatéralement.

Les appareillages stéréophoniques étaient toujours avec des aides auditives de type écouteur déporté, soit de la marque Phonak, soit de la marque Starkey.

La perte tonale moyenne était de 47,0 dB HL sur l'oreille droite et de 46,4 dB HL sur l'oreille gauche (calculée selon la méthode du Bureau International d'Audiophonologie).

Le seuil tonal liminaire moyen est représenté ci-dessous. Les barres d'erreurs montrent les écarts types moyens.

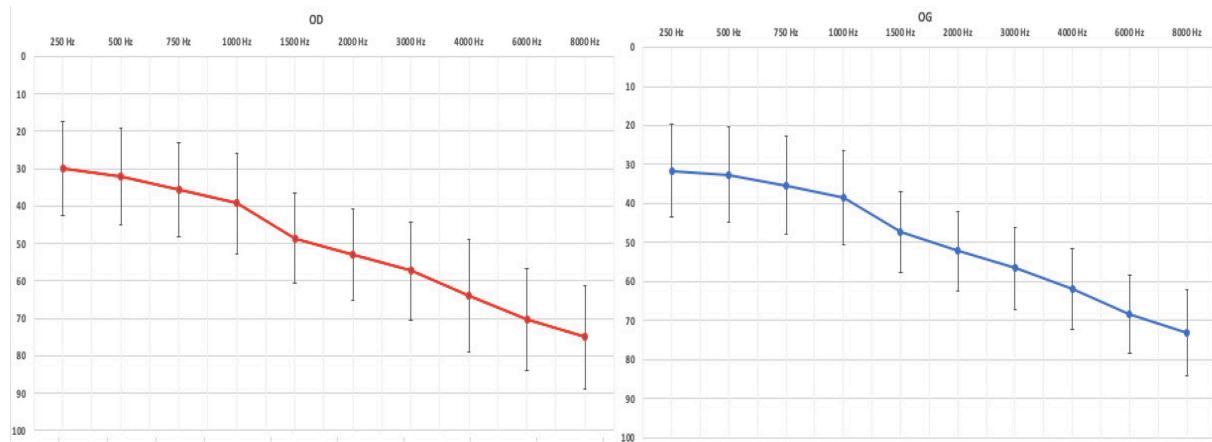


Figure 15 – Seuil tonal liminaire moyen.
(OD en rouge et OG en bleu)

1.2. Matériel

Tous les tests ont été réalisés dans une cabine insonorisée. Le niveau sonore a été calibré à l'aide d'un sonomètre.

Les audiometries tonales ont été obtenues à l'aide d'un casque TDH39.

Les gains prothétiques ont été mesurés en champ libre à l'aide de deux haut-parleurs.

Pour les tests, ils ont été réalisés en streaming, c'est-à-dire diffusés directement dans les aides auditives à l'aide d'un streamer. Nous avons eu recours à :

- une carte son externe Creative Sound Blaster 24 bits / 96 kHz, afin de calibrer le niveau de sortie.
- un streamer pour chaque marque et chaque type d'appareil (le Com Pilot 2 et le TV Connector de la marque Phonak ainsi que le Surflink Média 2 de la marque Starkey).
- Matlab : un logiciel sous lequel plusieurs programmes ont été développés par Christophe MICHEYL.

Pour les questionnaires, nous avons utilisé le SSQ15 et le SHA18.

Enfin, nos données ont été analysées via les logiciels Excel et XLSTAT.

1.3. Procédure

Les tests effectués sur les sujets de notre étude ont été réalisés en un seul rendez-vous.

Les sessions se déroulaient toujours de manière identique et duraient un peu plus d'une heure :

- Tout d'abord, une vérification des appareils était réalisée.
- Durant cette vérification, les patients répondaient aux deux questionnaires (SSQ15 et SHA).
- Avant de commencer les tests une otoscopie était effectuée.
- Une audiométrie tonale était alors réalisée afin d'obtenir le seuil auditif tonal et le gain prothétique tonal.
- Pour finir, nous cherchions le stéréo-équilibre à l'aide de deux programmes Matlab nommés : « Latéralisation » et « Sonie ». Ces deux tests étaient réalisés en streaming. Pour ces tests, nous avons utilisé les listes dissyllabiques de Fournier.

L'objectif était que ces tests devaient être suffisamment courts pour être facilement reproduits en cabine. C'est pourquoi, Stéphane GALLEGO, Christophe MICHEYL et moi-même avons utilisé une méthode adaptative [27].

Le principe de cette méthode est de démarrer d'un point fortement dévié de l'équilibre standard avec une différence d'intensité importante entre les deux oreilles (ici, 8 dB SPL), puis de converger vers le point d'équilibre du patient en fonction de ses réponses.

Pour minimiser le nombre de réponses que doit donner le patient avant de trouver son équilibre, la méthode adaptative s'est appuyée sur des statistiques bayésiennes [28].

Ces programmes nous permettaient d'évaluer le stéréo-équilibre à partir de deux indices dans l'ordre suivant : la « latéralisation » et la « sonie ». Les mots de la liste de Fournier étaient présentés un à un dans un ordre aléatoire.

Les consignes pour les deux tests étaient les suivantes :

- Latéralisation : « Je vais vous faire écouter un mot. Pouvez-vous me dire de quel côté vous l'entendez ? ». Les mots étaient diffusés simultanément dans les deux appareils auditifs.
- Sonie : « Vous allez entendre deux fois le même mot. Pouvez-vous me dire lequel vous paraît le plus fort ? ». Le mot était d'abord diffusé à gauche puis à droite.

A chaque mot, nous pouvions enregistrer la réponse du patient directement sur l'interface Matlab comme présenté sur la figure ci-dessous. Automatiquement, le programme proposait le mot suivant avec une variation d'intensité adaptée.

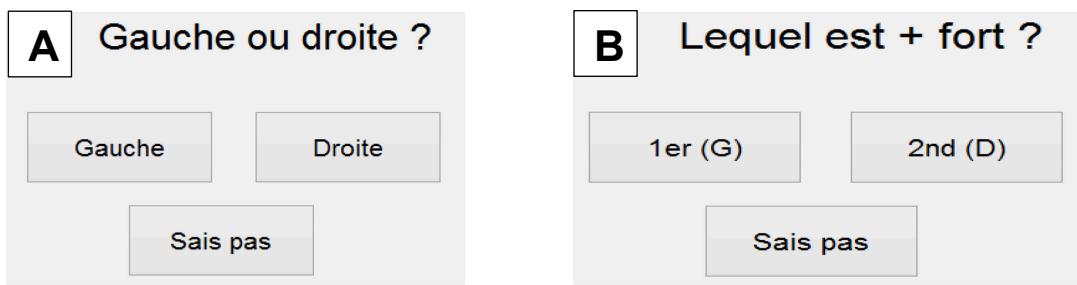


Figure 16 - Fenêtres Matlab permettant d'enregistrer les réponses des patients.
A : Test de « Latéralisation » ; B : Test de « Sonie ».

Le but de ces tests était de trouver le point d'équilibre ou de déséquilibre.

Pour plus de précision, nous avons évalué séparément les sons graves des sons aigus.

Pour chacun des tests, il y avait donc trois passages :

- Un premier passage où les mots étaient filtrés afin de trouver le stéréo-équilibre à partir des fréquences aigues (supérieures à 1 kHz).
- Un deuxième passage, cette fois basé sur les fréquences graves (inférieures à 1 kHz).
- Un troisième passage où les mots étaient présentés dans leur intégralité (appelé « large bande »).

En résumé, pour chaque patient, nous avions six points de stéréo-équilibre qui nous permettaient d'évaluer la différence entre les deux oreilles (en dB SPL) :

- 1 point d'équilibre « Latéralisation Hautes Fréquences » (appelé « HF L »).
- 1 point d'équilibre « Latéralisation Basses Fréquences » (appelé « BF L »).
- 1 point d'équilibre « Latéralisation Large Bande » (appelé « LB L »).
- 1 point d'équilibre « Sonie Hautes fréquences » (appelé « HF S »).
- 1 point d'équilibre « Sonie Basses Fréquences » (appelé « BF S »).
- 1 point d'équilibre « Sonie Large Bande » (appelé « LB S »).

Avant de s'intéresser aux corrélations entre nos 2 tests psychophysiques et les 2 questionnaires, on a commencé par analyser les variations qu'il y avait pour nos résultats obtenus lors des 2 tests « Latéralisation » et « Sonie ».

En effet, afin d'obtenir le point d'équilibre ou de déséquilibre sur les basses fréquences (BF), on a pris la valeur absolue de la somme BF + LB ; puis, on a éliminé les variations qui dépassaient 15 dB en moyenne.

On a fait de même pour les hautes fréquences en prenant la valeur absolue de la somme HF + LB tout en supprimant toutes les variations supérieures à 15 dB.

Pour le test de « latéralisation », 9 sujets sur 51 ont été éliminés et 6 pour le test de « sonie ».

Pour nos 2 tests, on a comparé les résultats obtenus pour chacun par rapport à l'âge, la perte moyenne, l'asymétrie de la perte, les 3 sous-échelles du SSQ, le score total du SSQ, les 15 questions du SSQ et le SHA.

2. Résultats

2.1. Tests audiométriques

Comme vu précédemment, nous avons réalisé une audiométrie avec et sans appareil. Nous mesurer les seuils liminaires sans appareil (Cf. 1.1) et avec appareils, ce qui nous a permis d'obtenir les pertes moyennes sans appareil (PTM SA) et avec appareils (PTM AA).

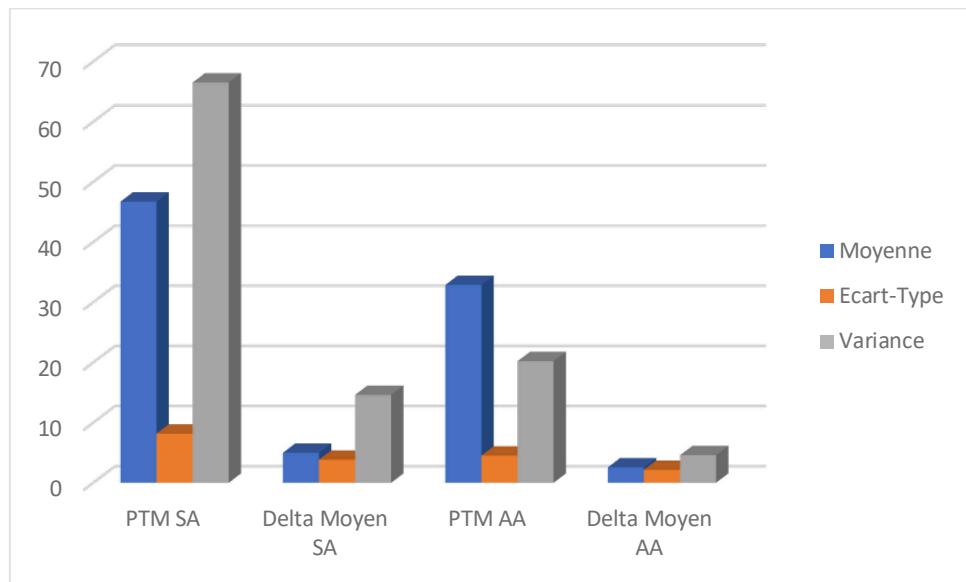
Dans le cadre de notre étude, nous avons pu, grâce à ces mesures, calculer les différences interaurales de perte moyenne (notées Delta Moyen SA), ainsi que celles des seuils prothétiques (notées Delta moyen AA).

Ces différences entre les deux oreilles correspondent à la valeur absolue de la soustraction des valeurs de l'oreille gauche à l'oreille droite.

PTM SA (500-1000-2000-4000)	Delta Moyen SA (500-1000-2000-4000)	PTM AA (500-1000-2000-4000)	Delta Moyen AA (500-1000-2000-4000)
47,5	2,5	33,75	2,5
61,25	5	35	0
51,25	2,5	43,75	2,5
39,375	1,25	28,75	2,5
34,375	6,25	27,5	2,5
38,125	3,75	32,5	0
51,875	6,25	40	5
59,375	3,75	36,25	7,5
45,625	8,75	37,5	7,5
41,25	5	33,75	0
51,25	0	32,5	5
48,75	2,5	34,375	3,75
56,875	1,25	34,375	1,25
43,75	5	29,375	1,25
51,875	8,75	34,375	1,25
40	5	25,625	3,75
40	2,5	35,625	1,25
51,25	2,5	30,625	1,25
50,625	3,75	38,75	0
59,375	6,25	37,5	2,5
40,625	11,25	27,5	2,5
53,75	7,5	38,75	7,5
60,625	1,25	38,75	2,5
46,875	1,25	32,5	5
50,625	1,25	30,625	6,25
35,625	1,25	24,375	1,25
41,25	0	34,375	1,25
45,625	3,75	32,5	2,5
49,375	6,25	33,75	0
45,625	3,75	36,25	0
50,625	1,25	36,25	0
55,625	1,25	29,375	1,25
41,25	7,5	32,5	0
48,75	2,5	31,875	1,25
45,625	3,75	33,125	1,25
53,125	3,75	38,125	3,75
35	7,5	30,625	3,75
46,875	1,25	30	0
49,375	8,75	32,5	2,5
36,25	5	26,875	3,75
60	2,5	38,75	2,5
37,5	17,5	31,875	3,75
45,625	11,25	28,75	0
51,875	3,75	27,5	2,5
43,75	7,5	33,125	6,25
51,875	6,25	32,5	0
46,875	16,25	33,125	1,25
33,125	3,75	25	5
43,125	3,75	34,375	3,75
51,875	6,25	38,125	3,75
20	12,5	20,625	3,75

Tableau 1 – Perte Tonale Moyenne Sans Appareil, Delta Moyen Sans Appareil, Perte Tonale Moyenne Avec Appareils et Delta Moyen Avec Appareils (N=51).

A partir des valeurs obtenues, nous avons calculé la moyenne, l'écart-type et la variance de chacune de ces variables :



Histogramme 1 – Valeurs de la moyenne, de l'écart-type et de la variance pour chacune des mesures et calculs audiométriques.

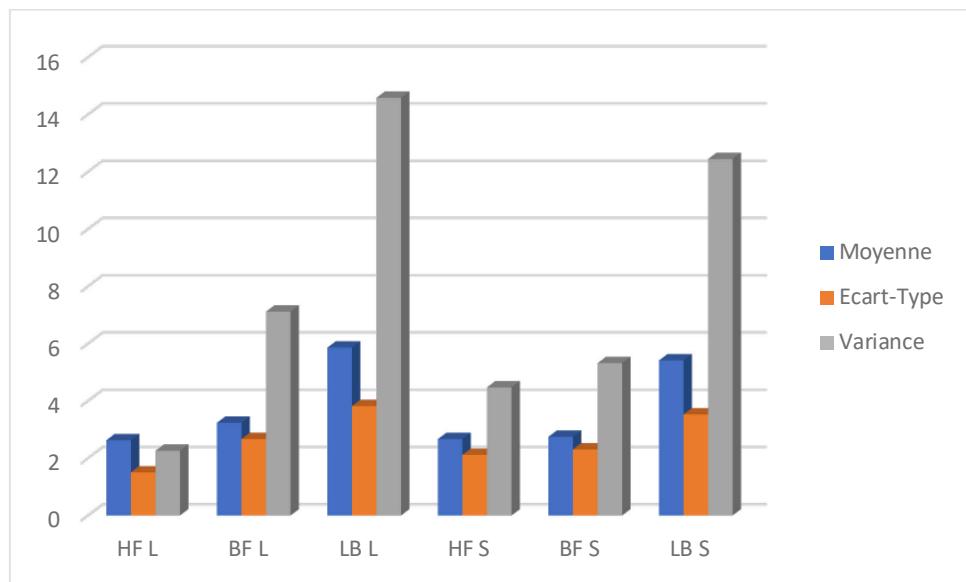
2.2. Tests Latéralisation et Sonie

Suite à la réalisation de nos deux tests psychophysiques et de notre procédure, élimination des variations dépassant 15 dB en moyenne (Cf. 1.3), nous avons obtenues les valeurs suivantes :

HFL	BF L	LARGE BANDE L	HFS	BF S	LARGE BANDE S
2,14	0,05	2,19	0,11	0,03	0,14
1,88	0,19	2,07	5,91	2,02	7,93
1,6	0	1,6	3,9	3,03	6,93
4,46	8,11	12,57			
5,06	7,12	12,18	0,08	3,81	3,89
			3,52	2,21	5,73
3,66	3,66	7,32	3,61	2,06	5,67
2,05	3,66	5,71	1,58	3,4	4,98
3,59	7,05	10,64	1,79	7,86	9,65
			5,09	0,59	5,68
5,16	7,43	12,59	2,97	3,77	6,74
2,06	3,37	5,43	8,73	0,11	8,84
4,21	2,61	6,82	5,46	9,07	14,53
			1,64	2,65	4,29
1,09	1,35	2,44			
3,66	1,67	5,33	5,38	4,62	10
5,01	6,32	11,33			
0,36	6,43	6,79	1,54	1,69	3,23
			6,02	7,52	13,54
			4,13	4,42	8,55
4,35	4,03	8,38			
2,06	1,67	3,73	2,47	6,17	8,64
3,98	7,12	11,1			
3,66	9,5	13,16	7,67	3,87	11,54
			3,94	0,94	4,88
1,7	1,31	3,01	2,69	1,93	4,62
2,06	2,21	4,27	1,47	1,6	3,07
			0,53	1,6	2,13
2,36	5,73	8,09	0,76	6,17	6,93
1,6	1,26	2,86	0,45	2,96	3,41
3,96	0,2	4,16	1,45	1,45	2,9
3,92	5,73	9,65	1,6	0	1,6
			3,98	7,12	11,1
0,07	0,61	0,68	4,42	1,99	6,41
3,49	3,64	7,13	3,41	1,77	5,18
0,46	0,46	0,92	3,66	6,02	9,68
3,37	3,74	7,11	0,15	1,75	1,9
1,61	0,06	1,67	3,66	1,6	5,26
0,59	0,58	1,17	3,66	4,57	8,23
2,57	3,66	6,23	2,06	1,6	3,66
0,76	1,39	2,15	0,39	2,71	3,1
1,6	3,78	5,38	0,52	0,45	0,97
4,21	4,36	8,57	0	1,53	1,53
2,06	0,46	2,52	0,84	0,46	1,3
1,6	3,66	5,26	1,6	0	1,6
0,46	0,46	0,92	0,06	0,46	0,52
1,68	1,84	3,52	2,33	1,6	3,93
2,06	0,46	2,52	0	1,29	1,29
6,02	6,82	12,84			
			2,37	3,12	5,49
2,14	2,11	4,25	2,44	0	2,44

Tableau 2 – Valeurs des deux tests de Latéralisation et de Sonie.
En rouge, les valeurs supprimées qui dépassaient 15 dB (N=51).

Nous avons ensuite calculé la moyenne, l'écart-type et la variance de ces variables :



Histogramme 2 – Valeurs de la moyenne, de l'écart-type et de la variance pour chacune des mesures des tests de Latéralisation et de Sonie.

2.3. Questionnaires SSQ15 et SHA

Après avoir réalisé nos différents tests, les patients ont ensuite remplie deux questionnaires.

Le premier est le SSQ15, divisé en 3 sous-parties : SSQParole, SSQSpatial et SSQQualité dont la moyenne permet d'obtenir le SSQToltal.

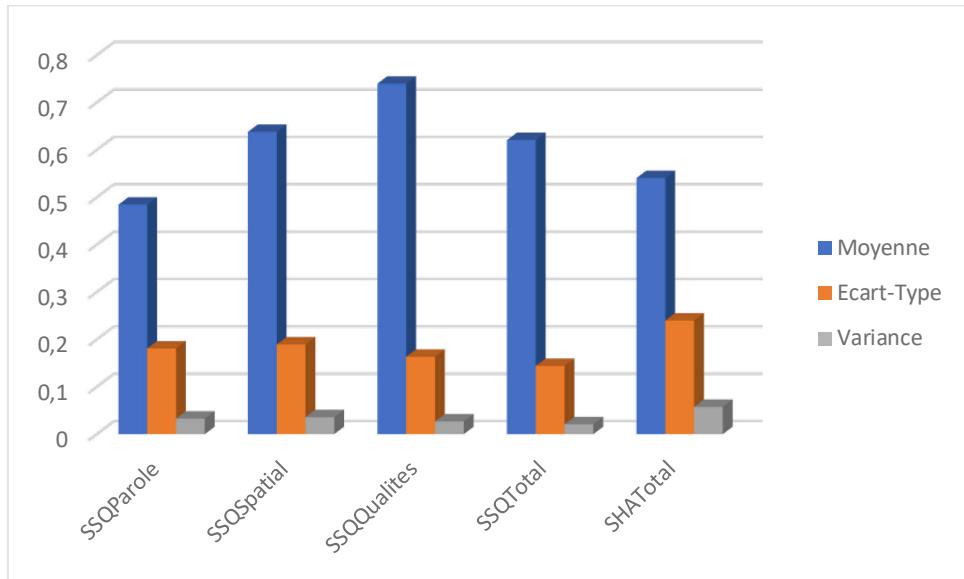
Le deuxième questionnaire est le SHA qui a pour notation SHATotal.

Afin de faciliter l'exploitation de ces résultats, les réponses à ces deux questionnaires ont été normalisées.

SSQParole	SSQSpatial	SSQQualites	SSQToltal	SHATotal
0,86	0,96	0,90	0,91	0,6952
0,38	0,36	0,62	0,45	0
0,44	0,20	0,80	0,48	0,5193
0,32	0,90	0,90	0,71	0,8672
0,74	0,72	0,84	0,77	0,5396
0,96	0,92	0,94	0,94	0,8077
0,28	0,48	0,66	0,47	0,0939
0,48	0,64	0,82	0,65	0,5937
0,32	0,32	0,42	0,35	0,2681
0,58	0,84	0,94	0,79	0,8473
0,44	0,70	0,88	0,67	0,5833
0,52	0,88	1,00	0,80	0,8672
0,22	0,68	0,42	0,44	0,4913
0,72	0,76	0,84	0,77	0,7033
0,32	0,74	0,90	0,65	0,5332
0,46	0,70	0,68	0,61	0,6639
0,50	0,90	0,96	0,79	0,7972
0,76	0,56	0,82	0,71	0,7617
0,08	0,32	0,40	0,27	0,1532
0,38	0,62	0,74	0,58	0,6568
0,70	0,76	0,74	0,73	0,7343
0,48	0,38	0,72	0,53	0,2745
0,74	0,62	0,22	0,53	0,3988
0,28	0,46	0,70	0,48	0,1213
0,42	0,30	0,44	0,39	0,2692
0,58	0,82	0,82	0,74	0,7891
0,46	0,72	0,76	0,65	0,641
0,54	0,38	0,54	0,49	0,309
0,52	0,52	0,64	0,56	0,2301
0,26	0,40	0,74	0,47	0,5518
0,44	0,50	0,56	0,50	0,1993
0,30	0,44	0,70	0,48	0,1806
0,36	0,68	0,76	0,60	0,3124
0,40	0,62	0,64	0,55	0,7891
0,34	0,54	0,74	0,54	0,4148
0,20	0,58	0,66	0,48	0,75
0,38	0,80	0,84	0,67	0,5682
0,36	0,66	0,66	0,56	0,7821
0,56	0,84	0,88	0,76	0,7891
0,62	0,76	0,88	0,75	0,7961
0,50	0,66	0,80	0,65	0,4097
0,66	0,76	0,68	0,70	0,426
0,52	0,80	0,82	0,71	0,7506
0,68	0,40	0,76	0,61	0,5746
0,68	0,78	0,86	0,77	0,7617
0,64	0,70	0,58	0,64	0,3899
0,34	0,58	0,74	0,55	0,595
0,62	0,68	0,84	0,71	0,6294
0,36	0,78	0,84	0,66	0,7069
0,34	0,48	0,70	0,51	0,1871
0,66	0,94	0,98	0,86	0,7891

Tableau 3 – Valeurs des questionnaires SSQ15 et SHA (N=51).

Comme pour les autres variables, nous avons calculé la moyenne, l'écart-type et la variance :



Histogramme 3 – Valeurs de la moyenne, de l'écart-type et de la variance pour les questionnaires.

2.4. Corrélations

Pour toutes les corrélations effectuées, un coefficient de corrélation de Spearman (et pas de Pearson) a été utilisé pour s'affranchir de la fonction linéaire (un lien non linéaire pouvant exister entre nos variables).

De plus, une correction de Bonferroni a dû être appliquée du fait de nombreuses comparaisons dans nos matrices de corrélations.

En effet, normalement quand le p est inférieur à 5%, on peut dire qu'il y a un lien significatif entre deux variables ; dans notre cas, le p a été réduit.

2.4.1. Corrélation SSQ – SHA ($p<0,001$)

Nous avons commencé par voir s'il y avait un lien entre nos 2 questionnaires.

Pour cela nous avons utilisé les valeurs du SSQ et du SHA de nos 51 sujets malentendants testés.

Matrice de corrélation (Spearman) :				
Variables	SSQParole	SSQSpatial	SSQQualite	SHATotal
SSQParole	1	0,465	0,392	0,403
SSQSpatial	0,465	1	0,750	0,760
SSQQualites	0,392	0,750	1	0,698
SHATotal	0,403	0,760	0,698	1

Les valeurs en gras sont différentes de 0 à un niveau de signification alpha=0,001

p-values (Spearman) :

Variables	SSQParole	SSQSpatial	SSQQualite	SHATotal
SSQParole	0	0,001	0,005	0,004
SSQSpatial	0,001	0	<0,0001	<0,0001
SSQQualites	0,005	<0,0001	0	<0,0001
SHATotal	0,004	<0,0001	<0,0001	0

Tableau 4 – Matrice de corrélation entre les 2 questionnaires.

- **SHA et SSQ Spatial : (0,760 avec un $p<0,0001$)**

On a un lien très fort entre le questionnaire SHA et la partie spatiale du SSQ.

On pouvait s'attendre à une telle corrélation car le SHA est un questionnaire d'audition spatiale, tout comme cette sous partie du SSQ.

- **SHA et SSQ Qualité : 0,698 ($p<0,0001$)**

Cette corrélation est surprenante. Néanmoins, elle pourrait s'expliquer par la forte corrélation entre le SSQ Spatial et le SSQ Qualité avec 0,750 ($p<0,0001$).

2.4.2. Corrélation PTM - SSQ – SHA ($p<0,001$)

Matrice de corrélation (Spearman) :							
Variables	PTM SA (500-1000-)	PTM AA (500-1000-)	SSQParole	SSQSpatial	SSQQualite s	SSQTotal	SHATotal
PTM SA (500)	1	0,618	-0,308	-0,566	-0,459	-0,559	-0,484
PTM AA (500)	0,618	1	-0,407	-0,409	-0,295	-0,475	-0,410
SSQParole	-0,308	-0,407	1	0,465	0,392	0,721	0,403
SSQSpatial	-0,566	-0,409	0,465	1	0,750	0,890	0,760
SSQQualites	-0,459	-0,295	0,392	0,750	1	0,850	0,698
SSQTotal	-0,559	-0,475	0,721	0,890	0,850	1	0,760
SHATotal	-0,484	-0,410	0,403	0,760	0,698	0,760	1

Les valeurs en gras sont différentes de 0 à un niveau de signification alpha=0,001

p-values (Spearman) :

Variables	PTM SA (500-1000-)	PTM AA (500-1000-)	SSQParole	SSQSpatial	SSQQualite s	SSQTotal	SHATotal
PTM SA (500)	0	<0,0001	0,028	<0,0001	0,001	<0,0001	0,000
PTM AA (500)	<0,0001	0	0,003	0,003	0,036	0,000	0,003
SSQParole	0,028	0,003	0	0,001	0,005	<0,0001	0,004
SSQSpatial	<0,0001	0,003	0,001	0	<0,0001	<0,0001	<0,0001
SSQQualites	0,001	0,036	0,005	<0,0001	0	<0,0001	<0,0001
SSQTotal	<0,0001	0,000	<0,0001	<0,0001	<0,0001	0	<0,0001
SHATotal	0,000	0,003	0,004	<0,0001	<0,0001	<0,0001	0

Tableau 5 – Matrice de corrélation entre la perte tonale moyenne (avec et sans appareil) et les 2 questionnaires.

Les scores aux 2 questionnaires d'audition spatiale (SHA et SSQ Spatial) sont fortement corrélés avec la perte tonale moyenne (PTM), sans aide auditive mais aussi avec aide auditive. Cependant, cette dernière corrélation n'est pas significative après correction de Bonferroni.

Plus la perte tonale moyenne sans appareil est grande et plus le score spatial des 2 questionnaires est faible.

- **PTM SA avec SSQ Spatial : $R = -0,566$ ($p<0,0001$)**
- **PTM SA avec SHA Total : $R = -0,484$ ($p<0,0003$)**

- **PTM AA avec SSQ Spatial : $R = -0,409$ ($p=0,003$)**
- **PTM AA avec SHA Total : $R = -0,410$ ($p=0,003$)**

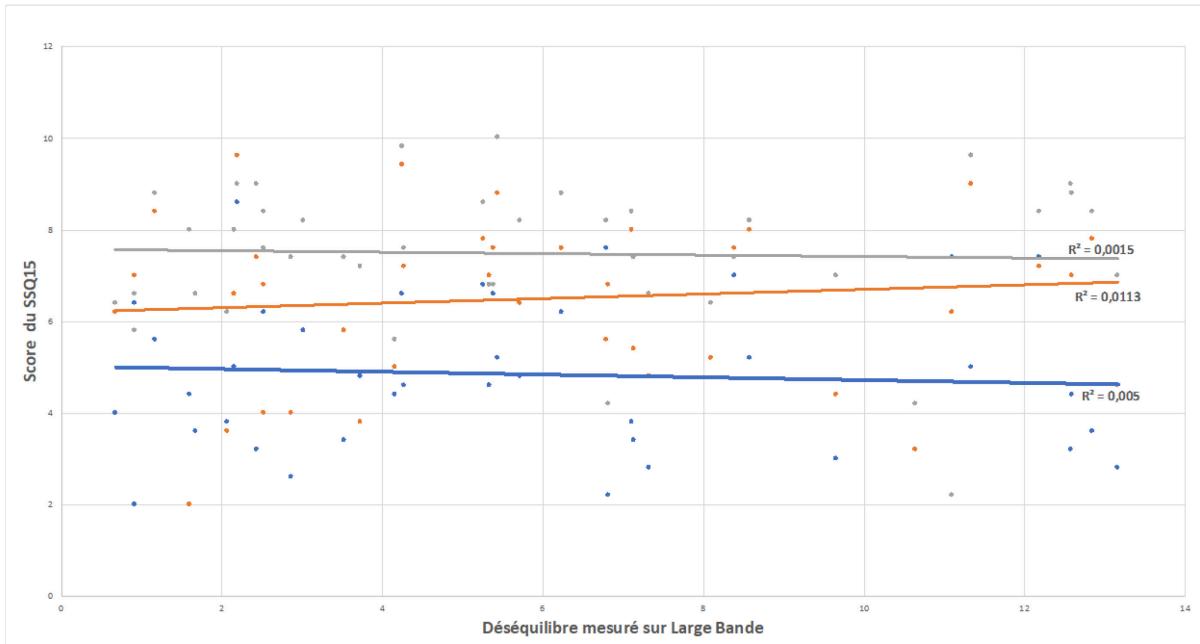
2.4.3. Corrélation Latéralisation - SSQ – SHA ($p<0,01$)

Matrice de corrélation (Spearman) :				p-values (Spearman) :			
Variables	HF L	BF L	LARGE BANDE L	Variables	HF L	BF L	LARGE BANDE L
HF L	1	0,610	0,829	HF L	0	<0,0001	<0,0001
BF L	0,610	1	0,930	BF L	<0,0001	0	<0,0001
LARGE BANDE L	0,829	0,930	1	LARGE BANDE L	<0,0001	<0,0001	0
AGE	-0,079	-0,092	-0,113	AGE	0,616	0,561	0,475
PTM SA (500)	-0,250	-0,221	-0,250	PTM SA (500)	0,110	0,160	0,110
Delta Moyen	-0,170	-0,006	-0,100	Delta Moyen	0,280	0,970	0,528
PTM AA (500)	-0,123	-0,110	-0,095	PTM AA (500)	0,436	0,487	0,549
Delta Moyen	0,144	0,297	0,257	Delta Moyen	0,360	0,056	0,101
1. Vous discutez	-0,027	0,094	0,018	1. Vous discutez	0,863	0,554	0,912
2. Vous êtes	-0,122	-0,053	-0,116	2. Vous êtes	0,442	0,738	0,463
3. Vous discutez	-0,040	-0,082	-0,081	3. Vous discutez	0,799	0,603	0,610
4. Vous êtes	-0,133	-0,018	-0,107	4. Vous êtes	0,399	0,908	0,500
5. Vous discutez	-0,028	0,027	-0,016	5. Vous discutez	0,858	0,865	0,920
6. Vous êtes	0,143	0,095	0,083	6. Vous êtes	0,366	0,547	0,598
7. Vous êtes	0,106	0,026	-0,001	7. Vous êtes	0,505	0,872	0,997
8. Vous êtes	0,231	0,216	0,193	8. Vous êtes	0,141	0,168	0,220
9. Pouvez-vous	0,122	0,159	0,108	9. Pouvez-vous	0,440	0,312	0,495
10. Pouvez-vous	0,127	0,158	0,106	10. Pouvez-vous	0,422	0,317	0,501
11. Pouvez-vous	-0,025	0,010	-0,015	11. Pouvez-vous	0,874	0,948	0,927
12. Pouvez-vous	-0,019	0,117	0,062	12. Pouvez-vous	0,905	0,460	0,697
13. Pouvez-vous	0,018	-0,005	-0,008	13. Pouvez-vous	0,909	0,976	0,961
14. Lorsque vous	0,097	0,175	0,157	14. Lorsque vous	0,540	0,266	0,320
15. Les bruits	0,042	0,124	0,088	15. Les bruits	0,791	0,434	0,578
SSQParole	-0,077	0,004	-0,061	SSQParole	0,625	0,982	0,699
SSQSpatial	0,169	0,152	0,119	SSQSpatial	0,283	0,337	0,452
SSQQualites	0,072	0,128	0,110	SSQQualites	0,648	0,417	0,488
SSQTotal	0,047	0,137	0,076	SSQTotal	0,768	0,385	0,634
SHATotal	-0,095	-0,020	-0,094	SHATotal	0,549	0,900	0,554

Les valeurs en gras sont différentes de 0 à un niveau de signification alpha=0,01

Tableau 6 – Matrice de corrélation entre les résultats au test « Latéralisation » et les 2 questionnaires.

La matrice de corrélation avec les résultats du test de « Latéralisation » ne montre rien de significatif, à part une corrélation tout à fait normale entre nos différentes bandes fréquentielles testées.



Graphique 1 – Nuage de points du score SSQ15 en fonction du déséquilibre mesuré au test de « Latéralisation ». Les 5 premières questions SSQ Parole en bleu, les 5 questions SSQ Spatial en orange et les 5 questions SSQ Qualité en gris.

Sur ce graphique, on remarque qu'il n'y a effectivement pas de corrélation entre notre test de « Latéralisation » et les réponses du SSQ15.

En effet, les courbes de tendances restent « plates » quel que soit la sous -partie du SSQ15.

2.4.4. Corrélation Sonie - SSQ – SHA ($p<0,01$)

Matrice de corrélation (Spearman) :				p-values (Spearman) :			
Variables	HF S	BF S	LARGE BANDE S	Variables	HF S	BF S	LARGE BANDE S
HF S	1	0,361	0,830	HF S	0	0,015	<0,0001
BF S	0,361	1	0,782	BF S		0,015	<0,0001
LARGE BANDE S	0,830	0,782	1	LARGE BANDE S	<0,0001	<0,0001	0
AGE	0,277	0,300	0,349	AGE	0,066	0,045	0,019
PTM SA (500)	0,217	0,248	0,264	PTM SA (500)	0,152	0,101	0,080
Delta Moyen	-0,200	0,068	-0,067	Delta Moyen	0,187	0,656	0,662
PTM AA (500)	0,231	0,411	0,412	PTM AA (500)	0,126	0,005	0,005
Delta Moyen	0,004	0,036	0,037	Delta Moyen	0,978	0,813	0,808
1. Vous discutez	-0,460	-0,385	-0,490	1. Vous discutez	0,002	0,009	0,001
2. Vous êtes	-0,412	-0,316	-0,449	2. Vous êtes	0,005	0,035	0,002
3. Vous discutez	-0,236	-0,347	-0,355	3. Vous discutez	0,119	0,020	0,017
4. Vous êtes	-0,315	-0,404	-0,412	4. Vous êtes	0,035	0,006	0,005
5. Vous discutez	-0,410	-0,452	-0,476	5. Vous discutez	0,005	0,002	0,001
6. Vous êtes	-0,152	-0,267	-0,230	6. Vous êtes	0,318	0,077	0,128
7. Vous êtes	-0,061	-0,230	-0,166	7. Vous êtes	0,692	0,128	0,276
8. Vous êtes	-0,118	-0,236	-0,185	8. Vous êtes	0,439	0,119	0,222
9. Pouvez-vous	-0,266	-0,445	-0,386	9. Pouvez-vous	0,078	0,002	0,009
10. Pouvez-vous	-0,077	-0,235	-0,162	10. Pouvez-vous	0,615	0,120	0,285
11. Pouvez-vous	-0,290	-0,395	-0,369	11. Pouvez-vous	0,054	0,008	0,013
12. Pouvez-vous	-0,082	-0,207	-0,143	12. Pouvez-vous	0,593	0,172	0,349
13. Pouvez-vous	-0,124	-0,218	-0,188	13. Pouvez-vous	0,414	0,150	0,216
14. Lorsque vous	-0,164	-0,322	-0,254	14. Lorsque vous	0,281	0,031	0,092
15. Les bruits	-0,053	-0,288	-0,190	15. Les bruits	0,729	0,056	0,209
SSQParole	-0,451	-0,461	-0,534	SSQParole	0,002	0,002	0,000
SSQSpatial	-0,155	-0,324	-0,262	SSQSpatial	0,309	0,030	0,082
SSQQualites	-0,168	-0,312	-0,261	SSQQualites	0,270	0,037	0,083
SSQTotal	-0,298	-0,416	-0,399	SSQTotal	0,047	0,005	0,007
SHATotal	0,043	-0,291	-0,120	SHATotal	0,776	0,053	0,432

Les valeurs en gras sont différentes de 0 à un niveau de signification alpha=0,01

Tableau 7 – Matrice de corrélation entre les résultats au test « Sonie » et les 2 questionnaires.

Contrairement au test de « Latéralisation », le test de « Sonie » montre quelques pistes exploitables.

En effet, il y a un lien très fort entre notre test de « Sonie » et les 5 premières questions du SSQ15 (SSQ Parole) :

Les coefficients pour les HF, BF et LB dépassent les 0,45.

- **HF S – SSQ Parole: $R = -0,451$ ($p=0,002$)**
- **BF S – SSQ Parole: $R = -0,461$ ($p=0,002$)**
- **LB S – SSQ Parole: $R = -0,534$ ($p=0,0002$)**

Les relations sont négatives car nous avons fait la valeur absolue du déséquilibre mesuré.

En outre, plus le score SSQ est bon (ou élevé), et plus le déséquilibre mesuré entre les 2 oreilles décroît.

Ou à l'inverse, plus le déséquilibre mesuré en sonie est élevé, et plus le score du SSQ baisse.

On pouvait s'attendre à de tels résultats. En effet, en théorie, si le score au SSQ est de 10 (maximal) alors on ne devrait pas avoir de déséquilibre mesuré.

Si on regarde les 5 premières questions par rapport à « LB S », à l'exception de la question 3 où on est à la limite de la significativité, les questions 1,2,4,5 sont très reliées à la mesure psychophysique que l'on a faite.

Ces 5 premières questions du SSQ15, qui mesurent la même chose, c'est à dire l'intelligibilité dans le bruit, ont donc un lien très fort avec notre mesure psychophysique.

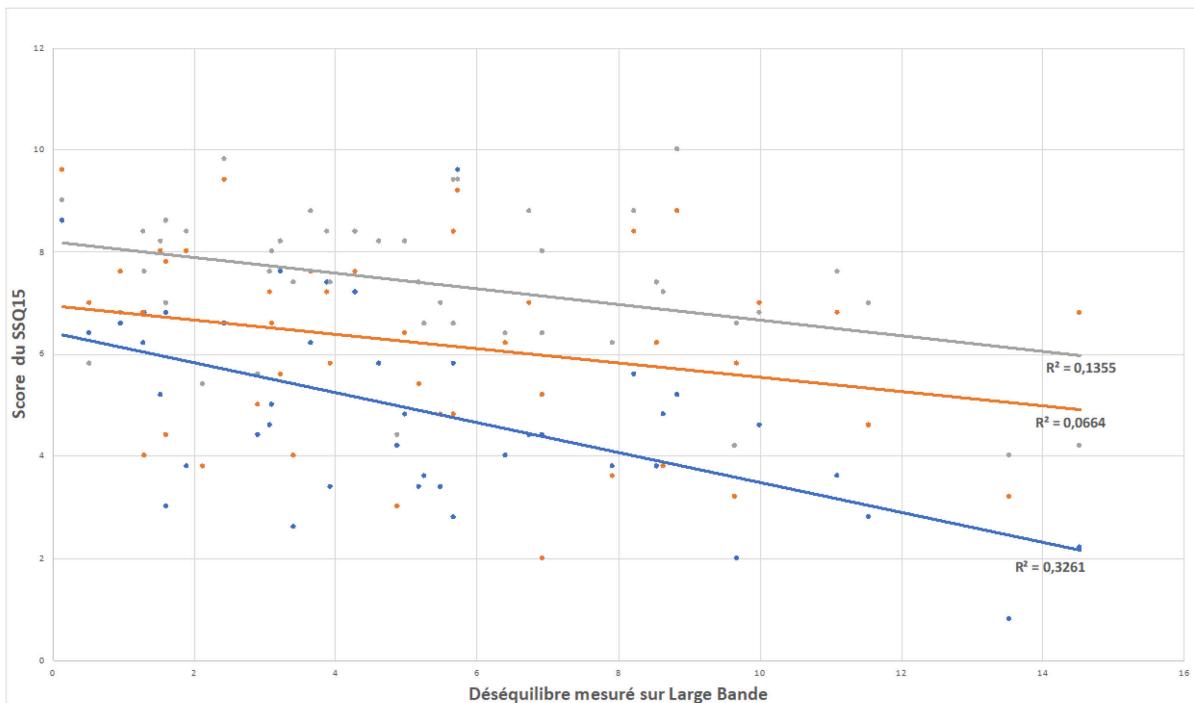
Ce qui peut sous -entendre que si l'on avait fait des tests dans le bruit, on aurait pu prétendre à des résultats montrant le même lien.

→ Il y a une corrélation très forte entre notre test de « Sonie » et la sous-partie SSQ parole ; le questionnaire SSQ15 est suffisamment sensible pour pouvoir montrer ce lien.

A noter :

- qu'on trouve un lien fort et significatif entre le SSQ Total et notre test de « Sonie » ; mais ce lien est probablement indirectement lié à la forte corrélation avec le SSQ Parole.
- qu'il y a aussi un lien à la question 9 et la question 11. Cependant, deux événements peuvent être reliés ou corrélés sans pour autant avoir des rapports de cause à effet. Ici, le lien entre ces deux questions et les résultats de notre test peut être discuté, et est probablement lié au hasard. En effet, chacune des deux questions provient d'une sous-partie différente de celle qui présente une très forte corrélation avec notre test de Sonie.

Comme pour le test de « Latéralisation », on peut réaliser un graphique en nuage de points pour observer nos résultats.



Graphique 2 – Nuage de points du score SSQ15 en fonction du déséquilibre mesuré au test de « Sonie ». Les 5 premières questions SSQ Parole en bleu, les 5 questions SSQ Spatial en orange et les 5 questions SSQ Qualité en gris.

On peut retrouver notre corrélation vue précédemment avec les 5 premières questions du SSQ15.

Notre test de « Sonie » n'explique pas tout, et c'est normal car il y a d'autres facteurs qui montrent que le patient n'entend pas bien ; mais il faut noter tout de même que l'on a 32% d'expliquer.

En effet, le coefficient de détermination R^2 (Pearson) exprime le pourcentage de variance expliquée. Donc dans notre cas, 32% de la variance du SSQ Parole est expliqué par la variance de la mesure psychophysique du test de « Sonie ».

3. Discussion

Certaines remarques concernant cette étude peuvent être faites :

- Les réponses données par les sujets aux 2 questionnaires utilisés (SSQ15 et SHA) peuvent être considérés comme subjectives, ce qui implique une certaine difficulté d'exploitation de ces résultats dans la prise en compte de cette subjectivité.
- La difficulté de trouver un point d'équilibre ou de déséquilibre avec nos tests « Latéralisation » et « Sonie » dans certains cas.

En effet, l'algorithme ne s'arrête que lorsqu'il a trouvé son point de stéréoéquilibre. En cas de réponses non cohérentes avec les précédentes, l'algorithme pouvait continuer le test et converger vers un point d'équilibre un peu biaisé par la fatigue et/ou la perte de concentration du patient.
- Concernant le test de « Latéralisation », aucune corrélation n'a été mise en évidence avec nos questionnaires d'audition spatiale (SSQ Spatial et SHA), ce qui reste surprenant étant donné que le test de « Latéralisation » est une épreuve d'audition spatial.
- On peut aussi se questionner sur l'absence de corrélation entre l'asymétrie auditive et les 2 questionnaires d'audition spatiale (SSQ Spatial et SHA). Effectivement, il peut paraître surprenant que l'asymétrie entre les deux oreilles (facteur important de la capacité de localisation spatiale) ne soit pas en lien

avec les réponses de nos questionnaires. Cette absence de relation dans notre étude peut venir du fait que la plupart des sujets n'avaient pas des asymétries très prononcées. Cela peut d'ailleurs expliquer l'absence d'autre corrélations dans nos résultats. Il serait donc utile pour de prochaines études sur ce thème, d'inclure des patients ayant une asymétrie tonale plus prononcée.

CONCLUSION

Ce travail nous indique que si nous ne vérifions pas l'équilibre binaural chez nos patients, même ceux ayant une surdité symétrique, nous ne les mettons pas dans les meilleures conditions pour comprendre dans le bruit.

En effet, le test de « Sonie » montre une forte corrélation entre le déséquilibre mesuré et les 5 premières questions du SSQ15 (SSQ Parole qui symbolise la compréhension dans des milieux bruyants).

Notre étude montre aussi que le SSQ15 est assez homogène et qu'il dissocie bien les sous-parties : Audition de la parole, Audition spatiale et Qualité d'audition.

En tant qu'audioprothésiste, cela ouvre des pistes : si on constate que l'on est en dessous d'une certaine valeur au sous-score SSQ Parole, on peut se poser la question d'un déséquilibre entre les deux oreilles ou pas.

On peut aussi l'envisager dans l'autre sens : si on mesure un déséquilibre avec nos mesures psychophysiques, on peut se demander si le patient a une bonne compréhension dans le bruit.

A partir de la pente de notre droite de régression du score SSQParole (Graphique 2), on remarque que pour tous les 3 dB d'asymétrie mesurée avec le test de Sonie, on a un gain de 1 sur le résultat du SSQParole.

Le Maître de Mémoire
GALLEGO Stéphane

VU et PERMIS D'IMPRIMER
LYON, le 16 octobre 2020

Le Directeur de l'Enseignement
Stéphane GALLEGO

BIBLIOGRAPHIE

- [1] M. D. Arsenault et J. L. Punch, « Nonsense-syllable recognition in noise using monaural and binaural listening strategies », *J. Acoust. Soc. Am.*, vol. 105, no 3, p. 1821-1830, mars 1999.
- [2] R. Carhart, « Monaural and Binaural Discrimination against Competing Sentences », *J. Acoust. Soc. Am.*, vol. 37, no 6, p. 1205-1205, juin 1965.
- [3] H. Steven Colburn, B. Shinn-Cunningham, G. Kidd, et N. Durlach, « The perceptual consequences of binaural hearing », *Int. J. Audiol.*, vol. 45 Suppl 1, p. S34-44, 2006.
- [4] F. Hassepass et al., « Unilateral deafness in children: audiologic and subjective assessment of hearing ability after cochlear implantation », *Otol. Neurotol. Off. Publ. Am. Otol. Soc. Am. Neurotol. Soc. Eur. Acad. Otol. Neurotol.*, vol. 34, no 1, p. 53-60, janv. 2013.
- [5] P. Schleich, P. Nopp, et P. D'Haese, « Head shadow, squelch, and summation effects in bilateral users of the MED-EL COMBI 40/40+ cochlear implant », *Ear Hear.*, vol. 25, no 3, p. 197-204, juin 2004.
- [6] J. B. Ahlstrom, A. R. Horwitz, et J. R. Dubno, « Spatial Benefit of Bilateral Hearing Aids », *Ear Hear.*, vol. 30, no 2, p. 203-218, avr. 2009.
- [7] T. Y. C. Ching, P. Incerti, et M. Hill, « Binaural benefits for adults who use hearing aids and cochlear implants in opposite ears », *Ear Hear.*, vol. 25, no 1, p. 9-21, févr. 2004.
- [8] A. de Cheveigné, « Structure du système auditif », p. 86.
- [9] « Fonctionnement de l'audition ». [En ligne].

Disponible sur : <https://www.ideal-audition.fr/audition>.

- [10] D. R. M. Langers, P. van Dijk, et W. H. Backes, « Lateralization, connectivity and plasticity in the human central auditory system », *NeuroImage*, vol. 28, no 2, p. 490-499, nov. 2005.
- [11] B. Grothe, M. Pecka, et D. McAlpine, « Mechanisms of Sound Localization in Mammals », *Physiol. Rev.*, vol. 90, no 3, p. 983-1012, juill. 2010.
- [12] C. Berger-Vachon, « Aspects physiologiques de la perception auditive. Application à une prothèse auditive implantée : l'implant cochléaire », *J3eA*, vol. 3, p. 014, 2004.
- [13] M. Konishi, « Listening with two ears », *Sci. Am.*, vol. 268, n° 4, p. 66-73, avr. 1993.
- [14] P. Heil, H. Scheich, E. Budinger, et R. Konig, *The Auditory Cortex: A Synthesis of Human and Animal Research*. Psychology Press, 2005.
- [15] O. Ferber, « Audioprothèse et son 3D: étude et application du son binaural à un dispositif de rééducation auditive », p. 231.
- [16] L. R. O. M. P. R.S, « XII. On our perception of sound direction », *Lond. Edinb. Dublin Philos. Mag. J. Sci.*, vol. 13, no 74, p. 214-232, févr. 1907.
- [17] « Fig. 2. Low and high frequency sound signals showing head shadow effect... », ResearchGate. [En ligne]. Disponible sur: https://www.researchgate.net/figure/Low-and-high-frequency-sound-signals-showing-head-shadow-effect-12_fig1_224330996.
- [18] R. Y. Litovsky, H. S. Colburn, W. A. Yost, et S. J. Guzman, « The precedence effect », *J. Acoust. Soc. Am.*, vol. 106, no 4 Pt 1, p. 1633-1654, oct. 1999.
- [19] P. Avan, F. Giraudet, et B. Büki, « Importance of Binaural Hearing », *Audiol. Neurotol.*, vol. 20, no Suppl. 1, p. 3-6, 2015.
- [20] P. Heil, « Towards a unifying basis of auditory thresholds: binaural summation », *J. Assoc. Res. Otolaryngol. JARO*, vol. 15, no 2, p. 219-234, avr. 2014.

- [21] J. Peissig et B. Kollmeier, « Directivity of binaural noise reduction in spatial multiple noise-source arrangements for normal and impaired listeners », *J. Acoust. Soc. Am.*, vol. 101, no 3, p. 1660-1670, mars 1997.
- [22] I. J. Hirsh, « The Influence of Interaural Phase on Interaural Summation and Inhibition », *J. Acoust. Soc. Am.*, vol. 20, no 4, p. 536-544, juill. 1948.
- [23] « (PDF) Localisation et Audition Binaurale. Effets des dommages cochléaires sur la localisation des sons et l'audition binaurale. », ResearchGate. [En ligne]. Disponible sur:
https://www.researchgate.net/publication/273453785_Localisation_et_Audition_Binaurale_Effets_des_dommages_cochleaires_sur_la_localisation_des_sons_et_l'audition_binaurale.
- [24] « The Speech, Spatial and Qualities of Hearing Scale (SSQ) ». [En ligne]. Disponible sur : <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC5593096/>.
- [25] A. Moulin, J. Vergne, S. Gallego, et C. Micheyl, « A New Speech, Spatial, and Qualities of Hearing Scale Short-Form: Factor, Cluster, and Comparative Analyses », *Ear Hear.*, vol. 40, no 4, p. 938-950, août 2019.
- [26] Christophe Micheyl et al., « Inferring spatial-hearing abilities based on questionnaire data using item-response theory ».
- [27] M. R. Leek, « Adaptive procedures in psychophysical research », *Percept. Psychophys.*, vol. 63, no 8, p. 1279-1292, nov. 2001.
- [28] L. L. Kontsevich et C. W. Tyler, « Bayesian adaptive estimation of psychometric slope and threshold », *Vision Res.*, vol. 39, no 16, p. 2729-2737, août 1999.
- [29] « LatestversionofISHAmanuscript.pdf ».

ANNEXES

1. SSQ

Questionnaire d'écoute spatiale

Conseils pour répondre aux questions

Les questions suivantes concernent vos capacités et votre expérience en matière d'audition et d'écoute dans le cadre de situations diverses.

Pour chacune des questions, vous devez mettre la réponse sur l'échelle située à droite, à l'aide d'une croix, à l'endroit choisi entre 0 et 10. Une croix sur la valeur 10 signifie que vous êtes parfaitement capable de faire ce qui est décrit dans la question correspondante. Une croix sur la valeur 0 indique que vous ne pouvez pas faire ce qui est décrit.

Exemple :

0. Vous pouvez suivre une conversation avec une personne en face de vous, dans le calme.	Non, pas du tout 0 1 2 3 4 5 6 7 8 9 10 <input type="checkbox"/> <small>Non applicable</small>
--	--

La question 0 se rapporte à votre capacité de suivre une conversation. Si vous êtes tout à fait capable de le faire, placez une croix sur l'extrême droite de l'échelle, sur le nombre 10. Si vous êtes capable de suivre environ la moitié de la conversation dans une telle situation, placez la marque vers le milieu de l'échelle (le 5) et ainsi de suite. Si vous n'arrivez pas du tout à suivre une conversation, placez la croix sur le 0, à gauche de l'échelle.

Nous espérons que toutes les questions sont pertinentes au regard de votre vie quotidienne. Si ce n'est pas le cas pour certaines questions, veuillez cocher la case « non applicable ». Merci de bien vouloir expliquer en quelques mots à côté de la question la raison pour laquelle elle n'est pas pertinente dans votre cas.

Date: _____

1/10

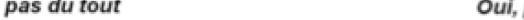
SSQ. Speech Spatial Qualities version 5.6. Version française AM02 (2015) Partie 1/3

1ère partie : Audition de la parole

1. Vous discutez avec une autre personne dans une pièce dans laquelle un téléviseur est allumé. Pouvez-vous suivre les propos de votre interlocuteur sans baisser le son du téléviseur ?	Non, pas du tout 0 1 2 3 4 5 6 7 8 9 10 <input type="checkbox"/> <small>Non applicable</small>
2. Vous discutez avec quelqu'un dans un salon calme et dont le sol est recouvert de moquette. Pouvez-vous suivre ce que dit cette personne ?	Non, pas du tout 0 1 2 3 4 5 6 7 8 9 10 <input type="checkbox"/> <small>Non applicable</small>
3. Vous êtes assis autour d'une table avec un groupe de cinq personnes environ. L'endroit est calme. Vous pouvez voir toutes les personnes du groupe. Pouvez-vous suivre la conversation ?	Non, pas du tout 0 1 2 3 4 5 6 7 8 9 10 <input type="checkbox"/> <small>Non applicable</small>
4. Vous êtes assis autour d'une table avec un groupe de cinq personnes environ, dans un restaurant animé. Vous pouvez voir toutes les personnes du groupe. Pouvez-vous suivre la conversation ?	Non, pas du tout 0 1 2 3 4 5 6 7 8 9 10 <input type="checkbox"/> <small>Non applicable</small>
5. Vous discutez avec une autre personne. Il y a un bruit de fond continu (ventilateur ou eau qui coule par exemple). Pouvez-vous suivre ce que dit l'autre personne ?	Non, pas du tout 0 1 2 3 4 5 6 7 8 9 10 <input type="checkbox"/> <small>Non applicable</small>

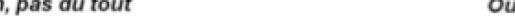
2/10

SSQ. Speech Spatial Qualities version 5.6. Version française AM02 (2015) Partie 1/3

6. Vous êtes assis autour d'une table avec un groupe de cinq personnes environ, dans un restaurant animé. Vous NE pouvez PAS voir toutes les personnes du groupe. Pouvez-vous suivre la conversation ?	<p>Non, pas du tout</p>  <p>Oui, parfaitement</p> <p>0 1 2 3 4 5 6 7 8 9 10 <input type="checkbox"/> Non applicable</p>
7. Vous discutez avec quelqu'un dans un endroit dans lequel l'écho est important, comme une église ou un hall de gare. Pouvez-vous suivre ce que dit cette personne ?	<p>Non, pas du tout</p>  <p>Oui, parfaitement</p> <p>0 1 2 3 4 5 6 7 8 9 10 <input type="checkbox"/> Non applicable</p>
8. Pouvez-vous avoir une conversation avec quelqu'un, lorsqu'une autre personne parle avec une voix de même hauteur (aussi grave ou aussi aiguë) que celle de votre interlocuteur ?	<p>Non, pas du tout</p>  <p>Oui, parfaitement</p> <p>0 1 2 3 4 5 6 7 8 9 10 <input type="checkbox"/> Non applicable</p>
9. Pouvez-vous discuter avec quelqu'un si une autre personne parle simultanément avec une voix de hauteur différente ? (voix plus grave ou plus aiguë)	<p>Non, pas du tout</p>  <p>Oui, parfaitement</p> <p>0 1 2 3 4 5 6 7 8 9 10 <input type="checkbox"/> Non applicable</p>
10. Vous écoutez la personne qui vous parle tout en essayant simultanément de suivre les informations à la télévision. Pouvez-vous suivre ce que disent les deux personnes ?	<p>Non, pas du tout</p>  <p>Oui, parfaitement</p> <p>0 1 2 3 4 5 6 7 8 9 10 <input type="checkbox"/> Non applicable</p>
11. Vous discutez avec quelqu'un dans une pièce dans laquelle beaucoup d'autres personnes parlent. Pouvez-vous suivre ce que vous dit votre interlocuteur ?	<p>Non, pas du tout</p>  <p>Oui, parfaitement</p> <p>0 1 2 3 4 5 6 7 8 9 10 <input type="checkbox"/> Non applicable</p>

3/10

SSQ. Speech Spatial Qualities version 5.6. Version française AM02 (2015) Partie 1/3

12. Vous vous trouvez dans un groupe de personnes qui prennent la parole les unes après les autres. Pouvez-vous suivre facilement la conversation sans rater le début de ce que dit chaque personne ?	<p>Non, pas du tout </p> <p>Oui, parfaitement</p> <p>0 1 2 3 4 5 6 7 8 9 10 <input type="checkbox"/> Non applicable</p>
13. Pouvez-vous facilement avoir une conversation au téléphone ?	<p>Non, pas du tout </p> <p>Oui, parfaitement</p> <p>0 1 2 3 4 5 6 7 8 9 10 <input type="checkbox"/> Non applicable</p>
14. Vous êtes au téléphone avec quelqu'un et une autre personne, près de vous, commence à parler. Pouvez-vous suivre ce que disent les deux personnes ?	<p>Non, pas du tout </p> <p>Oui, parfaitement</p> <p>0 1 2 3 4 5 6 7 8 9 10 <input type="checkbox"/> Non applicable</p>

4/10

2ème partie : Audition spatiale

1. Vous vous trouvez à l'extérieur, dans un endroit qui ne vous est pas familier. Vous entendez le bruit d'une tondeuse à gazon. Vous ne pouvez voir ni la tondeuse à gazon ni la personne qui l'utilise. Pouvez-vous indiquer tout de suite d'où vient le bruit ?	<i>Non, pas du tout</i> <i>Oui, parfaitement</i> 0 1 2 3 4 5 6 7 8 9 10 <input type="checkbox"/> <i>Non applicable</i>
2. Vous êtes assis autour d'une table ou participez à une réunion avec plusieurs personnes. Vous ne pouvez pas voir toutes les personnes. Pouvez-vous dire où est chaque personne dès qu'elle prend la parole ?	<i>Non, pas du tout</i> <i>Oui, parfaitement</i> 0 1 2 3 4 5 6 7 8 9 10 <input type="checkbox"/> <i>Non applicable</i>
3. Vous êtes assis entre deux personnes. L'une d'elles commence à parler. Pouvez-vous dire immédiatement, sans regarder, s'il s'agit de la personne assise à votre gauche ou à votre droite ?	<i>Non, pas du tout</i> <i>Oui, parfaitement</i> 0 1 2 3 4 5 6 7 8 9 10 <input type="checkbox"/> <i>Non applicable</i>
4. Vous vous trouvez dans une maison inconnue. Tout est calme. Vous entendez une porte claquer. Pouvez-vous indiquer immédiatement d'où vient le bruit ?	<i>Non, pas du tout</i> <i>Oui, parfaitement</i> 0 1 2 3 4 5 6 7 8 9 10 <input type="checkbox"/> <i>Non applicable</i>
5. Vous tenez dans la cage d'escalier d'un bâtiment, il y a des étages au-dessus et en dessous de vous. Vous entendez du bruit à un autre étage. Pouvez-vous indiquer facilement d'où vient le bruit ?	<i>Non, pas du tout</i> <i>Oui, parfaitement</i> 0 1 2 3 4 5 6 7 8 9 10 <input type="checkbox"/> <i>Non applicable</i>

5/10

6. Vous êtes à l'extérieur. Un chien aboie bruyamment. Pouvez-vous indiquer immédiatement où il se trouve, sans regarder ?	<i>Non, pas du tout</i> <i>Oui, parfaitement</i> 0 1 2 3 4 5 6 7 8 9 10 <input type="checkbox"/> <i>Non applicable</i>
7. Vous êtes sur le trottoir d'une rue animée. Pouvez-vous entendre immédiatement de quelle direction un bus ou un camion arrive avant de l'avoir vu ?	<i>Non, pas du tout</i> <i>Oui, parfaitement</i> 0 1 2 3 4 5 6 7 8 9 10 <input type="checkbox"/> <i>Non applicable</i>
8. Dans la rue, pouvez-vous dire à quelle distance se trouve une personne uniquement au son de sa voix ou de ses pas ?	<i>Non, pas du tout</i> <i>Oui, parfaitement</i> 0 1 2 3 4 5 6 7 8 9 10 <input type="checkbox"/> <i>Non applicable</i>
9. Pouvez-vous indiquer à quelle distance se trouve un bus ou un camion, juste en entendant le bruit qu'il fait ?	<i>Non, pas du tout</i> <i>Oui, parfaitement</i> 0 1 2 3 4 5 6 7 8 9 10 <input type="checkbox"/> <i>Non applicable</i>
10. Pouvez-vous dire, à partir du bruit fait par un bus ou un camion, dans quel sens il se déplace, par exemple de votre gauche à votre droite ou inversement ?	<i>Non, pas du tout</i> <i>Oui, parfaitement</i> 0 1 2 3 4 5 6 7 8 9 10 <input type="checkbox"/> <i>Non applicable</i>
11. Pouvez-vous indiquer dans quelle direction une personne se déplace, uniquement au son de sa voix ou de ses pas, par exemple de votre gauche à votre droite ou inversement ?	<i>Non, pas du tout</i> <i>Oui, parfaitement</i> 0 1 2 3 4 5 6 7 8 9 10 <input type="checkbox"/> <i>Non applicable</i>

6/10

12. Pouvez-vous dire si une personne s'éloigne ou se rapproche de vous, uniquement à partir de sa voix ou du bruit de ses pas ?	<i>Non, pas du tout</i> 0 1 2 3 4 5 6 7 8 9 10 <input type="checkbox"/> <i>Oui, parfaitement</i> <i>Non applicable</i>
13. Pouvez-vous dire si un bus ou un camion s'éloigne ou se rapproche de vous, uniquement à partir du bruit qu'il fait ?	<i>Non, pas du tout</i> 0 1 2 3 4 5 6 7 8 9 10 <input type="checkbox"/> <i>Oui, parfaitement</i> <i>Non applicable</i>
14. Avez-vous l'impression que les bruits et sons que vous entendez se trouvent plutôt à l'intérieur de votre tête ou plutôt dans le monde extérieur ?	<i>A l'intérieur de ma tête</i> 0 1 2 3 4 5 6 7 8 9 10 <input type="checkbox"/> <i>Dans le monde extérieur</i> <i>Non applicable</i>
15. Les choses ou les personnes que vous entendez et que vous ne pouvez pas voir dans un premier temps sont-elles généralement plus près de vous que vous ne l'aviez imaginé avant de les voir ?	<i>Oui, beaucoup plus près</i> 0 1 2 3 4 5 6 7 8 9 10 <input type="checkbox"/> <i>Non, pas plus près</i> <i>Non applicable</i>
16. Les choses ou les personnes que vous entendez et que vous ne pouvez voir dans un premier temps sont-elles plus éloignées que vous ne l'aviez imaginé avant de les voir ?	<i>Oui, beaucoup plus loin</i> 0 1 2 3 4 5 6 7 8 9 10 <input type="checkbox"/> <i>Non, pas plus loin</i> <i>Non applicable</i>
17. Pouvez-vous évaluer correctement l'endroit d'où les sons proviennent ?	<i>Non, pas du tout</i> 0 1 2 3 4 5 6 7 8 9 10 <input type="checkbox"/> <i>Oui, parfaitement</i> <i>Non applicable</i>

7/10

3ème partie : Qualité d'audition

1. Imaginez que vous entendez deux choses en même temps, par exemple de l'eau qui coule dans un lavabo et la radio. Avez-vous l'impression que ces deux bruits sont parfaitement distincts l'un de l'autre ?	<i>Non, pas du tout</i> 0 1 2 3 4 5 6 7 8 9 10 <input type="checkbox"/> <i>Oui, parfaitement</i> <i>Non applicable</i>
2. Lorsque vous entendez plusieurs sons à la fois, pouvez-vous les distinguer clairement les uns des autres ou avez-vous l'impression qu'il s'agit d'un seul bruit confus ?	<i>Un bruit confus</i> 0 1 2 3 4 5 6 7 8 9 10 <input type="checkbox"/> <i>Sons distincts</i> <i>Non applicable</i>
3. Vous vous tenez dans une pièce et vous entendez de la musique à la radio. Une autre personne parle dans la pièce. Entendez-vous la voix de la personne comme clairement séparée de la musique ?	<i>Non, pas du tout</i> 0 1 2 3 4 5 6 7 8 9 10 <input type="checkbox"/> <i>Oui, parfaitement</i> <i>Non applicable</i>
4. Pouvez-vous reconnaître facilement les différentes personnes que vous connaissez, au son de leur voix ?	<i>Non, pas du tout</i> 0 1 2 3 4 5 6 7 8 9 10 <input type="checkbox"/> <i>Oui, parfaitement</i> <i>Non applicable</i>
5. Pouvez-vous reconnaître facilement les différents morceaux de musique que vous connaissez ?	<i>Non, pas du tout</i> 0 1 2 3 4 5 6 7 8 9 10 <input type="checkbox"/> <i>Oui, parfaitement</i> <i>Non applicable</i>
6. Pouvez-vous différencier certains bruits, par exemple une voiture par rapport à un bus ou de l'eau qui bout par rapport à la nourriture qui frit dans une poêle ?	<i>Non, pas du tout</i> 0 1 2 3 4 5 6 7 8 9 10 <input type="checkbox"/> <i>Oui, parfaitement</i> <i>Non applicable</i>

8/10

7. Lorsque vous écoutez de la musique, pouvez-vous discerner les différents instruments ?	<i>Non, pas du tout</i> <i>Oui, parfaitement</i> 0 1 2 3 4 5 6 7 8 9 10 <input type="checkbox"/> <i>Non applicable</i>
8. Lorsque vous écoutez de la musique, est-ce qu'elle vous semble claire et naturelle ?	<i>Non, pas du tout</i> <i>Oui, parfaitement</i> 0 1 2 3 4 5 6 7 8 9 10 <input type="checkbox"/> <i>Non applicable</i>
9. Les bruits quotidiens que vous entendez facilement, vous semblent-ils clairs et distincts (non brouillés, non mélangés) ?	<i>Non, pas du tout</i> <i>Oui, parfaitement</i> 0 1 2 3 4 5 6 7 8 9 10 <input type="checkbox"/> <i>Non applicable</i>
10. Les voix des autres personnes vous semblent-elles claires et naturelles ?	<i>Non, pas du tout</i> <i>Oui, parfaitement</i> 0 1 2 3 4 5 6 7 8 9 10 <input type="checkbox"/> <i>Non applicable</i>
11. Les bruits quotidiens que vous entendez vous paraissent-ils naturels ou artificiels ?	<i>Artificiels</i> <i>Naturels</i> 0 1 2 3 4 5 6 7 8 9 10 <input type="checkbox"/> <i>Non applicable</i>
12. Votre propre voix vous semble t'elle naturelle ?	<i>Non, pas du tout</i> <i>Oui, parfaitement</i> 0 1 2 3 4 5 6 7 8 9 10 <input type="checkbox"/> <i>Non applicable</i>

9/10

13. Pouvez-vous facilement juger de l'humeur d'une personne au son de sa voix ?	<i>Non, pas du tout</i> <i>Oui, parfaitement</i> 0 1 2 3 4 5 6 7 8 9 10 <input type="checkbox"/> <i>Non applicable</i>
14. Devez-vous vous concentrer intensément lorsque vous écoutez quelqu'un ou quelque chose ?	<i>Oui, concentration intense</i> <i>Non, pas du tout</i> 0 1 2 3 4 5 6 7 8 9 10 <input type="checkbox"/> <i>Non applicable</i>
15. Devez-vous faire beaucoup d'efforts pour comprendre ce qui se dit au cours d'une conversation avec d'autres personnes ?	<i>Oui, beaucoup d'efforts</i> <i>Non, aucun effort</i> 0 1 2 3 4 5 6 7 8 9 10 <input type="checkbox"/> <i>Non applicable</i>
16. Lorsque vous conduisez une voiture, pouvez-vous facilement entendre ce que dit la personne assise à côté de vous ?	<i>Non, pas du tout</i> <i>Oui, parfaitement</i> 0 1 2 3 4 5 6 7 8 9 10 <input type="checkbox"/> <i>Non applicable</i>
17. Lorsque vous êtes passager d'une voiture, pouvez-vous facilement entendre ce que dit le conducteur assis à côté de vous ?	<i>Non, pas du tout</i> <i>Oui, parfaitement</i> 0 1 2 3 4 5 6 7 8 9 10 <input type="checkbox"/> <i>Non applicable</i>
18. Pouvez-vous ignorer facilement les autres bruits, lorsque vous essayez d'écouter quelque chose ?	<i>Non, pas du tout</i> <i>Oui, parfaitement</i> 0 1 2 3 4 5 6 7 8 9 10 <input type="checkbox"/> <i>Non applicable</i>

Avec nos remerciements pour votre participation

10/10

2. SSQ15

Speech Spatial Qualities, version 5.6. Version française AM01. Version abrégée SSQ15f.

Questionnaire d'écoute spatiale

Conseils pour répondre aux questions

Les questions suivantes concernent vos capacités et votre expérience en matière d'audition et d'écoute dans le cadre de situations diverses.

Pour chacune des questions, vous devez mettre la réponse sur l'échelle située à droite, à l'aide d'une croix, à l'endroit choisi entre 0 et 10. Une croix sur la valeur 10 signifie que vous êtes parfaitement capable de faire ce qui est décrit dans la question correspondante. Une croix sur la valeur 0 indique que vous ne pouvez pas faire ce qui est décrit.

Exemple :

<p>0. Vous pouvez suivre une conversation avec une personne en face de vous, dans le calme.</p>	<p>Non, pas du tout</p> <p>Oui, parfaitement</p>
	<p>0 1 2 3 4 5 6 7 8 9 10</p>
	<p><input type="checkbox"/> Non applicable</p>

La question 0 se rapporte à votre capacité de suivre une conversation. Si vous êtes tout à fait capable de la faire, placez une croix sur l'extrême droite de l'échelle, sur le nombre 10. Si vous êtes capable de suivre environ la moitié de la conversation dans une telle situation, placez la marque vers le milieu de l'échelle (le 5) et ainsi de suite. Si vous n'arrivez pas du tout à suivre une conversation, placez la croix sur le 0, à gauche de l'échelle.

Nous espérons que toutes les questions sont pertinentes au regard de votre vie quotidienne. Si ce n'est pas le cas pour certaines questions, veuillez cocher la case « non applicable ». Merci de bien vouloir expliquer en quelques mots à côté de la question la raison pour laquelle elle n'est pas pertinente dans votre cas.

Date: _____

100

Speech Spatial Qualities version 5.6, Version française AM01, Version abrégée SSQ15f

1^{ère} partie : Audition de la parole

1. Vous discutez avec une autre personne dans une pièce dans laquelle un téléviseur est allumé. Pouvez-vous suivre les propos de votre interlocuteur sans baisser le son du téléviseur ?	<p>Non, pas du tout </p> <p>0 1 2 3 4 5 6 7 8 9 10 <input type="checkbox"/> Non applicable</p>
2. Vous êtes assis autour d'une table avec un groupe de cinq personnes environ, dans un restaurant animé. Vous pouvez voir toutes les personnes du groupe. Pouvez-vous suivre la conversation ?	<p>Non, pas du tout </p> <p>0 1 2 3 4 5 6 7 8 9 10 <input type="checkbox"/> Non applicable</p>
3. Vous discutez avec une autre personne. Il y a un bruit de fond continu (ventilateur ou eau qui coule par exemple). Pouvez-vous suivre ce que dit l'autre personne ?	<p>Non, pas du tout </p> <p>0 1 2 3 4 5 6 7 8 9 10 <input type="checkbox"/> Non applicable</p>
4. Vous êtes assis autour d'une table avec un groupe de cinq personnes environ, dans un restaurant animé. Vous NE pouvez PAS voir toutes les personnes du groupe. Pouvez-vous suivre la conversation ?	<p>Non, pas du tout </p> <p>0 1 2 3 4 5 6 7 8 9 10 <input type="checkbox"/> Non applicable</p>
5. Vous discutez avec quelqu'un dans une pièce dans laquelle beaucoup d'autres personnes parlent. Pouvez-vous suivre ce que vous dit votre interlocuteur ?	<p>Non, pas du tout </p> <p>0 1 2 3 4 5 6 7 8 9 10 <input type="checkbox"/> Non applicable</p>

200

3ème partie : Qualité d'audition

11. Pouvez-vous reconnaître facilement les différentes personnes que vous connaissez, au son de leur voix ?	<i>Non, pas du tout</i> ----- ----- ----- ----- ----- ----- ----- ----- ----- ----- ----- ----- ----- ----- ----- ----- 0 1 2 3 4 5 6 7 8 9 10 <input type="checkbox"/> <i>Non applicable</i>	<i>Oui, parfaitement</i>
12. Pouvez-vous reconnaître facilement les différents morceaux de musique que vous connaissez ?	<i>Non, pas du tout</i> ----- ----- ----- ----- ----- ----- ----- ----- ----- ----- ----- ----- ----- ----- ----- 0 1 2 3 4 5 6 7 8 9 10 <input type="checkbox"/> <i>Non applicable</i>	<i>Oui, parfaitement</i>
13. Pouvez-vous différencier certains bruits, par exemple une voiture par rapport à un bus ou de l'eau qui bout par rapport à la nourriture qui frit dans une poêle ?	<i>Non, pas du tout</i> ----- ----- ----- ----- ----- ----- ----- ----- ----- ----- ----- ----- ----- ----- ----- 0 1 2 3 4 5 6 7 8 9 10 <input type="checkbox"/> <i>Non applicable</i>	<i>Oui, parfaitement</i>
14. Lorsque vous écoutez de la musique, est-ce qu'elle vous semble claire et naturelle ?	<i>Non, pas du tout</i> ----- ----- ----- ----- ----- ----- ----- ----- ----- ----- ----- ----- ----- ----- ----- 0 1 2 3 4 5 6 7 8 9 10 <input type="checkbox"/> <i>Non applicable</i>	<i>Oui, parfaitement</i>
15. Les bruits quotidiens que vous entendez facilement, vous semblent-ils clairs et distincts (non brouillés, non mélangés) ?	<i>Non, pas du tout</i> ----- ----- ----- ----- ----- ----- ----- ----- ----- ----- ----- ----- ----- ----- ----- 0 1 2 3 4 5 6 7 8 9 10 <input type="checkbox"/> <i>Non applicable</i>	<i>Oui, parfaitement</i>

Merci pour votre participation !

4/4

2ème partie : Audition spatiale

6. Vous êtes assis autour d'une table ou participez à une réunion avec plusieurs personnes. Vous ne pouvez pas voir toutes les personnes. Pouvez-vous dire où est chaque personne dès qu'elle prend la parole ?	<i>Non, pas du tout</i> ----- ----- ----- ----- ----- ----- ----- ----- ----- ----- ----- ----- ----- ----- ----- 0 1 2 3 4 5 6 7 8 9 10 <input type="checkbox"/> <i>Non applicable</i>	<i>Oui, parfaitement</i>
7. Vous êtes à l'extérieur. Un chien aboie bruyamment. Pouvez-vous indiquer immédiatement où il se trouve, sans regarder ?	<i>Non, pas du tout</i> ----- ----- ----- ----- ----- ----- ----- ----- ----- ----- ----- ----- ----- ----- ----- 0 1 2 3 4 5 6 7 8 9 10 <input type="checkbox"/> <i>Non applicable</i>	<i>Oui, parfaitement</i>
8. Vous êtes sur le trottoir d'une rue animée. Pouvez-vous entendre immédiatement de quelle direction un bus ou un camion arrive avant de l'avoir vu ?	<i>Non, pas du tout</i> ----- ----- ----- ----- ----- ----- ----- ----- ----- ----- ----- ----- ----- ----- ----- 0 1 2 3 4 5 6 7 8 9 10 <input type="checkbox"/> <i>Non applicable</i>	<i>Oui, parfaitement</i>
9. Pouvez-vous indiquer dans quelle direction une personne se déplace, uniquement au son de sa voix ou de ses pas, par exemple de votre gauche à votre droite ou inversement ?	<i>Non, pas du tout</i> ----- ----- ----- ----- ----- ----- ----- ----- ----- ----- ----- ----- ----- ----- ----- 0 1 2 3 4 5 6 7 8 9 10 <input type="checkbox"/> <i>Non applicable</i>	<i>Oui, parfaitement</i>
10. Pouvez-vous évaluer correctement l'endroit d'où les sons proviennent ?	<i>Non, pas du tout</i> ----- ----- ----- ----- ----- ----- ----- ----- ----- ----- ----- ----- ----- ----- ----- 0 1 2 3 4 5 6 7 8 9 10 <input type="checkbox"/> <i>Non applicable</i>	<i>Oui, parfaitement</i>

3/4

3. SHA

Pourquoi remplir ce questionnaire ?

Ce questionnaire sert à mieux comprendre comment vous percevez les sons.

Vos réponses vont permettre de faire avancer les connaissances scientifiques, et l'influence de la perte auditive ou du port de prothèses auditives sur celle-ci.

Elles pourront également aider au développement de nouveaux tests pour l'évaluation des aides auditives.

Comment remplir le questionnaire ?

Le questionnaire contient une cinquantaine de questions. Presque toutes les questions sont accompagnées d'une image. S'il vous plaît, **regardez bien l'image avant de répondre à la question.**

La **qualité** de vos réponses est très importante. Si vous répondez trop rapidement, ou sans réfléchir, vos réponses risquent de biaiser les résultats de l'étude, ou bien d'être inutilisables.

1. J'ai lu le document ci-dessus et j'accepte de participer à l'étude.

- Oui
- Non

2 Quel âge avez-vous?

- <20 ans
 - 20-30
 - 30-40
 - 40-50
 - 50-60
 - 60-70
 - 70-80
 -
- 80-90 >90

3 Comment est votre vue?

- 1.** J'ai une vue normale ou presque normale
- 2.** J'ai des problèmes de vue (même lorsque je porte des lunettes ou lentilles)
- 3.** Je suis aveugle (si c'est votre cas, ignorez toutes les questions suivantes qui requièrent la vision)

4 Avez-vous une perte auditive?

- 1.** Oui
- 2.** Non

5 Portez-vous une aide auditive? Oui Non

6 Portez-vous une aide auditive sur...

- 1. les deux oreilles**
- 2. seulement sur l'oreille gauche**
- 3. seulement sur l'oreille droite**

7 Si vous portez une aide sur l'oreille DROITE, de quel type d'aide s'agit-il ?

- 1. 1. Invisible (complètement dans le canal)**
- 2. 2. Partiellement dans le canal**
- 3. 3. Dans l'oreille**
- 4. 4 Contour d'oreille avec écouteur déporté**
- 5. 5 Contour d'oreille avec tube**
- 6. CROS (type d'aide auditive qui envoie les sons d'une oreille vers l'autre)**
- 7. Aucun des choix ci-dessus**
- 8. Je ne sais pas**

9 Depuis combien de temps utilisez-vous cette aide auditive?

- 1. Moins d'1 mois**
- 2. 1-3 mois**
- 3. 3-12 mois**
- 4. 1-3 ans**
- 5. 3-10 ans**
- 6. Plus de 10 ans**

8 Si vous portez une aide sur l'oreille GAUCHE, de quel type d'aide s'agit-il ?

- 1. 1. Invisible (complètement dans le canal)**
- 2. 2. Partiellement dans le canal**
- 3. 3. Dans l'oreille**
- 4. 4 Contour d'oreille avec écouteur déporté**
- 5. 5 Contour d'oreille avec tube**
- 6. CROS (type d'aide auditive qui envoie les sons d'une oreille vers l'autre)**
- 7. Aucun des choix ci-dessus**
- 8. Je ne sais pas**

10 Depuis combien de temps utilisez-vous cette aide auditive?

- 1.** Moins d'1 mois
- 2.** 1-3 mois
- 3.** 3-12 mois
- 4.** 1-3 ans
- 5.** 3-10 ans
- 6.** Plus de 10 ans

11 Portez-vous vos aides auditives...

- 1.** 8 heures par jour ou plus, tous les jours
- 2.** Quelques heures par jour, tous les jours ou presque tous les jours
- 3.** Quelques heures par semaine
- 4.** Quelques heures par mois ou moins

12 Avez-vous utilisé d'autres aides auditives que celles-ci, avant ?

- 1.** Oui
- 2.** Non

13 Depuis combien de temps portez-vous des aides auditives ?

- 1.** 1 an ou plus
- 2.** 2-3 ans
- 3.** 3-10 ans
- 4.** 10-20 ans
- 5.** 20-30 ans
- 6.** 30-40 ans
- 7.** Plus de 40 ans

14 Est-ce que votre expérience avec vos aides auditives actuelles est plutôt...

- 1.** bonne (la plupart du temps, vous entendez bien les voix et autres sons autour de vous)
- 2.** mauvaise (la plupart du temps, vous ne n'entendez pas bien les voix et autres sons autour de vous)

ATTENTION: Si vous portez une/des prothèses auditives, veuillez répondre à toutes les questions suivantes sur la base de votre expérience d'écoute avec vos prothèses actuelles.



15 Une personne, que vous rencontrez pour la première fois, vous parle dans une pièce calme.

- 1.** Je comprends tout, sans difficulté, et sans devoir lire sur les lèvres
- 2.** Je comprends presque tout, avec un peu d'effort
- 3.** Je ne comprends pas tous les mots; je dois deviner, ou demander à la personne de répéter, ou lire sur les lèvres

16 Est-ce que vous comprenez mieux la personne si elle est...

- 1.** En face de vous
- 2.** Sur votre gauche
- 3.** sur votre droite
- 4.** cela n'a pas d'importance



17 Vous écoutez une émission à la télé ou radio; il n'y a pas d'autres sons dans la pièce.

- 1.** Je comprends tout, sans difficulté, et sans devoir lire sur leurs lèvres
- 2.** Je comprends presque tout, avec un peu d'effort
- 3.** Je ne comprends pas tous les mots; je dois deviner, ou demander de répéter, ou lire sur les lèvres



18 Une conversation avec deux autres personnes, que vous rencontrez pour la première fois, dans une pièce calme.

- 1.** Je comprends tout, sans difficulté, et sans devoir lire sur les lèvres
- 2.** Je comprends presque tout, avec un peu d'effort
- 3.** Je ne comprends pas tous les mots; je dois deviner, ou demander à la personne de répéter, où lire sur les lèvres

19 Dans cette situation, est-ce que vous avez plus de mal à comprendre les deux autres personnes selon là où elles sont par rapport à vous ?

- 1.** Oui, je comprends mieux quand les **deux personnes** sont **en face** de moi
- 2.** Oui, je comprends mieux quand les **deux personnes** sont sur ma **droite**
- 3.** Oui, je comprends mieux quand les **deux personnes** sont sur ma **gauche**
- 4.** Oui, je comprends mieux quand **une personne** est sur ma **droite**, et l'autre sur ma **gauche**
- 5.** Non, cela n'a pas d'importance



20 Une conversation avec une autre personne, que vous rencontrez pour la première fois, quand d'autres personnes ont également des conversations autour de vous.

- 1.** Je comprends tout, sans difficulté, et sans devoir lire sur les lèvres
- 2.** Je comprends presque tout, avec un peu d'effort
- 3.** Je ne comprends pas tous les mots; je dois deviner, ou demander à la personne de répéter, où lire sur les lèvres

21 Dans cette situation, est-ce que vous comprenez mieux la personne qui vous parle selon là où elle est par rapport à vous ?

- 1.** Oui, je comprends mieux quand l'autre personne est **en face** de moi
- 2.** Oui, je comprends mieux quand l'autre personne est **sur ma droite**
- 3.** Oui, je comprends mieux quand l'autre personne est **sur ma gauche**
- 4.** Non, cela n'a pas d'importance

22 Dans cette situation, est-ce que vous comprenez mieux la personne qui vous parle si les gens ont autres tables sont...

- 1.** Je comprends mieux si les **autres gens** sont **derrière** moi que s'ils sont en face de moi (donc, derrière la personne qui me parle)
- 2.** J'entends mieux si les **autres gens** sont **en face** de moi (donc, derrière la personne qui me parle)
- 3.** Non, cela n'a pas d'importance

headphones



earbuds



cell phone



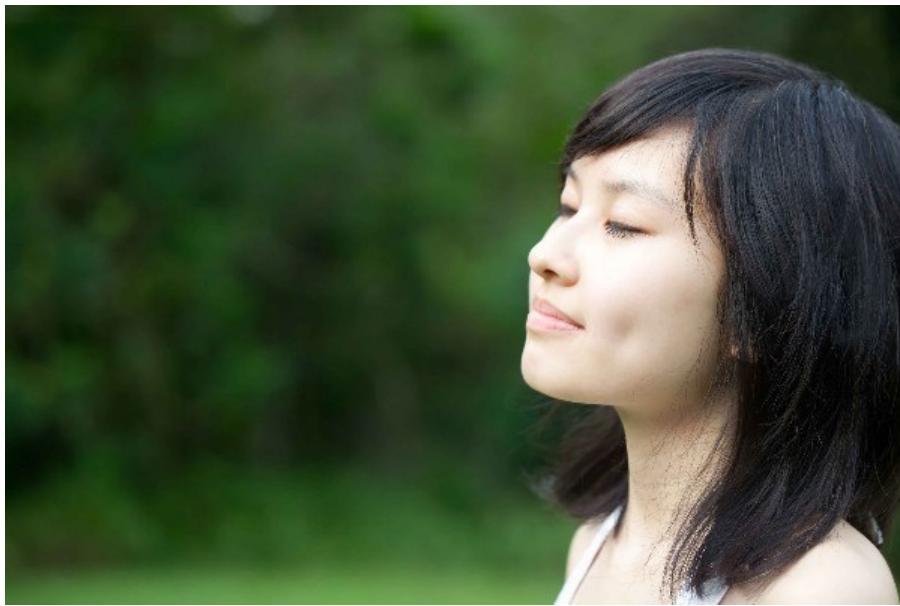
23 Merci d'indiquer les appareils ci-dessous que vous utilisez.

- 1.** Casque d'écoute
- 2.** Oreillettes
- 3.** Téléphone mobile
- 4.** Aucune



24 Si vous écoutez la télé ou de la musique au casque, ou avec des oreillettes, avec vos yeux fermés, est-ce que les sons vous paraissent être...

- 1. dans votre tête, à peu près au milieu**
- 2. dans votre tête, légèrement à gauche**
- 3. dans votre tête, légèrement à droite**
- 4. complètement dans votre oreille gauche**
- 5. complètement dans votre oreille droite**
- 6. en-dehors (autour) de votre tête**
- 7. je ne sais pas**



25 Vous êtes dans un parc. Vous fermez les yeux, écoutez attentivement, et essayez de pointer votre doigt dans la direction d'où viennent les sons que vous entendez...

Vous ouvrez les yeux pour vérifier...

Est-ce que vous êtes correct la plupart du temps ?

- 1.** Oui
- 2.** Non
- 3.** Je ne sais pas

26 Est-ce que vous pouvez aussi dire à peu près à quelle distance de vous sont les gens, animaux, ou choses que vous entendez, sans regarder ?

- 1.** Oui, la plupart du temps
- 2.** Oui, parfois
- 3.** Non, en général je me trompe de beaucoup
- 4.** Je ne sais pas

27 Est-ce que certains sons, tels que des bruits ou voix, semblent parfois venir de...

- 1.** plus près de vous qu'ils ne sont réellement
- 2.** plus loin de vous qu'ils sont réellement
- 3.** Je n'ai pas souvenir de cela



28 Vous êtes au restaurant avec de la famille ou des amis.

Il y a du monde, et des tables tout autour de vous.

Sans vous retourner, juste en écoutant, pouvez-vous dire si la table juste derrière vous est occupée ?

- 1.** Oui
- 2.** Non
- 3.** Je ne sais pas



29 Vous êtes en voiture. Vous entendez une sirène, mais vous ne voyez pas encore le véhicule d'urgence...

Pouvez-vous dire s'il vient de devant ou derrière vous ?

- 1.** Oui, la plupart du temps
- 2.** Non, je ne peux pas
- 3.** Je ne sais pas



30 Est-ce que vous faites confiance à vos oreilles pour savoir où les gens ou les choses que vous ne pouvez pas voir sont, autour de vous ?

- 1.** Oui
- 2.** Non
- 3.** Je ne sais pas

31 Pensez-vous que la plupart des gens font confiance à leurs oreilles pour savoir où les choses et les gens sont autour d'eux ?

- 1.** Oui
- 2.** Non
- 3.** Je ne sais pas



32 Est-ce que vous regardez attentivement autour de vous pour trouver d'où vient un son (bruit ou voix) que vous entendez ?

- 1.** Oui, souvent
- 2.** Non, en général, je sais d'où viennent les sons autour de moi
- 3.** Je ne sais pas



33 Vous êtes assis dans un bus, métro, ou train. Derrière vous, quelqu'un parle fort.

Sans regarder, pouvez-vous dire si cette personne se trouve dans la rangée juste derrière vous, ou plus en arrière encore?

- 1.** Oui
- 2.** Non
- 3.** Je ne sais pas



34 Vous souvenez-vous avoir récemment demandé à quelqu'un d'où venait un son que vous entendiez? (Par exemple, demandé à quelqu'un que vous entendiez parler ou marcher dans la maison, dans quelle pièce il/elle se trouvait.)

- 1.** Oui
- 2.** Non



35 Vous entendez un téléphone sonner, mais vous ne pouvez pas dire d'où vient le son...

Est-ce que ceci vous arrive souvent ?

- 1.** Oui
- 2.** Non



36 Est-ce que vous avez un 'truc' pour trouver rapidement votre téléphone, lorsqu'il sonne?

(Par exemple, vous le laissez toujours à la même place, ou vous le portez toujours sur vous.)

- 1.** Oui
- 2.** Non



37 Vous êtes dans un parc calme, avec des arbres tout autour de vous.

Vous entendez un oiseau siffler dans un arbre, mais vous ne le voyez pas immédiatement...

Est-ce que le son de l'oiseau vous aide à savoir où regarder pour le trouver?

- 1.** Oui, j'utilise le son pour savoir où diriger mon regard
- 2.** Non, le son me dit juste qu'il y a un oiseau, mais pas où il est; si je veux le voir, je dois chercher avec mes yeux
- 3.** Je ne sais pas



38 Vous arrivez dans un restaurant calme avec un ami ou un membre de votre famille

Si vous avez le choix de votre siège, où préférez-vous vous asseoir pour bien comprendre l'autre personne ?

- 1. En face de la personne**
- 2. A gauche la personne**
- 3. A droite de la personne**
- 4. Ceci n'a pas d'importance**
- 5. Je ne sais pas**



39 Vous êtes au restaurant avec des amis. Il y a d'autres personnes aux tables autour de vous.

Pouvez-vous ignorer la conversation à votre table pendant quelques minutes, et écouter la conversation à une autre table ?

- 1.** Oui, très facilement
- 2.** Oui, mais très difficilement
- 3.** Non, pas du tout



40 Vous entendez la voix de quelqu'un derrière vous. Vous vous retournez et voyez que cette personne est plus loin de vous que ce que vous pensiez.

Est-ce que ceci vous arrive souvent ?

- 1.** Jamais
- 2.** Parfois
- 3.** Souvent
- 4.** Je ne sais pas



41 Vous attendez pour traverser la rue.

Si vous fermez les yeux et écoutez les véhicules passer, pouvez-vous dire s'ils vont de gauche à droite, ou bien de droite à gauche?

- 1. Oui, facilement**
- 2. Oui, avec un peu d'effort**
- 3. Non, je ne peux pas dire dans quel sens vont les véhicules si mes yeux sont fermés**



42 Vous êtes à une table avec plusieurs autres personnes. Deux conversations ont lieu en parallèle.

Pouvez-vous suivre une conversation, puis changer et suivre l'autre conversation ?

- 1.** Oui, facilement
- 2.** Oui, avec un peu d'effort
- 3.** Oui, mais cela me demande beaucoup d'effort
- 4.** Non, ceci est impossible
- 5.** Je ne sais pas



43 Dans un restaurant bruyant, est-ce que les voix des personnes assises aux autres tables autour de vous semblent parfois comme si ces personnes étaient assises à votre table ?

- 1.** Oui, très souvent
- 2.** Oui, parfois
- 3.** Non, pas du tout
- 4.** Je ne sais pas



44 Vous êtes dans un parc calme. Soudain, vous entendez des gens parler derrière vous...

Sans vous retourner, pouvez-vous dire à peu près à quelle distance de vous ils sont?

- 1.** Oui
- 2.** Non
- 3.** Je ne sais pas



45 Vous êtes à un meeting.

Il y a plusieurs rangées de personnes devant vous, et plusieurs rangées aussi derrière vous.

La pièce est calme. Soudain, quelqu'un pose une question.

Vous ne pouvez pas voir la personne...

Pouvez-vous dire si la voix vient de derrière ou de devant vous ?

- 1.** Oui, facilement
- 2.** Oui, si j'écoute attentivement
- 3.** Non, je dois absolument voir la personne pour savoir si elle se trouve devant ou derrière
- 4.** Je ne sais pas

46 Pouvez-vous dire si la personne est à votre droite ou à votre gauche ?

- 1.** Oui, facilement
- 2.** Oui, si j'écoute attentivement
- 3.** Non, je dois absolument voir la personne pour savoir si elle se trouve à gauche ou à droite
- 4.** Je ne sais pas



47 Est-ce que les sons venant d'au-dessus de vous (par exemple, un ventilateur ou une soufflerie au plafond, ou quelqu'un au balcon,...) vous semblent parfois venir de plus bas (autour de vous, ou en-dessous) ?

- 1.** Les sons venant d'au-dessus de moi me semblent toujours venir d'au-dessus
- 2.** J'entends parfois les sons venant d'en-dessus de moi comme s'ils venaient de plus bas, ou autour de moi
- 3.** Je ne sais pas



48 Vous êtes sur un parking à l'extérieur. Tout est silencieux.

Soudain, vous entendez un claquement de portière...

Pouvez-vous pointer du doigt la direction d'où vient ce bruit ?

- 1.** Oui, facilement
- 2.** Oui, avec un peu d'effort
- 3.** Non, je dois absolument voir la personne pour savoir d'où vient le bruit



49 Pouvez-vous dire si quelqu'un est près ou loin de vous, sans les voir, juste en entendant leur voix ?

- 1.** Oui
- 2.** Non
- 3.** Je ne sais pas



50 Vous êtes assis dehors. Vous lisez un livre ou magazine. Vous entendez des voix, ou du bruit...

Sans regarder, pouvez-vous dire d'où vient le son ?

Par exemple, pouvez-vous dire: "Ça vient de derrière moi, légèrement à gauche, à une dizaine de mètres"?

- 1.** Oui
- 2.** Non
- 3.** Je ne sais pas



51 Certaines stéréos de voiture permettent de mettre le son vers l'avant (conducteur) ou plutôt à l'arrière.

Si vous êtes assis devant, dans une voiture équipée de ce type de stéréo, pouvez-vous dire si les sons viennent plutôt de l'avant ou de l'arrière ?

- 1.** Oui
- 2.** Non
- 3.** Je ne comprends pas cette question
- 4.** Je comprends la question, mais n'ai jamais essayé cela

52 Dans l'ensemble, que pensez-vous de votre capacité à reconnaître d'où viennent les sons autour de vous, comparé à d'autres personnes (en particulier, les plus jeunes) ?

- 1.** Mieux que la moyenne
- 2.** Moyenne
- 3.** Moins bien que la moyenne

53 Dans l'ensemble, que pensez-vous de votre capacité à comprendre quelqu'un qui vous parle, lorsque d'autres personnes autour de vous parlent également, comparé aux autres (en particulier, les plus jeunes) ?

- 1.** Mieux que la moyenne
- 2.** Moyenne
- 3.** Moins bien que la moyenne

4. SHA18

Pourquoi remplir ce questionnaire ?

Ce questionnaire sert à mieux comprendre comment vous percevez les sons.

Vos réponses vont permettre de faire avancer les connaissances scientifiques, et l'influence de la perte auditive ou du port de prothèses auditives sur celle-ci.

Elles pourront également aider au développement de nouveaux tests pour l'évaluation des aides auditives.

Comment remplir le questionnaire ?

Le questionnaire contient une cinquantaine de questions. Presque toutes les questions sont accompagnées d'une image. S'il vous plaît, **regardez bien l'image avant de répondre** à la question.

La **qualité** de vos réponses est très importante. Si vous répondez trop rapidement, ou sans réfléchir, vos réponses risquent de biaiser les résultats de l'étude, ou bien d'être inutilisables.

2. J'ai lu le document ci-dessus et j'accepte de participer à l'étude.

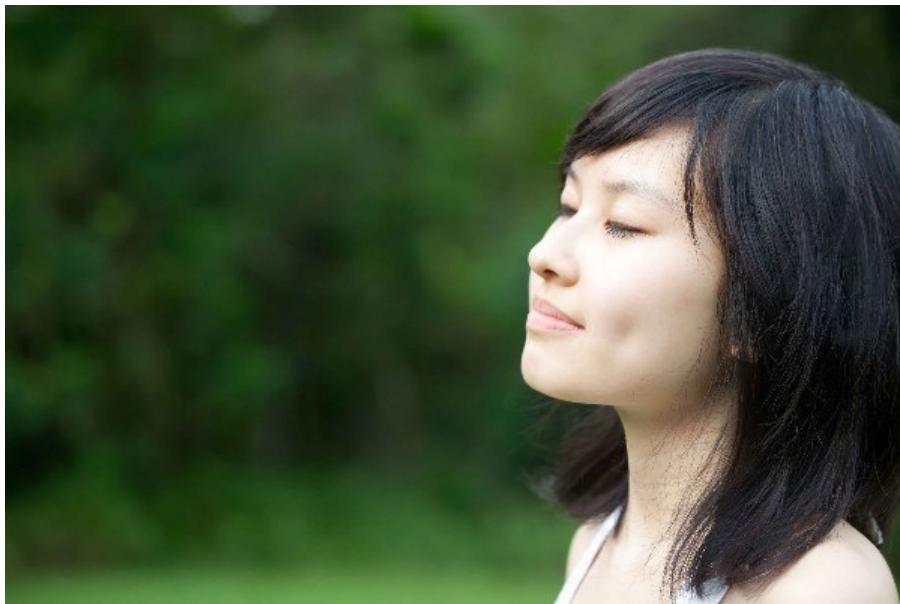
- Oui
- Non

3. Quel âge avez-vous?

- <20 ans
- 20-30
- 30-40
- 40-50
- 50-60
- 60-70
- 70-80
- 80-90
- >90

4. Depuis combien de temps portez-vous des aides auditives ?

- 8.** 1 an ou plus
- 9.** 2-3 ans
- 10.** 3-10 ans
- 11.** 10-20 ans
- 12.** 20-30 ans
- 13.** 30-40 ans
- 14.** Plus de 40 ans



4. Vous êtes dans un parc. Vous fermez les yeux, écoutez attentivement, et essayez de pointer votre doigt dans la direction d'où viennent les sons que vous entendez...

Vous ouvrez les yeux pour vérifier...

Est-ce que vous êtes correct la plupart du temps ?

- 4.** Oui
- 5.** Non
- 6.** Je ne sais pas

5. Est-ce que vous pouvez aussi dire à peu près à quelle distance de vous sont les gens, animaux, ou choses que vous entendez, sans regarder ?

- 5.** Oui, la plupart du temps
- 6.** Oui, parfois
- 7.** Non, en général je me trompe de beaucoup
- 8.** Je ne sais pas

6. Est-ce que certains sons, tels que des bruits ou voix, semblent parfois venir de...

- 4.** plus près de vous qu'ils ne sont réellement
- 5.** plus loin de vous qu'ils sont réellement
- 6.** Je n'ai pas souvenir de cela



7. Est-ce que vous faites confiance à vos oreilles pour savoir où les gens ou les choses que vous ne pouvez pas voir sont, autour de vous ?

- 4.** Oui
- 5.** Non
- 6.** Je ne sais pas

8. Pensez-vous que la plupart des gens font confiance à leurs oreilles pour savoir où les choses et les gens sont autour d'eux ?

- 4.** Oui
- 5.** Non
- 6.** Je ne sais pas



9. Vous entendez un téléphone sonner, mais vous ne pouvez pas dire d'où vient le son...

Est-ce que ceci vous arrive souvent ?

- 3.** Oui
- 4.** Non



10. Vous arrivez dans un restaurant calme avec un ami ou un membre de votre famille

Si vous avez le choix de votre siège, où préférez-vous vous asseoir pour bien comprendre l'autre personne ?

- 6.** En face de la personne
- 7.** A gauche la personne
- 8.** A droite de la personne
- 9.** Ceci n'a pas d'importance
- 10.** Je ne sais pas



11 .Vous êtes au restaurant avec des amis. Il y a d'autres personnes aux tables autour de vous.

Pouvez-vous ignorer la conversation à votre table pendant quelques minutes, et écouter la conversation à une autre table ?

- 4.** Oui, très facilement
- 5.** Oui, mais très difficilement
- 6.** Non, pas du tout



12. Vous entendez la voix de quelqu'un derrière vous. Vous vous retournez et voyez que cette personne est plus loin de vous que ce que vous pensiez.

Est-ce que ceci vous arrive souvent ?

- 5.** Jamais
- 6.** Parfois
- 7.** Souvent
- 8.** Je ne sais pas



13. Dans un restaurant bruyant, est-ce que les voix des personnes assises aux autres tables autour de vous semblent parfois comme si ces personnes étaient assises à votre table ?

- 5.** Oui, très souvent
- 6.** Oui, parfois
- 7.** Non, pas du tout
- 8.** Je ne sais pas



14. Vous êtes dans un parc calme. Soudain, vous entendez des gens parler derrière vous...

Sans vous retourner, pouvez-vous dire à peu près à quelle distance de vous ils sont?

- 4.** Oui
- 5.** Non
- 6.** Je ne sais pas



15. Est-ce que les sons venant d'au-dessus de vous (par exemple, un ventilateur ou une soufflerie au plafond, ou quelqu'un au balcon,...) vous semblent parfois venir de plus bas (autour de vous, ou en-dessous) ?

- 4.** Les sons venant d'au-dessus de moi me semblent toujours venir d'au-dessus
- 5.** J'entends parfois les sons venant d'en-dessus de moi comme s'ils venaient de plus bas, ou autour de moi
- 6.** Je ne sais pas



16. Vous êtes sur un parking à l'extérieur. Tout est silencieux.

Soudain, vous entendez un claquement de portière...

Pouvez-vous pointer du doigt la direction d'où vient ce bruit ?

- 4.** Oui, facilement
- 5.** Oui, avec un peu d'effort
- 6.** Non, je dois absolument voir la personne pour savoir d'où vient le bruit



17. Pouvez-vous dire si quelqu'un est près ou loin de vous, sans les voir, juste en entendant leur voix ?

- 4.** Oui
- 5.** Non
- 6.** Je ne sais pas



18. Vous êtes assis dehors. Vous lisez un livre ou magazine. Vous entendez des voix, ou du bruit...

Sans regarder, pouvez-vous dire d'où vient le son ?

Par exemple, pouvez-vous dire: "Ça vient de derrière moi, légèrement à gauche, à une dizaine de mètres"?

- 4.** Oui
- 5.** Non
- 6.** Je ne sais pas