



UNIVERSITE LILLE 2 DROIT ET SANTE
FACULTE DE MEDECINE HENRI WAREMBOURG

Année : 2017

THESE POUR LE DIPLOME D'ETAT
DE DOCTEUR EN MEDECINE

**Evaluation d'un test d'audiométrie vocale rapide dans le bruit (VRB) par
la mesure du rapport signal-sur-bruit**

Présentée et soutenue publiquement le 8 Juin 2017 à 18h

Au Pôle Formation

Par Marie-Julie DJAKOURE

JURY

Président :

Monsieur le Professeur Christophe VINCENT

Assesseurs :

Monsieur le Professeur Dominique CHEVALIER

Monsieur le Professeur Pierre FAYOUX

Monsieur le Docteur Nicolas-Xavier BONNE

Directeur de Thèse :

Monsieur le Professeur Christophe VINCENT

Avertissement

La Faculté n'entend donner aucune approbation aux opinions émises dans les thèses : celles-ci sont propres à leurs auteurs.

Liste des abréviations

ANOVA	Analyse de la variance
BIAP	Bureau International d'Audiophonologie
BKB	Bamford-Kowal-Bench
dB	Décibel
dB (A)	Décibel avec la pondération A de la norme ISO
dB HL	Décibel Hearing Level
dB-RSB	Décibel-RSB
dB SPL	Décibel Sound Pressure Level
FIST	French Intelligibility Sentence Test
FrMatrix	French Matrix test
HINT	Hearing In Noise Test
IA	Indice d'asymétrie
IC ₈₀	Intervalle de confiance 80%
IC ₉₅	Intervalle de confiance 95%
IEEE	Institute of Electrical and Electronics Engineers
IP	Indice de presbyacousie
MBAA	Marginal Benefit from Acoustical Amplification
NU-6	Northwestern University Auditory Test No. 6
OVG	Onde Vocale Globale
PTMg	Perte Tonale Moyenne globale
PTMm	Perte Tonale Moyenne à la meilleure oreille
QuickSIN	Quick Speech In Noise
RSB	Rapport Signal-sur-Bruit
RSB-50	Rapport Signal-sur-Bruit à 50% d'intelligibilité
Slm	Seuil d'intelligibilité à la meilleure oreille
SIN	Speech In Noise
SSN	Speech-Shaped-Noise
VRB	Vocale Rapide dans le Bruit
WIN	Words In Noise

Table des matières

Résumé	1
Introduction	3
I. Avant-Propos	3
II. Objectif	5
III. L'intelligibilité dans le bruit	6
A. Démasquage spatial.....	7
1. Différence interaurale d'intensité	8
2. Différence interaurale de temps	9
B. Ecoute dans les vallées du bruit.....	10
IV. Variables de l'audiométrie vocale dans le bruit	11
A. Matériel vocal	11
B. Bruit masquant	11
1. Définitions	11
a) Masquage énergétique.....	11
b) Masquage informationnel	12
2. Types de bruits masquants	12
a) Bruits stationnaires	12
b) Bruits non stationnaires	12
C. Rapport Signal-sur-Bruit (RSB)	13
D. L'épreuve vocale	13
1. RSB fixe	13
2. Procédure adaptative	13
V. Tests américains	14
A. Speech-In-Noise (SIN) et Quick Speech-In-Noise Test (QuickSIN).....	14
B. Hearing-In-Noise Test (HINT)	15
C. Words-In-Noise Test (WIN).....	15
D. BKB-SIN.....	16
Matériels et méthodes.....	17
I. Préparation du matériel	17
A. Matériel vocal	17
B. Bruit.....	18
II. Mise en place du test.....	18
A. Installation	18
B. Mesure de la perte de RSB	19
III. Evaluation préliminaire	19
A. Groupe témoin.....	19
B. Données normatives	20
C. Equivalence des listes.....	20
D. Fiabilité des listes	20
IV. Patients.....	22
1. Evaluation audiométrique.....	22
2. Evaluation du caractère symétrique de l'audition	22
V. Passation du test	23
VI. Statistiques	23

A.	Comparaison de groupes	23
1.	Selon la classe BIAP	23
2.	Selon le sexe.....	23
B.	Corrélation.....	24
1.	Sur l'ensemble de la population	24
2.	Sous-Groupes	24
a)	Audition symétrique	24
b)	Audition asymétrique.....	24
Résultats	.....	25
I.	Statistiques descriptives	25
II.	Comparaison des groupes.....	28
A.	Comparaison selon la classification du BIAP	28
B.	Comparaison selon le sexe	29
III.	Corrélation	30
A.	Sur l'ensemble de la population	30
B.	En sous-groupe	35
1.	Audition symétrique.....	35
2.	Audition asymétrique.....	39
Discussion	.....	43
I.	Résultats.....	43
A.	Comparaison selon la classification du BIAP	43
B.	Corrélation sur l'ensemble de la population	44
C.	Corrélation en sous-groupe.....	44
II.	Comparaison aux tests américains.....	45
III.	Comparaison aux tests français.....	46
IV.	Apport de l'audiométrie vocale dans le bruit	46
V.	Limites de notre étude	47
Conclusion		48
Références bibliographiques		49
Annexes		53
Annexe 1 : Listes utilisées dans la VRB.....		53
Annexe 2 : Interface du logiciel HuBSound.....		57

RESUME

Contexte : La nécessité de pratiquer une évaluation spécifique de l'intelligibilité dans le bruit a été établie depuis de nombreuses années. Pourtant il n'existe pas à ce jour de test d'audiométrie vocale dans le bruit réalisé de manière unanime en France. Le but de ce travail était l'évaluation d'un test d'audiométrie vocale rapide dans le bruit (VRB)

Méthode : Quarante-trois patients du service d'Otologie et Oto-neurologie du CHRU de Lille ont été testés de mars à avril 2017. Un échantillon de 11 sujets normo-entendants a été utilisé comme groupe témoin. Le test consistait à reconnaître des listes de phrases présentées avec un bruit masquant variable pour obtenir des niveaux de rapport signal-sur-bruit (RSB) allant de 18 à -3 dB-RSB selon une procédure descendante. La perte de RSB était calculée par l'équation de Spearman-Kärber. Les résultats ont été comparés selon le degré de surdité en fonction de la classification du Bureau International d'Audiophonologie. La corrélation entre la perte de RSB et différentes variables recueillies par l'évaluation audiométrique dans le silence a été analysée. Ces variables étaient la perte tonale moyenne globale (PTMg) ou à la meilleure oreille (PTMm), le seuil d'intelligibilité à la meilleure oreille (SI_m), l'indice de presbycusie (IP) chez les patients ayant une audition symétrique, et l'indice d'asymétrie (IA) chez les patients ayant une audition asymétrique.

Résultats : La perte de RSB était de 0,29 dB-RSB (IC95 = [- 0,47 ; 1,05]) pour les sujets à audition normale ; 3,34 dB-RSB (IC95 = [2,06 ; 4,01]) pour les surdités légères et 5,88 dB-RSB (IC95 = [4,53 ; 7,23]) pour les surdités moyennes. La différence entre les groupes était significative ($p < 0,005$). Il existait une corrélation statistiquement significative entre la perte de RSB et la PTMg ($r = 0,78$; $p = 0,00$), la PTMm ($r = 0,54$; $p = 0,00$) et le SI_m ($r = 0,57$; $p = 0,00$). Les résultats étaient similaires dans le sous-groupe à audition symétrique, et l'IP était aussi corrélé avec la perte de RSB ($r = 0,51$; $p = 0,01$). Dans le sous-groupe à audition asymétrique, seule la PTMg était statistiquement liée à la perte de RSB ($r = 0,54$; $p = 0,02$).

Conclusion : Les informations données par l'audiométrie tonale et vocale dans le silence ne sont pas de bons facteurs prédictifs de la compréhension dans le bruit. L'audiométrie VRB permet une évaluation simple rapide et précise de la perte de RSB, et pourrait donc répondre aux besoins actuels de standardisation de l'audiométrie vocale dans le bruit en France.

INTRODUCTION

I. Avant-Propos

L'une des principales attentes des patients malentendants est l'amélioration de l'intelligibilité dans le bruit (1). La gêne auditive dans le bruit est un phénomène survenant essentiellement dans les situations où le patient est entouré de monde, notamment lors de rassemblements familiaux, sur le lieu de travail ou lors de sorties entre amis. Cette gêne peut aller jusqu'à entraîner un isolement social du patient avec un réel retentissement sur sa qualité de vie.

Il a été établi depuis de nombreuses années la nécessité de réaliser une évaluation de l'intelligibilité dans le bruit afin de quantifier le degré de handicap en terme de communication engendré par l'hypoacousie (2–4). Pourtant, moins de 50% des spécialistes de l'audition pratiqueraient, en routine, une évaluation de l'intelligibilité dans le bruit (5).

Ce faible recours à l'utilisation courante de l'audiométrie vocale dans le bruit peut être expliqué par différents facteurs : le temps requis pour sa réalisation qui peut être jugé trop important par certains praticiens, le fait que ceux-ci ne sauraient pas interpréter ou exploiter les résultats obtenus, ou encore par le fait que la mise en place d'un test d'audiométrie vocale dans le bruit peut sembler compliqué.

Celle-ci présente en effet de nombreux challenges. Le choix entre les différents matériaux vocaux, bruits masquants et installations est multiple (6). C'est cette multiplicité des techniques, avec une méthodologie qui n'est pas toujours bien maîtrisée, qui peut rendre difficile l'interprétation des résultats des mesures d'intelligibilité dans le bruit. Elle peut aussi compliquer la comparaison entre les patients, plus particulièrement dans le cadre d'articles scientifiques.

Avec l'évolution des technologies et des prises en charge des troubles de l'audition, les attentes de nos patients ont, elles aussi, évolué. Il apparaît donc nécessaire que les méthodes de caractérisation de la gêne auditive suivent ces évolutions, et que l'intelligibilité dans le bruit soit mesurée de façon standardisée.

Pourtant, il n'existe toujours pas à ce jour de test d'audiométrie vocale dans le bruit pratiqué de façon unanime en France (7).

II. Objectif

L'objectif principal de cette étude était l'évaluation d'un test qui pourrait répondre aux besoins actuels de standardisation de l'audiométrie vocale dans le bruit, l'audiométrie Vocale Rapide dans le Bruit (VRB).

A travers ce travail, nous avons voulu proposer une mise au point des modalités de réalisation de l'audiométrie vocale dans le bruit, de ses résultats, ainsi que de l'intérêt clinique qu'elle apporte.

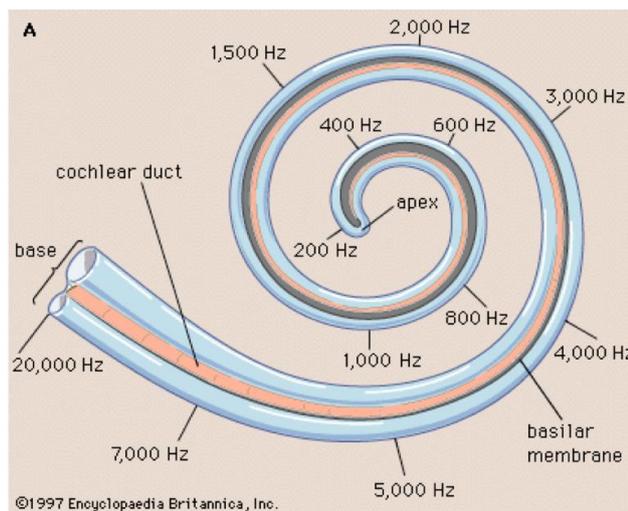
III. L'intelligibilité dans le bruit

Notre système auditif possède plusieurs mécanismes permettant la ségrégation de la parole dans le bruit.

La parole est un signal acoustique complexe, dont l'identification repose sur l'analyse d'indices auditifs spectraux et temporels.

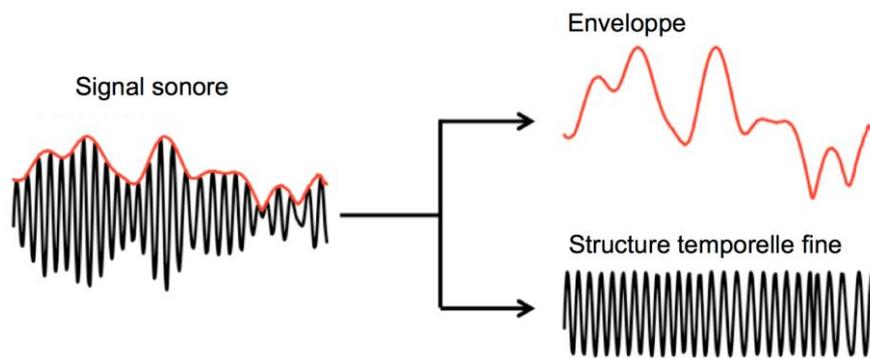
Les indices auditifs spectraux correspondent à la décomposition fréquentielle réalisée de façon tonotopique au niveau de la membrane basilaire de l'organe de Corti situé dans la cochlée (Figure 1). En effet, la cochlée code spécifiquement les sons en fonction de leur fréquence, et ce codage est effectué à une localisation bien précise de la cochlée. Ainsi, les sons aigus vont être codés au niveau basal et les sons graves au niveau apical.

Figure 1 : Organisation tonotopique de la cochlée



D'après Encyclopaedia Britannica

Les indices auditifs temporels, eux, sont fournis par la vitesse des décharges neurales des fibres afférentes du nerf auditif. Ces fluctuations temporelles peuvent être décomposées en deux parties (8) (Figure 2) : l'enveloppe (fluctuations lentes inférieures à 50 Hz) et la structure temporelle fine (fluctuations rapides supérieures à 50 Hz).

Figure 2 : Décomposition du signal temporel d'une onde sonore

D'après Wang Q. et Li L.

Ces indices temporels semblent jouer un rôle capital dans l'intelligibilité de la parole (9,10). Si dans le silence, l'enveloppe temporelle est suffisante pour identifier correctement un signal de parole, la structure temporelle fine a un rôle essentiel dans le bruit (11).

A partir de ces indices, notre système auditif utilise différents mécanismes afin de pouvoir capter, au sein d'un bruit environnant, la source du signal de parole, et d'extraire l'information pertinente du bruit masquant. Cette capacité de notre système auditif est appelé l'effet « Cocktail party » (12).

Avant de pouvoir parler d'audiométrie vocale dans le bruit, il nous paraît nécessaire de faire un rappel sur ces différents mécanismes.

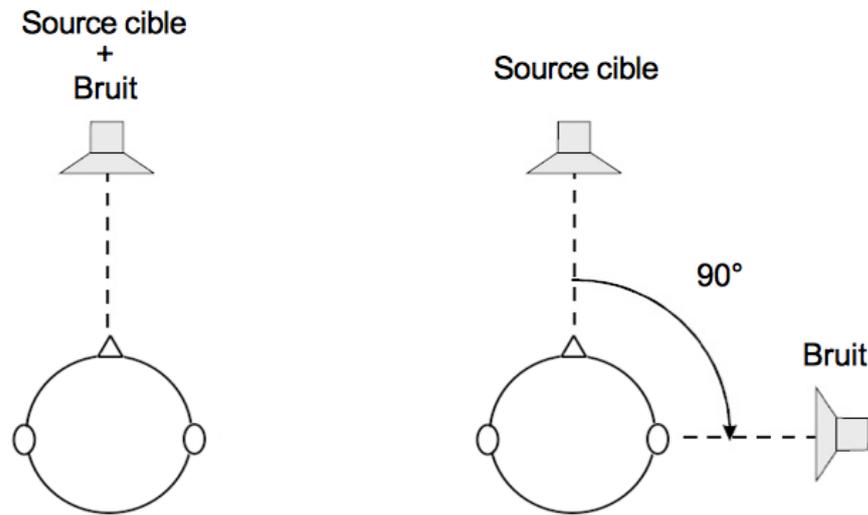
A. Démasquage spatial

Le premier mécanisme permettant de différencier le signal cible d'un bruit masquant est le démasquage spatial (13,14). Ce phénomène est lié à la séparation azimutale des sources cible et masquante, c'est-à-dire que dans un plan horizontal défini par l'axe interaural, le fait que les deux sources aient une séparation angulaire par rapport à la tête de l'auditeur permet à notre système auditif de les différencier.

Si l'on considère deux cas de figures (Figure 3), l'un où les deux sources sont co-localisées dans le plan horizontal de la tête de l'auditeur, et l'autre où les deux sources sont séparées spatialement, l'intelligibilité de la source cible sera meilleure quand celle-ci est séparée de la source de bruit (15,16).

Ce phénomène est dû aux différences interaurales d'intensité et de temps.

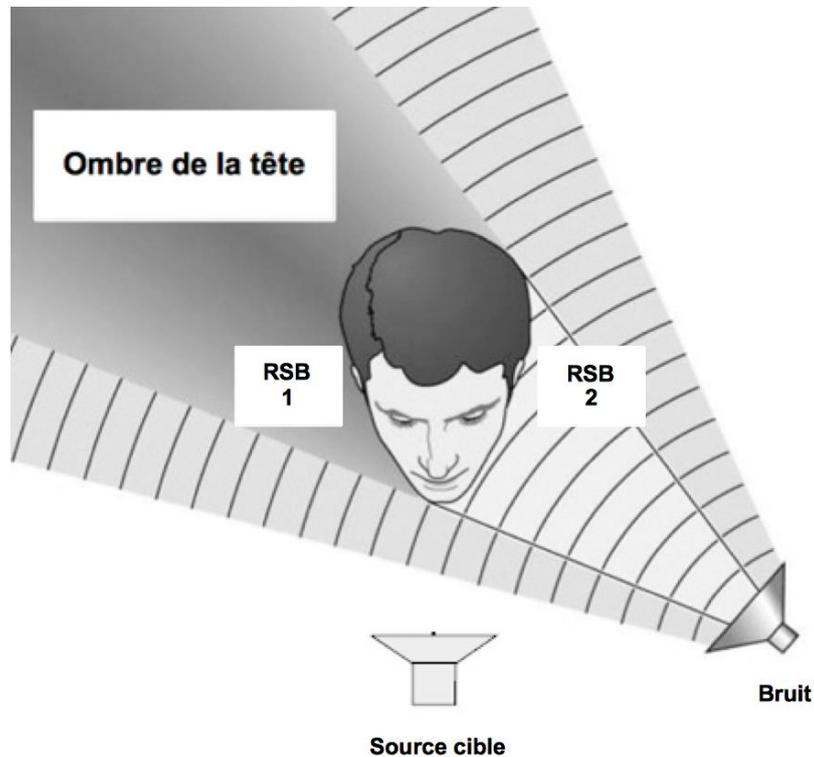
Figure 3 : Sources co-localisées azimut 0° (gauche) et séparation azimutale de 90° (droite)



1. Différence interaurale d'intensité

La tête représente un obstacle physique à la propagation de l'onde sonore, entraînant une différence d'intensité parvenant à chaque oreille. Cette différence interaurale d'intensité est due à l'effet d'ombre acoustique de la tête (Figure 4).

Figure 4 : Effet d'ombre de la tête



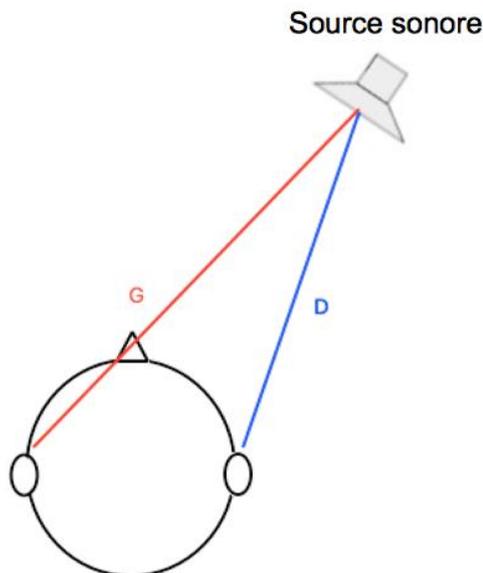
D'après Sinauer Associates

Si l'on considère une source cible et une source de bruit, cela se traduit par une différence locale de rapport signal-sur-bruit (RSB) entre les deux oreilles, laissant l'oreille qui se trouve dans l'ombre de la tête avantagée. Notre système auditif est capable d'utiliser cette différence de RSB afin de privilégier les informations venant de l'oreille possédant le meilleur RSB pour favoriser la compréhension du signal cible. Ce phénomène est appelé « écoute à la meilleure oreille » (17). Sur la Figure 4, le RSB 1 étant supérieur au RSB 2, c'est donc les informations provenant de l'oreille droite de l'auditeur qui seront privilégiées.

2. Différence interaurale de temps

Lorsqu'un signal sonore est émis d'une localisation différente des azimuts 0° ou 180° , la distance qu'il aura à parcourir pour atteindre les deux oreilles n'est pas la même (Figure 5).

Figure 5 : Différence interaurale de temps



Ici, la distance D pour parvenir à l'oreille droite est plus petite que la distance G pour arriver à l'oreille gauche.

C'est cette différence interaurale de temps qui va être exploitée lorsque les sources cible et de bruit sont séparées en azimut.

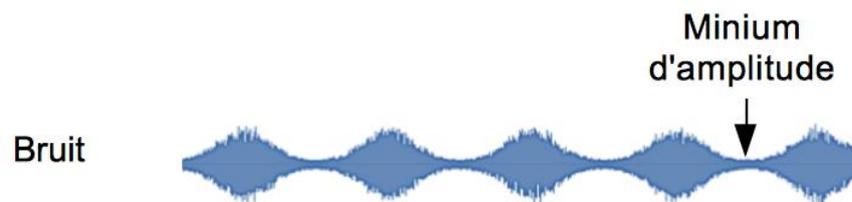
En effet, le signal émis par la source de bruit n'arrive pas en même temps aux deux oreilles, ce qui crée un décalage de phase interaural. Notre système auditif est

capable, grâce à un mécanisme d'égalisation-annulation (18), d'annuler partiellement le signal de bruit, et d'améliorer ainsi le RSB local.

B. Ecoute dans les vallées du bruit

Les fluctuations d'amplitude de l'enveloppe temporelle d'un bruit masquant induisent une fluctuation du RSB. Lors des minima d'amplitude, le RSB est augmenté (Figure 6).

Figure 6 : Ecoute dans les vallées du bruit



D'après Leclercq F.

Notre système auditif est capable de tirer profit de ces minima au sein des fluctuations d'amplitude du bruit afin de détecter des informations partielles de parole et d'améliorer l'intelligibilité. Ce phénomène est appelé « Ecoute dans les vallées du bruit » (19,20).

IV. Variables de l'audiométrie vocale dans le bruit

La difficulté de conception d'un test d'audiométrie vocale dans le bruit est due en grande partie à la multitude des facteurs influençant l'intelligibilité dans le bruit. Chacun de ces facteurs est une source de variabilité pouvant affecter les résultats.

Nous allons dans ce chapitre discuter de ces différents facteurs, afin de pouvoir ensuite décrire l'approche qui a été utilisée pour la gestion de ces paramètres dans le développement de la VRB.

A. Matériel vocal

Plusieurs facteurs doivent être pris en considération lors du choix du matériel vocal utilisé car la nature de celui-ci peut avoir un effet important sur l'intelligibilité.

De manière générale, plus le matériel vocal est court, plus l'épreuve teste le système auditif périphérique. En effet, le contexte sémantique et syntaxique contenu dans une phrase apporte des indices supplémentaires faisant intervenir la suppléance mentale (21). Il est donc important lors de la mise en place d'un test de bien identifier les caractéristiques que l'on cherche à tester chez les sujets.

De plus, les caractéristiques du matériel lorsqu'il est parlé peuvent aussi affecter l'intelligibilité. Elles incluent entre autre le sexe du locuteur, sa vitesse et sa clarté d'énonciation, le fait que sa voix paraisse plus ou moins naturelle, et la présence d'un éventuel accent (22,23).

B. Bruit masquant

1. Définitions

L'effet masque est le phénomène survenant lorsqu'un bruit entre en compétition avec le signal cible, diminuant ainsi la perception de ce signal. Deux types de masquage ont été décrits (24) :

a) Masquage énergétique

Le masquage énergétique, d'origine périphérique, est présent dès qu'un bruit entre en concurrence avec le signal cible. Il sera d'autant plus important que les propriétés spectrales et temporelles du bruit sont similaires à celles du signal cible, car ils seront alors tous deux codés dans la même région de la cochlée. Le bruit

masquant déclenchera une réponse neurale dans la même bande critique que le signal cible, gênant alors sa détection et entraînant une élévation du seuil auditif.

b) Masquage informationnel

Le masquage informationnel entre en jeu lorsque le bruit masquant est un bruit de parole (25). En effet, lorsque des signaux de paroles concurrents sont similaires, il devient difficile de séparer les éléments provenant de chacun des deux signaux.

Ce type de masquage est dû essentiellement au contenu linguistique (phonétique, lexical et sémantique) du bruit masquant, plutôt qu'à ses caractéristiques acoustiques (26). Ainsi, un bruit de parole masquant sera d'autant plus gênant qu'il est émis dans la langue de l'auditeur plutôt que dans une langue qui lui est étrangère (27).

L'effet masque d'un bruit parolier augmente avec le nombre de locuteurs, jusqu'à atteindre un effet de saturation aux environs de 8 locuteurs, et même une amélioration des performances au-delà (28). Il semblerait donc exister un effet seuil du nombre de locuteurs au-delà duquel l'auditeur ne peut plus détecter les informations linguistiques contenues dans le bruit parolier, et donc au-delà duquel la composante informationnelle du masquage diminue.

2. Types de bruits masquants

a) Bruits stationnaires

Les bruits stationnaires possèdent une intensité constante, rendant plus simple leur calibration, mais les rendant moins physiologiques. Les plus fréquemment utilisés sont les suivants :

- Le bruit blanc, dont la densité spectrale de puissance est constante quelle que soit sa fréquence. Il ne possède ni hauteur tonale, ni rythme.
- Le bruit rose, dont la densité spectrale est constante par bande d'octave.
- Le SSN (« Speech Shaped Noise »), dont le spectre à long terme est similaire à celui de la parole. Ses fluctuations temporelles sont similaires à celles du signal vocal, mais son contenu sémantique est limité car non intelligible (29). Son utilisation permet donc de limiter le masquage à ses composantes les plus périphériques.

b) Bruits non stationnaires

Les bruits non stationnaires présentent des fluctuations temporelles, les rendant plus représentatifs des situations bruyantes de la vie courante. Ils permettent donc

une évaluation des patients en situation écologique, mais leur calibration est plus difficile, pouvant poser un problème de reproductibilité inter-centres.

Les bruits non stationnaires les plus souvent utilisés sont des bruits multi-locuteurs, formés par la discussion simultanée de plusieurs personnes.

C. Rapport Signal-sur-Bruit (RSB)

Il est défini comme le rapport entre le signal cible et le bruit masquant et s'exprime généralement en décibels RSB (dB-RSB). Quel que soit le bruit utilisé, le RSB est un facteur majeur affectant l'intelligibilité.

En effet, plus le RSB est diminué, plus le niveau de masquage énergétique augmente, diminuant de ce fait l'intelligibilité du signal (24). Le RSB est une propriété physique qui peut être facilement manipulée, c'est pourquoi il est souvent utilisé comme variable indépendante dans les études sur l'intelligibilité dans le bruit (30).

La perte de RSB correspond à l'augmentation du seuil d'intelligibilité dans le bruit, c'est-à-dire du RSB nécessaire à comprendre 50% des mots (RSB-50), phrases ou mots-clés, par rapport à une norme de performance. Par définition :

$$\text{Perte RSB}_{\text{sujet}} = \text{RSB-50}_{\text{sujet}} - \text{RSB-50}_{\text{norme}}$$

D. L'épreuve vocale

Deux types d'épreuves peuvent être utilisés pour mesurer l'intelligibilité dans le bruit selon la manière dont on va faire varier le RSB.

1. RSB fixe

Les tests avec un RSB fixe, donnent habituellement un résultat exprimé en pourcentage de réponses correctes à un RSB prédéterminé. La difficulté dans ce type de test est de déterminer à quel niveau fixer le RSB afin qu'il n'y ait pas d'effet plancher (RSB trop faible) ou d'effet plafond (RSB trop élevé).

2. Procédure adaptative

Dans ce type de test, le RSB varie selon les réponses du patient. Plus celui-ci donne des réponses correctes, plus le RSB diminue et vice-versa. En général, le résultat obtenu est le RSB-50.

On peut faire varier au choix le niveau de bruit ou le niveau de signal vocal sans différence significative (31).

V. Tests américains

Dans la littérature, les tests les plus courants d'audiométrie vocale dans le bruit ayant été validés en pratique clinique sont les tests américains.

Nous avons réalisé une revue de ces différents tests dans le but d'étudier la méthodologie qui a été suivie lors de leur mise au point.

A. Speech-In-Noise (SIN) et Quick Speech-In-Noise Test (QuickSIN)

Le SIN utilise comme matériel vocal 360 phrases de l'Institute of Electrical and Electronics Engineers (IEEE) enregistrées avec une locutrice féminine.

Le bruit masquant est de type bruit multi-locuteurs à 4 voix.

Les phrases sont divisées en 9 blocs de 40 phrases contenant chacun 2 sections, la première présentée à 70 dB HL (voix forte) et la seconde à 40 dB HL (voix chuchotée). Chaque section contient 20 phrases, 5 pour chaque RSB (15, 10, 5 et 0 dB-RSB).

Chaque phrase possède 5 mots-clés, notés comme étant correct ou incorrect, donnant 25 mots-clés par niveau de RSB. Le score sur 25 est multiplié par 4 pour obtenir un pourcentage pour chaque RSB, reporté sur un graphique avec le RSB en abscisse et le score en ordonnée. Le score obtenu est la perte de RSB, extrapolée à partir de ce graphique.

Le temps de passation pour un seul bloc du SIN est d'au moins 6 minutes, ce qui était jugé trop long pour une utilisation clinique. De plus, des effets plafond et plancher ont été décrits.

Ces inconvénients ont conduit à développer le QuickSIN (32), qui est une version raccourcie et améliorée du SIN.

Les couples phrase-bruit ont été normalisés, afin que les RSB-50 de chacun des couples soient équivalents chez des sujets normo-entendants. L'équivalence des 360 phrases entre elles a ensuite été testée.

Au final, 12 listes de 6 phrases ont été retenues, avec un temps de passation par liste d'environ 1 minute. Ces phrases sont présentées à des RSB pré-enregistrés, suivant une procédure descendante, allant de 25 dB-RSB à 0 dB-RSB par pas de 5 dB-RSB. Le niveau de présentation du signal vocal est fixe à 70 dB.

La perte de RSB est évaluée par l'équation de Spearman-Karber (Figure 7). Celle-ci permet de calculer le RSB-50 à partir du nombre de réponses correctes.

Figure 7 : Equation de Spearman-Karber

$$\text{RSB-50} = i + \frac{d}{2} - \frac{d \times r}{n}$$

i = niveau initial de présentation en dB, d = pas en dB, r = nombres de réponses correctes, n = nombres d'items testés à chaque niveau

B. Hearing-In-Noise Test (HINT)

Le HINT (33) utilise comme matériel vocal 336 phrases issues du corpus Bamford-Kowal-Bench (BKB). Ces phrases sont courtes, simples, équivalentes à un niveau scolaire de CP et enregistrées avec un locuteur masculin.

12 listes de 20 phrases ont été formées, le restant des phrases servant de listes d'entraînement. Les phrases sont émises face au patient. L'unité de notation est la phrase entière.

Le bruit masquant utilisé est de type SSN. Le niveau de bruit est fixe à 65 dB(A).

La procédure utilisé est de type adaptative, faisant varier le niveau du signal vocal selon les réponses du patient, jusqu'à obtenir le RSB-50.

C. Words-In-Noise Test (WIN)

Le WIN test (34) a initialement été conçu par le Centre Médical du Département des Anciens Combattant des Etats-Unis pour être un outil d'évaluation gériatrique.

Il utilise des listes de mots monosyllabiques issus du Northwestern University Auditory Test No. 6 (NU-6) enregistrées avec une locutrice féminine.

Le bruit masquant est de type bruit multi-locuteurs à 4 voix.

Le niveau du bruit masquant est fixe.

Dix mots sont présentés à 7 niveaux de RSB différents allant de 24 à 0 dB selon une procédure descendante.

La perte de RSB est évaluée par l'équation de Spearman-Karber.

D. BKB-SIN

Le BKB-SIN (35) utilise comme matériel vocal des phrases issues du corpus BKB. Il a été conçu pour être utilisé chez des enfants et des adultes pour qui les listes du QuickSIN seraient trop compliquées. Le locuteur est de sexe masculin.

Le bruit masquant est de type bruit multi-locuteurs à 4 voix.

Le test contient 18 paires de listes équivalentes en difficulté. Chaque paire contient 2 listes, dont les scores sont moyennés pour obtenir un résultat valide. Chaque liste contient 3 mots-clés notés comme correct ou incorrect. Le temps de passation de chaque paire de liste est d'environ 3 min.

Les 8 premières paires de listes contiennent 10 phrases par liste, présentées à des niveaux de RSB allant de 21 dB-RSB à -6 dB-RSB par pas de 3 dB-RSB selon une procédure descendante.

Les 8 paires de listes suivantes contiennent 8 phrases par listes et vont de 21 à 0 dB-RSB. Elles ont été conçues pour les patients porteurs d'implants cochléaires.

La perte de RSB est évaluée par l'équation de Spearman-Kärber.

MATERIELS ET METHODES

I. Préparation du matériel

Nous allons présenter dans cette section le matériel utilisé pour ce test, qui a été décrit dans le mémoire d'audiologie de Leclercq F. (36)

A. Matériel vocal

Les phrases utilisées dans la VRB ont été sélectionnées parmi le corpus Marginal Benefit from Acoustical Amplification (MBAA) (37), initialement conçu pour tester les patients porteurs d'implants cochléaires.

540 phrases ont été analysées. Les phrases portant à confusion, hautement prévisibles ou trop longues pour être répétées facilement ont été retirées. Les phrases devaient contenir 3 mot-clés. La distribution phonémique de chaque phrase a été étudiée afin de vérifier que la fréquence d'occurrence des phonèmes des mots-clés était comparable à celle de la langue française.

Le RSB-50 de chaque phrase a été évalué sur un échantillon de sujets normo-entendants, puis moyenné pour obtenir un $RSB-50_{moyen}$ inter-sujets et inter-phrases. Le $RSB-50_{moyen}$ était de -6,64 dB-RSB.

Le RSB-50 de chacune des phrases a ensuite été ajusté, non pas à la valeur du $RSB-50_{moyen}$ comme dans les tests décrits dans la littérature, mais à la valeur de 0 dB-RSB.

Ainsi, puisque la perte de RSB est définie par « Perte de RSB = $RSB-50_{sujet} - RSB-50_{norme}$ », si le $RSB-50_{norme}$ est égal à 0 dB-RSB, la perte de RSB est alors directement obtenue par le $RSB-50_{sujet}$ calculé par le test.

Enfin, l'équivalence des phrases entre elles a été évaluée, et au final, seules 127 phrases ont été retenues, constituant 15 listes de 8 phrases, le reste des phrases ayant été utilisé comme phrases d'entraînement (Annexe 1).

Un silence de 4 secondes a été rajouté au début de chaque phrase, selon les normes ISO concernant l'intervalle entre deux items vocaux.

Le temps de passation d'une liste de la VRB est d'environ 1 minute.

Les phrases ont été enregistrées en utilisant une locutrice féminine, parlant à vitesse normale avec un accent français qualifié de standard.

B. Bruit

Le bruit masquant utilisé dans ce test est une boucle de 8 secondes créée à partir de l'Onde Vocale Globale (OVG), un bruit multi-locuteurs utilisant 4 voix françaises (3 féminines et 1 masculine). Ce bruit a été choisi car il représente une simulation réaliste d'un évènement social.

II. Mise en place du test

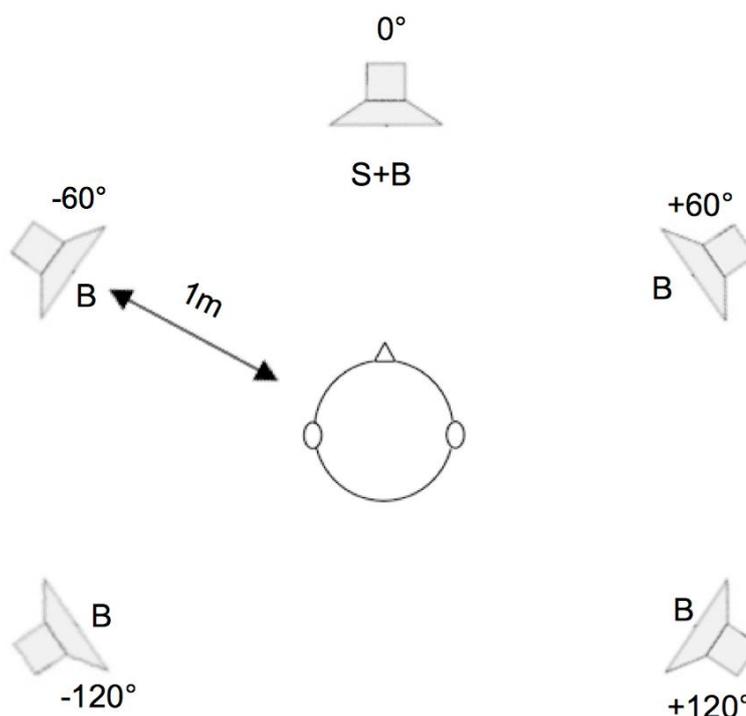
A. Installation

Pour ce travail, nous avons décidé de réaliser un test en champ libre, en écoute binaurale, oreilles nues.

Tous les tests ont été réalisés dans une cabine insonorisée.

Le signal vocal était émis de face (azimut 0°) avec un bruit masquant diffus provenant de 5 haut-parleurs localisés à 0° , $+60^\circ$, $+120^\circ$, -60° , -120° autour de la tête du sujet. Cette installation (Figure 8) a été choisie afin de répondre aux recommandations de la Société Française d'Audiologie (SFA) (7) tout en représentant une situation la plus écologique possible pour les patients.

Figure 8 : Configuration des haut-parleurs



Les haut-parleurs ont été installés à une distance d'environ 1m, et à hauteur de la tête du patient. Tous les haut-parleurs ont été calibrés grâce à un sonomètre.

Afin de faciliter l'utilisation du test, celui-ci a été intégré à l'interface du logiciel HuBSound (Annexe 2), installé sur un ordinateur portable relié à une carte son 5.1, elle-même reliée à l'amplificateur auquel les haut-parleurs étaient branchés.

B. Mesure de la perte de RSB

Les phrases étaient présentées à un niveau fixe de 65 dB SPL, avec un bruit de niveau variable pour obtenir des niveaux de RSB allant de 18 dB-RSB à -3 dB-RSB par pas de 3 dB-RSB selon une procédure descendante. Chaque liste débutait par une phrase d'entraînement dans le silence puis par les 8 phrases dans le bruit.

Pour chaque phrase, le nombre de mots-clés corrects était coté de 0/3 à 3/3, donnant un score sur 24 par liste.

La perte de RSB était calculée par l'équation de Spearman-Karber (Figure 9).

Figure 9 : Equation de Spearman-Karber adapté à la VRB

$$\mathbf{RSB-50 = 18 + \frac{3}{2} - \frac{3 \times r}{3} = 19,5 - r}$$

r = nombres de réponses correctes

III. Evaluation préliminaire

Nous avons d'abord réalisé ce test chez un échantillon de sujets normo-entendants afin de contrôler l'équivalence des listes entre elles, de tester la fiabilité des listes, et d'obtenir des données normatives.

A. Groupe témoin

Onze sujets normo-entendants ont été sélectionnés selon les critères suivants :

- Seuils à l'audiométrie tonale < 20 dB HL sur chaque octave de 125 Hz à 8000 Hz
- Otoscopie normale
- Absence d'antécédent otologique particulier

L'ensemble des 15 listes a été présenté à chaque sujet dans un ordre aléatoire.

B. Données normatives

La perte moyenne de RSB dans notre groupe témoin était de - 0,1 dB-RSB avec un écart-type de +/- 0,7 dB-RSB.

C. Equivalence des listes

Nous avons étudié l'équivalence des 15 listes entre elles par une analyse de la variance (ANOVA).

Nous avons d'abord étudié la normalité de la distribution des scores obtenus pour chacune des listes grâce au test de Shapiro-Wilk. Celles-ci ne suivant pas toutes une loi normale, nous avons utilisé un test non paramétrique, l'ANOVA de Kruska-Wallis. Celle-ci a été suivie de tests post-hoc pour comparaison multiple des listes entre elles et avec la moyenne de toutes les listes, par la correction de Bonferroni, après vérification de l'hypothèse des variances égales.

Cette analyse a montré que toutes les listes étaient équivalentes entre elles, sauf la liste 15 qui montrait une différence significative avec les listes 1 et 2 ($p = 0,015$ et $0,024$ respectivement). Nous avons donc décidé de l'exclure pour le reste de notre étude.

D. Fiabilité des listes

Nous nous sommes ensuite intéressés au nombre de listes nécessaire pour obtenir un certain niveau de précision.

Un intervalle de confiance de 80% est généralement considéré comme suffisant pour un test audiométrique en contexte clinique (38). Une audiométrie tonale, par exemple, donne une précision de +/- 5 dB à un intervalle de confiance de 80% (IC_{80}). Dans le cadre de la recherche clinique, un intervalle de confiance de 95% (IC_{95}) est plus souvent utilisé, car il est exigé un risque d'erreur le plus petit possible.

Le niveau de précision d'une mesure peut être estimé à partir de l'écart type et du coefficient de Student (39). L'écart-type pour une liste de la VRB était de 1,6 dB-RSB. Nous avons calculé le niveau de précision du score obtenu, aux intervalles de confiance 80% et 95%, selon le nombre de listes passées. Ces résultats sont rapportés dans le tableau 1.

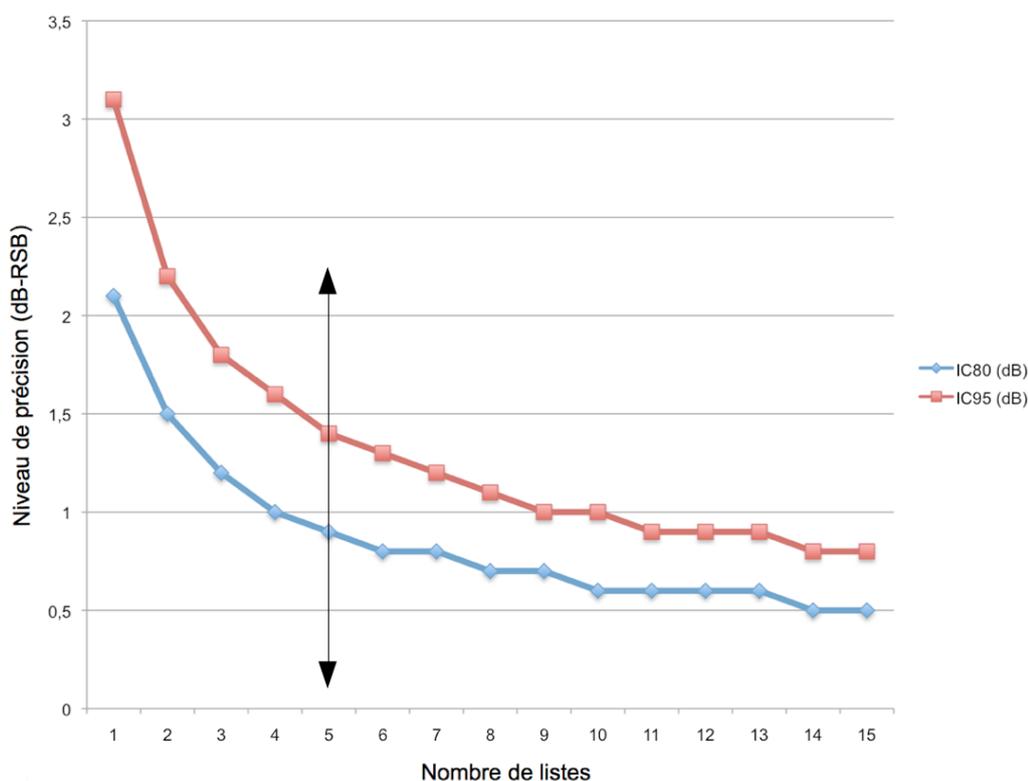
Tableau 1 : Niveau de précision selon le nombre de listes

	Nombre de listes														
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15
IC ₈₀ (dB)	2,1	1,5	1,2	1,0	0,9	0,8	0,8	0,7	0,7	0,6	0,6	0,6	0,6	0,5	0,5
IC ₉₅ (dB)	3,1	2,2	1,8	1,6	1,4	1,3	1,2	1,1	1	1	0,9	0,9	0,9	0,8	0,8
Temps (min)	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	15	15

Plus on augmente le nombre de listes testées, plus on augmente la précision du test en diminuant l'intervalle de confiance. Il a fallu réaliser un compromis entre niveau de précision et temps de passation du test.

Sur la représentation graphique du niveau de précision en fonction du nombre de listes passées (Figure 10), on remarque que le point d'inflexion de la courbe semble être autour de 5 listes. En effet à partir de ce point, le gain en précision en augmentant le nombre de listes semble être moins important. Pour cette valeur, on obtient un score fiable à +/- 0,9 dB-RSB à un IC₈₀, pour une durée de test d'environ 5 min. C'est cette valeur que nous avons décidé de retenir pour le reste de notre étude.

Figure 10 : Représentation graphique du niveau de précision en fonction du nombre de listes



IV. Patients

Nous avons réalisé une étude prospective monocentrique dans le service d'Otologie et Oto-neurologie du CHRU de Lille.

De mars à avril 2017, 43 patients adultes ont été testés lors de leur passage en consultation, après recueil de leur consentement.

Les critères d'exclusion étaient les suivants :

- Age < 18 ans
- Seuils auditifs ne permettant pas la réalisation du test dans les conditions décrites
- Absence de maîtrise de la langue française

1. Evaluation audiométrique

Tous les patients ont bénéficié au préalable d'une audiométrie tonale liminaire et vocale par liste de Fournier dissyllabique, au casque. On a ainsi pu recueillir :

- La Perte Tonale Moyenne globale (PTMg) définie par le Bureau International d'Audiophonologie (BIAP) comme étant la moyenne de la perte en dB aux fréquences 500 Hz, 1000 Hz, 2000 Hz et 4000 Hz. En cas de surdité asymétrique, le niveau moyen de perte est multiplié par 7 pour la meilleure oreille et par 3 pour la plus mauvaise. La somme est divisée par 10. Les patients étaient ensuite classés selon leur grade de surdité :

- Classe 1 : Audition normale (PTMg < 20 dB)
- Classe 2 : Surdité légère (PTMg entre 21 et 40 dB)
- Classe 3 : Surdité moyenne (PTMg entre 41 et 70 dB)
- La Perte Tonale Moyenne à la meilleure oreille (PTMm)
- Le Seuil d'Intelligibilité à la meilleure oreille (SI_m) défini comme le seuil auquel 50% des mots sont reconnus à l'audiométrie vocale.

2. Evaluation du caractère symétrique de l'audition

Il a aussi été noté si la surdité était symétrique ou asymétrique, l'asymétrie étant définie par une différence de plus de 15 dB entre la perte tonale moyenne de chaque oreille (40).

Pour les patients ayant une audition asymétrique, nous avons défini l'indice d'asymétrie (IA) comme étant la différence de seuil entre les deux oreilles en dB.

Pour les patients ayant une audition symétrique, nous avons défini l'indice de presbyacousie (IP) comme étant la moyenne de la perte en dB aux fréquences 4000 Hz et 8000 Hz.

V. Passation du test

Le patient était installé dans la cabine, les consignes suivantes lui étaient expliquées : « Des phrases vont vous être prononcées par une femme via le haut-parleur face à vous. Au fur et à mesure, un bruit de fond similaire à celui d'un repas dans un restaurant va apparaître et augmenter en intensité. Vous devez répéter le maximum de mots que vous percevez ».

Cinq listes étaient présentées au patient, choisies de façon aléatoire.

VI. Statistiques

Les données recueillies ont été classées dans un tableau Microsoft Excel.

Toutes les analyses statistiques ont été réalisées en utilisant le logiciel IBM SPSS Statistics pour Mac.

Tous les tests statistiques étaient bilatéraux avec un seuil de significativité fixé à $p < 0,05$.

A. Comparaison de groupes

1. Selon la classe BIAP

Nous avons d'abord réalisé une comparaison entre la perte de RSB des différentes classes BIAP grâce à une ANOVA.

L'effectif étant inférieur à 30 dans chaque groupe, nous avons d'abord évalué la normalité de distribution de la variable Perte de RSB à l'aide d'un test de Shapiro-Wilk. Celle-ci suivant une loi normale, nous avons pu utiliser un test paramétrique d'ANOVA suivi de tests post-hoc avec comparaison multiple par la correction de Bonferroni, après vérification de l'hypothèse des variances égales.

2. Selon le sexe

Nous avons comparé la perte de RSB selon le sexe grâce à un test paramétrique, le T-test de Student, après vérification de la normalité de distribution et de l'égalité des variances.

B. Corrélation

1. Sur l'ensemble de la population

Nous avons recherché la présence d'un lien statistique entre la perte de RSB et différents facteurs : la PTMg, la PTMm, le SIm et l'âge, grâce au coefficient de corrélation linéaire de Pearson.

2. Sous-Groupes

Nous avons ensuite réalisé des analyses de corrélation en sous-groupes selon la nature symétrique ou non de l'audition.

a) Audition symétrique

Dans le sous-groupe de sujets ayant une audition symétrique, nous avons recherché la présence d'un lien statistique entre la perte de RSB et la PTMg, la PTMm ainsi que l'IP grâce au coefficient de corrélation de Pearson.

b) Audition asymétrique

Dans le sous-groupe de sujets ayant une audition asymétrique, nous avons recherché la présence d'un lien statistique entre la perte de RSB et la PTMg, la PTMm ainsi que l'IA grâce au coefficient de corrélation de Pearson.

RESULTATS

I. Statistiques descriptives

Onze témoins ont participé à notre étude. Cet échantillon était constitué de 4 hommes et 7 femmes (Figure 11), avec un âge moyen de 25 ans (Figure 12).

Quarante-trois patients ont participé à notre étude, le sex-ratio était presque égal à 1 avec 21 hommes pour 22 femmes (Figure 13) et l'âge moyen était de 54 ans (Figure 14).

Selon la classification du BIAP, il y avait dans notre étude 18 sujets avec une audition normale, 26 avec une surdité légère et 10 avec une surdité moyenne (Figure 15). 35 avaient une audition symétrique et 19 une audition asymétrique.

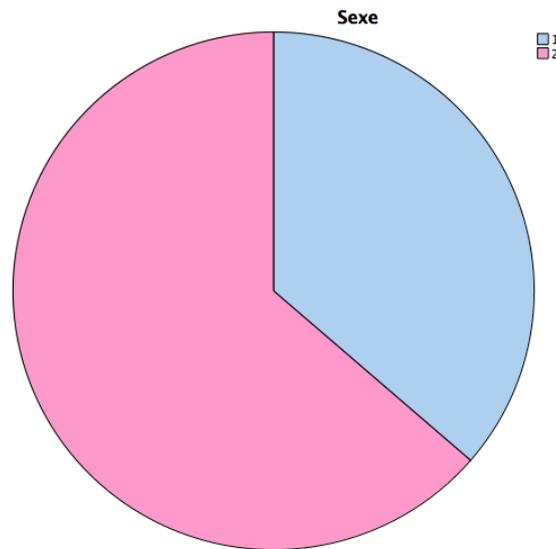
Les caractéristiques de notre population sont présentées dans le tableau 2.

Tableau 2 : Caractéristiques de la population (n = 54)

Variable		Effectif	Moyenne (extrêmes)
Age	Témoins	11	25 (21-34)
	Patients	43	54 (24-76)
Variable		Effectif	Pourcentage
Sexe	Témoins	Hommes	4 36,4
		Femmes	7 63,6
	Patients	Hommes	21 48,8
		Femmes	22 51,2
Classe BIAP			
	Audition normale	18	33,3

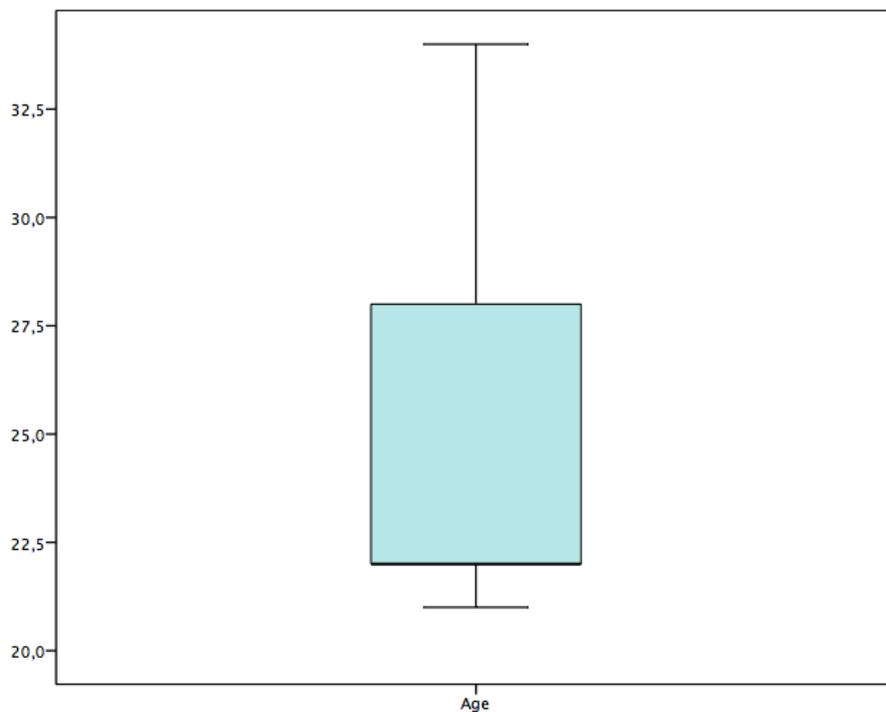
	Surdité légère	26	48,1
	Surdité moyenne	10	18,5
Type d'audition	Symétrique	35	64,8
	Asymétrique	19	35,2

Figure 11 : Répartition du sexe chez les témoins



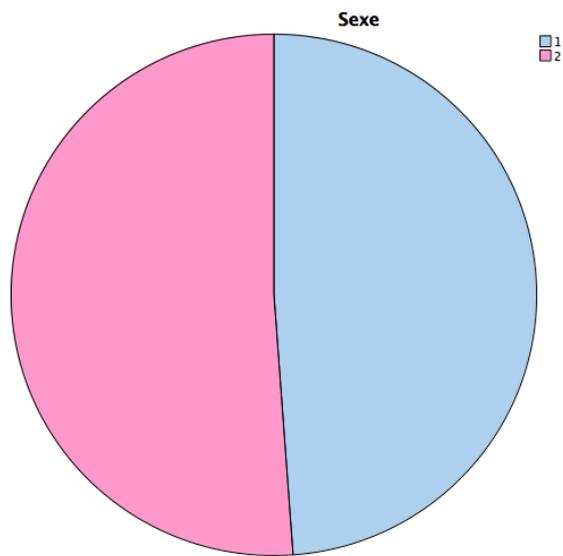
Bleu : Hommes, Rose : Femmes

Figure 12 : Répartition de l'âge chez les témoins



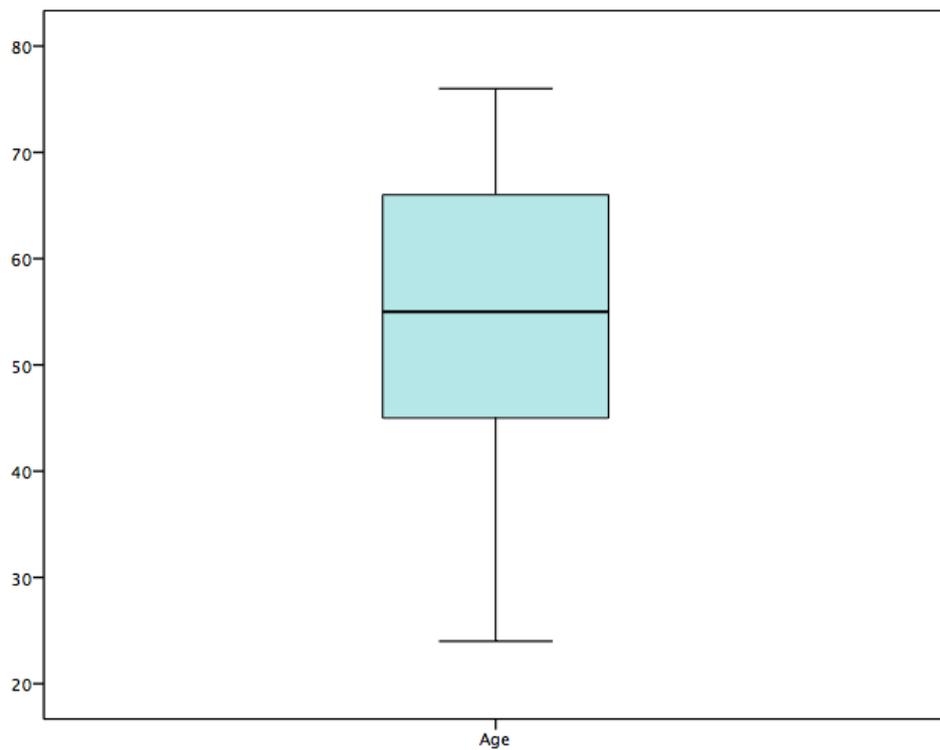
Le trait épais représente la médiane, la boîte représente l'intervalle de confiance à 95% pour la moyenne et l'extrémité des moustaches les valeurs extrêmes

Figure 13 : Répartition du sexe chez les patients

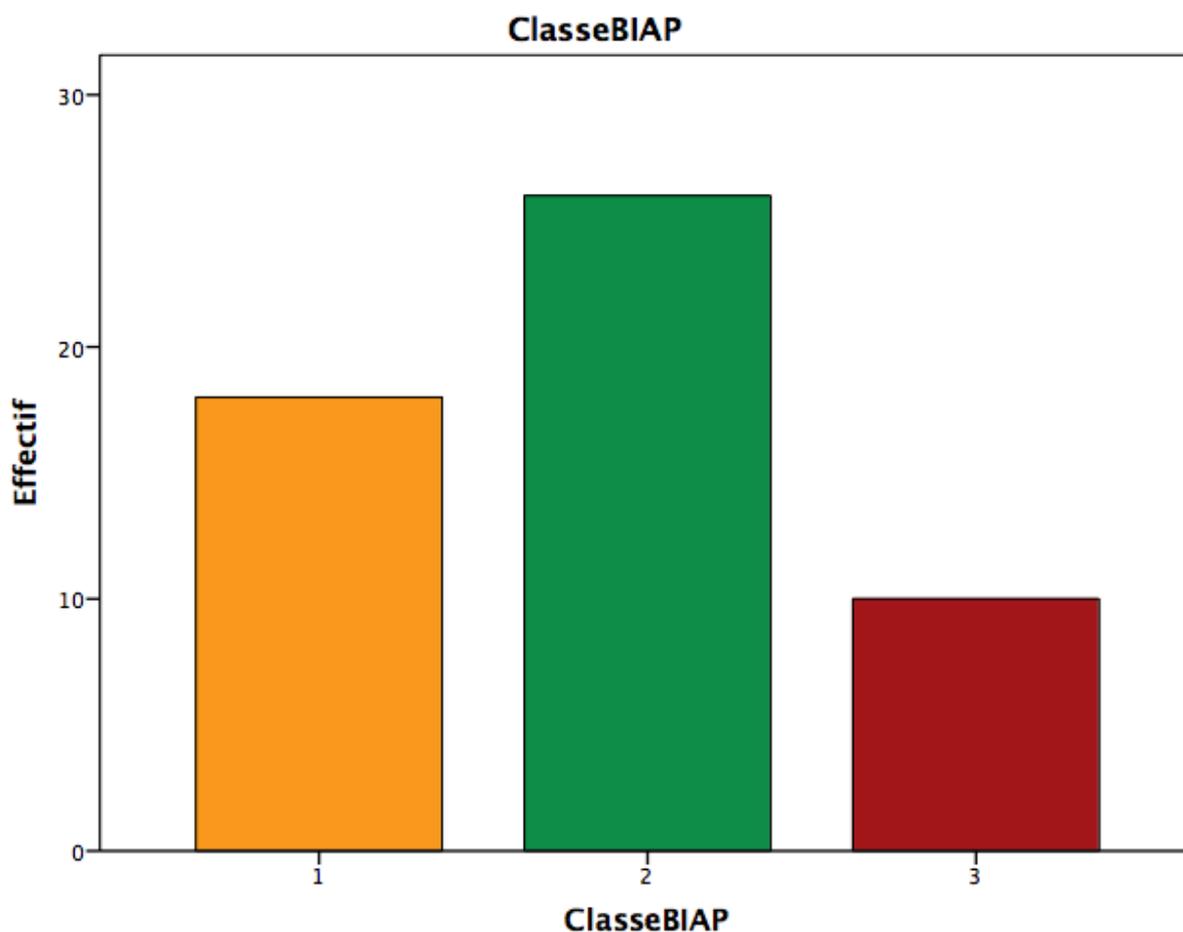


Bleu : hommes, Rose : Femmes

Figure 14 : Répartition de l'âge chez les patients



Médiane, intervalle de confiance à 95% pour la moyenne, valeurs extrêmes

Figure 15 : Répartition selon la classification du BIAP

Orange : audition normale ; vert : surdité légère ; rouge : surdité moyenne

II. Comparaison des groupes

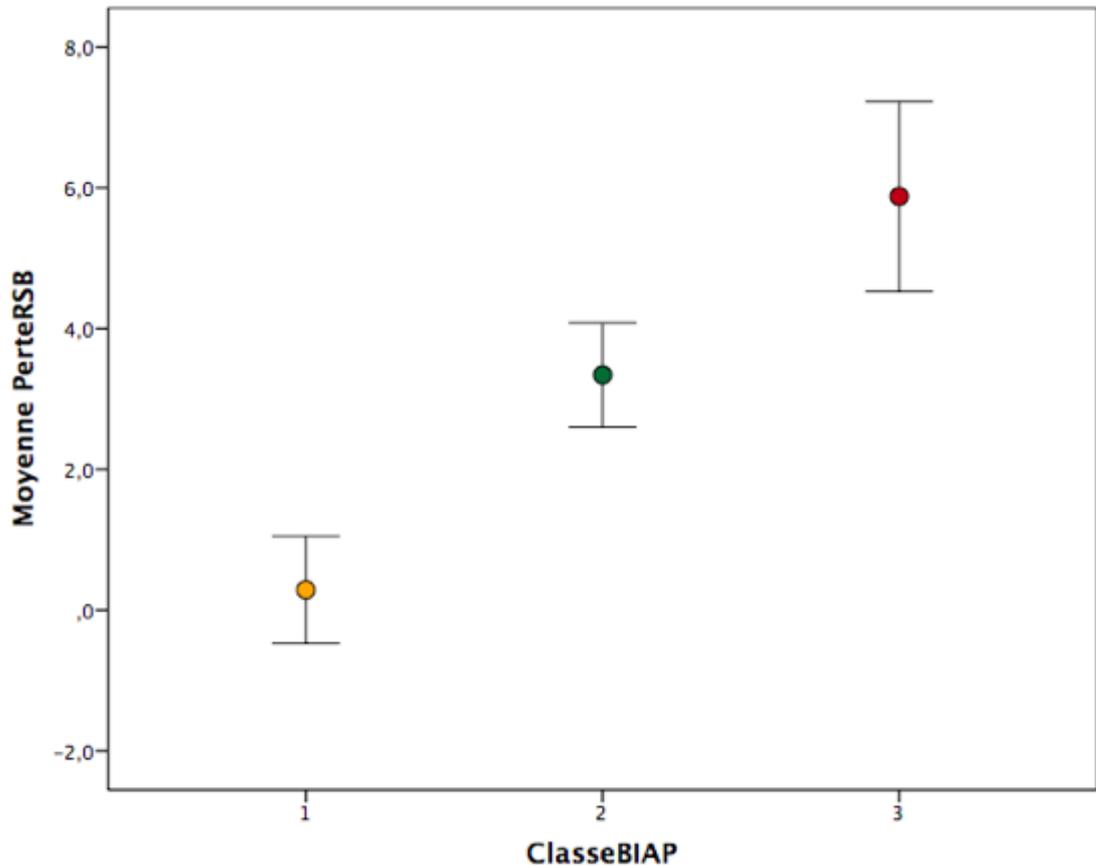
A. Comparaison selon la classification du BIAP

Les résultats de la comparaison de la perte de RSB selon la classification du BIAP sont présentés dans la Figure 16.

La perte de RSB moyenne était de 0,29 dB-RSB ($IC_{95} = [-0,47 ; 1,05]$) chez les sujets avec une audition normale ; 3,34 dB-RSB ($IC_{95} = [2,06 ; 4,01]$) chez les sujets avec une surdité légère et 5,88 dB-RSB ($IC_{95} = [4,53 ; 7,23]$) chez les sujets avec une surdité moyenne.

La différence entre chacun des groupes entre eux était significative avec des seuils p tous inférieurs à 0,05 (0,000 ; 0,001 et 0,000).

Figure 16 : Comparaison de la perte de RSB selon la classification du BIAP



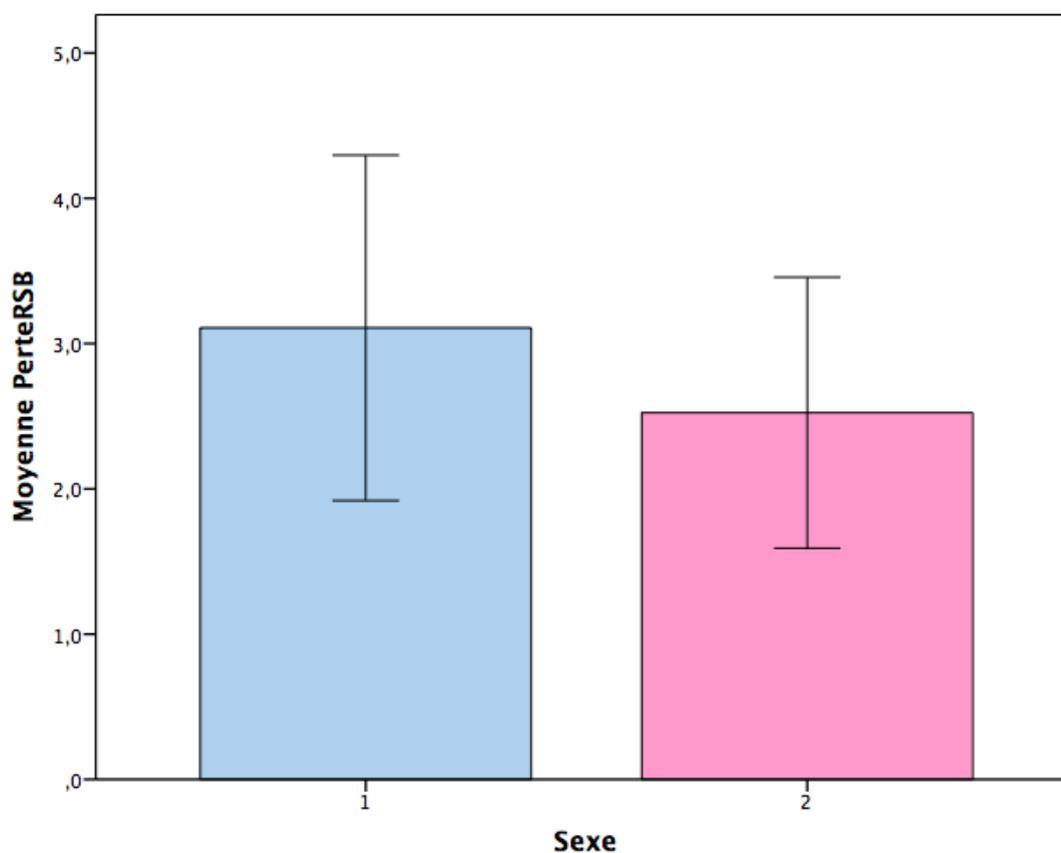
Orange : audition normale ; vert : surdité légère ; rouge : surdité moyenne

Barre d'erreur : IC_{95%}

B. Comparaison selon le sexe

Les résultats de la comparaison de la perte de RSB selon le sexe sont présentés dans la Figure 17.

La perte de RSB moyenne était de 3,11 dB-RSB (IC₉₅ = [1,98 ; 4,32]) chez les hommes et 2,52 dB-RSB (IC₉₅ = [1,67 ; 3,49]) chez les femmes. Il n'a pas été mis en évidence de différence significative entre les deux groupes (p = 0,424).

Figure 17 : Comparaison de la perte de RSB selon le sexe

Bleu : Hommes, Rose : Femmes

Barre d'erreur : IC_{95%}

III. Corrélation

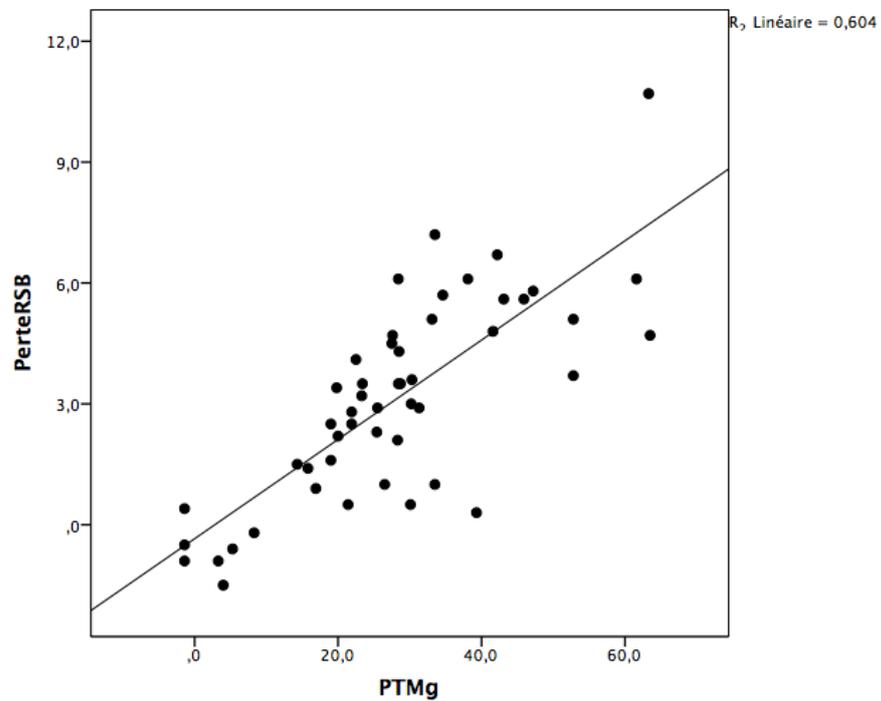
A. Sur l'ensemble de la population

Les résultats des analyses de corrélation réalisées sur l'ensemble de la population sont présentés dans la Figure 18.

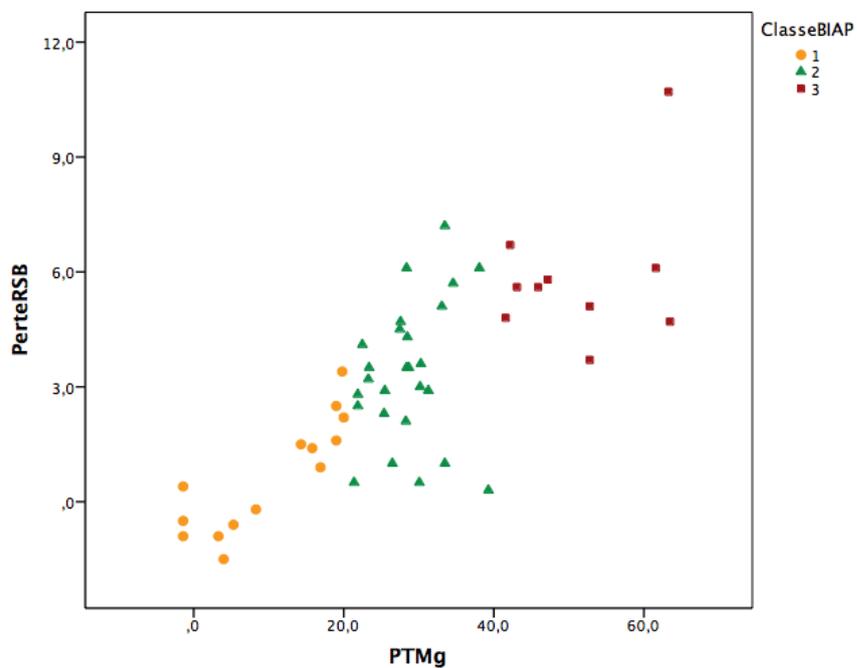
Tous les facteurs étudiés avaient une corrélation linéaire statistiquement significative avec la perte de RSB, avec des seuils de significativité $p < 0,05$.

Les coefficients de corrélation de Pearson étaient de $r = 0,78$ ($p = 0,00$) pour la PTMg, $r = 0,54$ ($p = 0,00$) pour la PTMm, $r = 0,40$ ($p = 0,01$) pour le SIm, $r = 0,57$ ($p = 0,00$) pour l'âge.

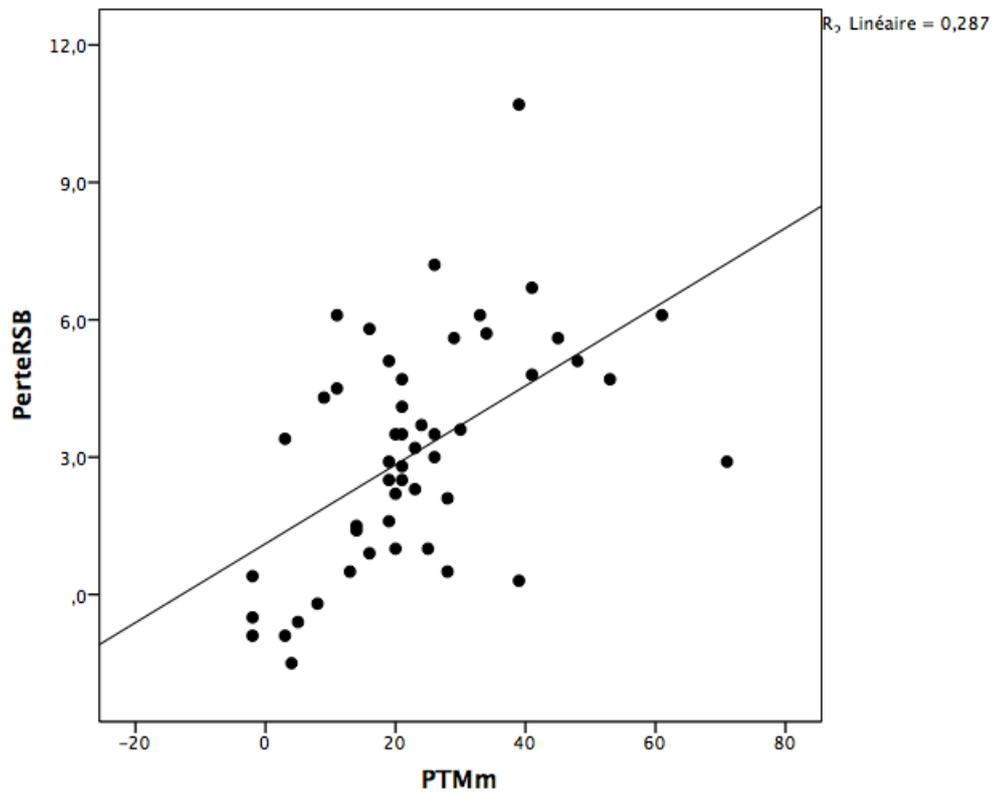
Figure 18 : Résultats des analyses de corrélation linéaire sur l'ensemble de la population



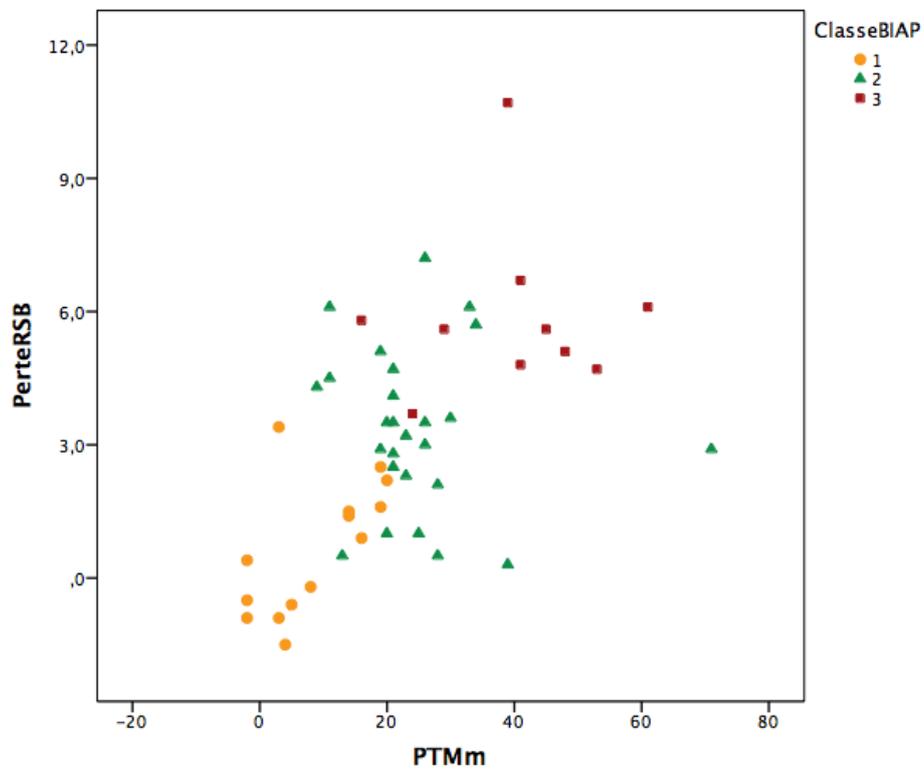
Perte de RSB en fonction de la PTMg, avec la droite d'ajustement linéaire



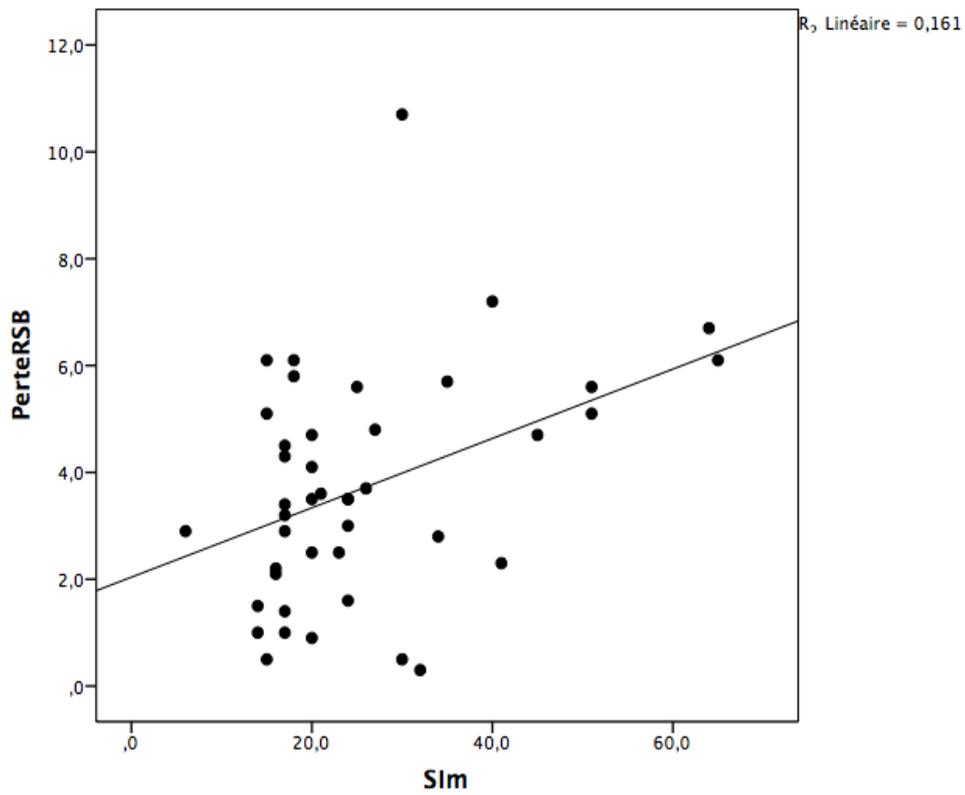
Perte de RSB en fonction de la PTMg, avec les classes du BIAP (Orange : audition normale, Vert : surdité légère, Rouge : surdité moyenne).



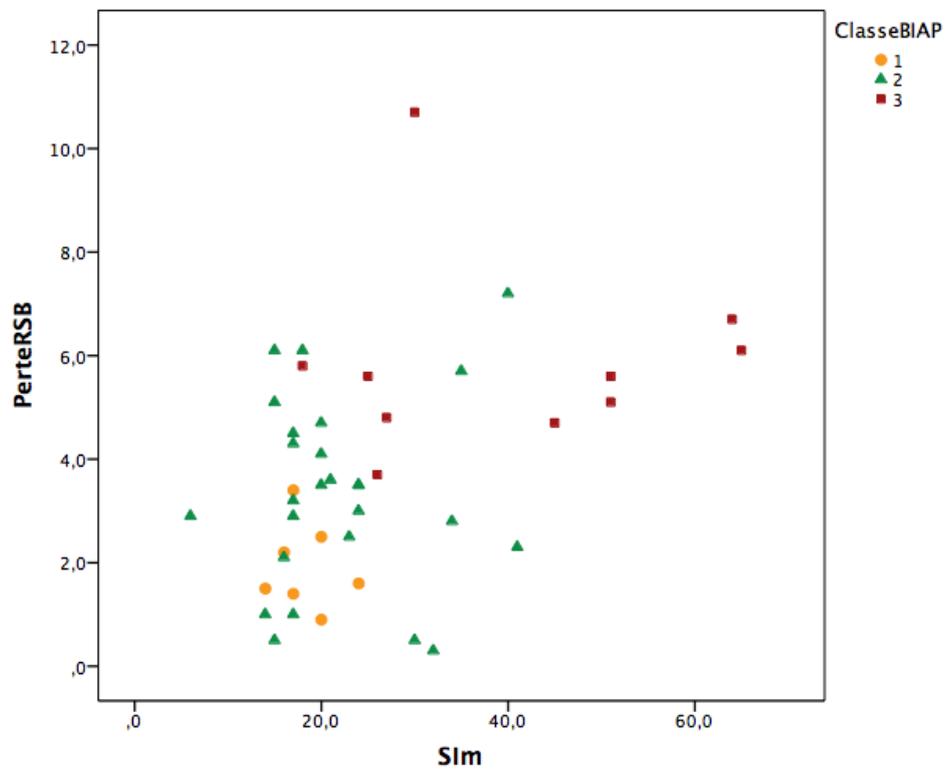
Perte de RSB en fonction de la PTMm, avec la droite d'ajustement linéaire



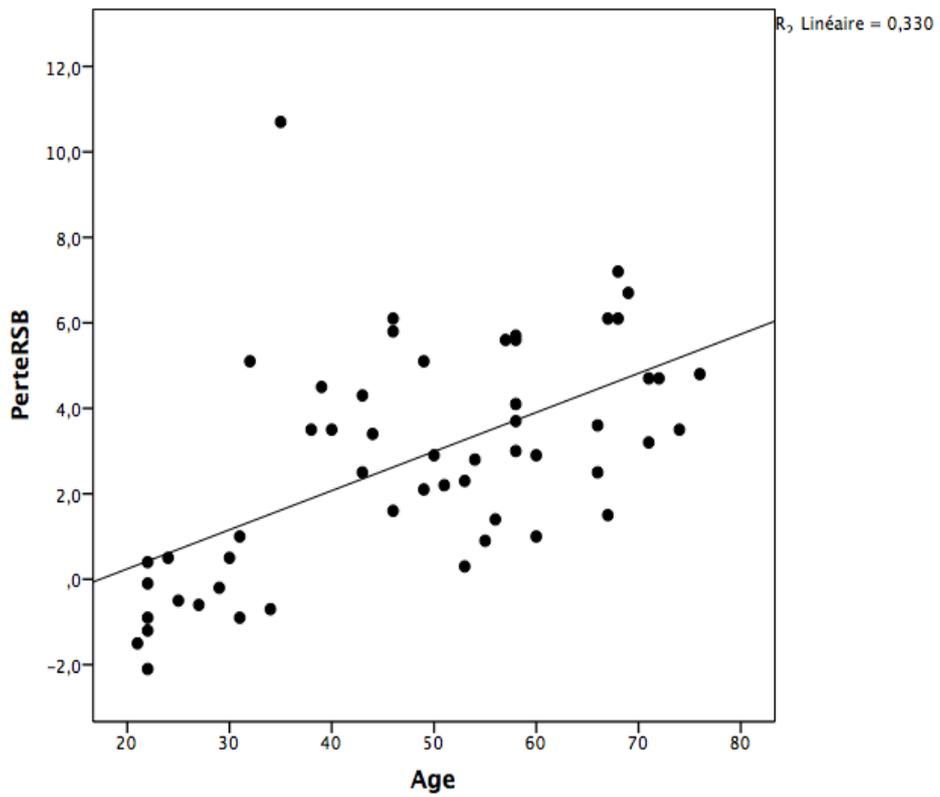
Perte de RSB en fonction de la PTMm, avec les classes du BIAP



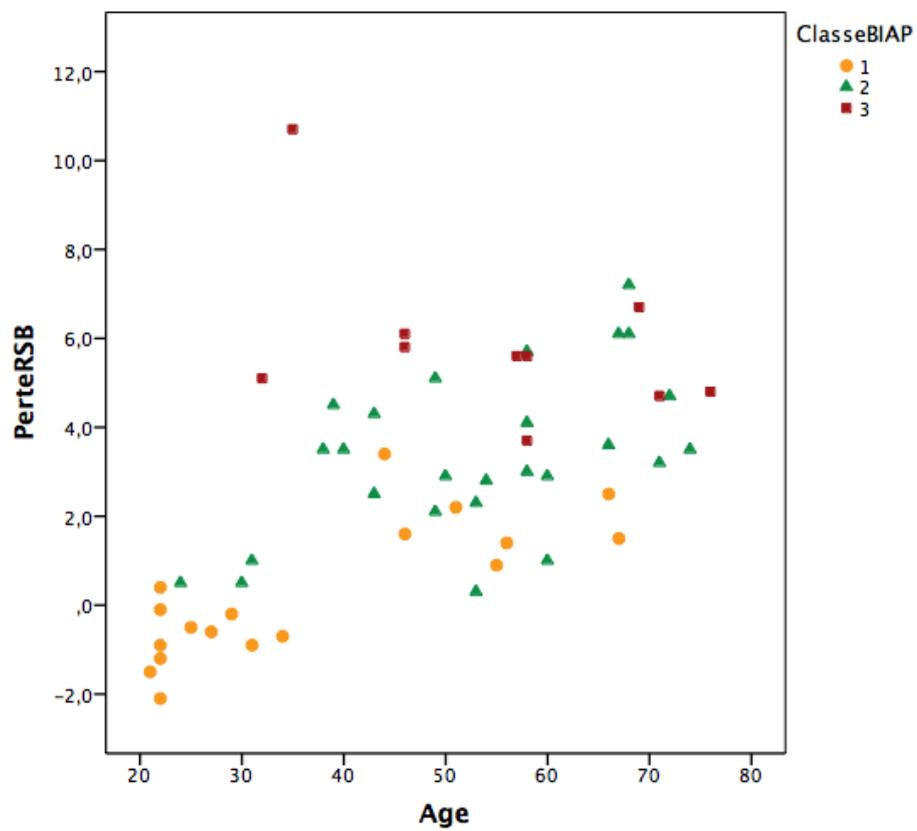
Perte de RSB en fonction du Sim, avec la droite d'ajustement linéaire



Perte de RSB en fonction du Sim, avec les classes du BIAP



Perte de RSB en fonction de l'âge, avec la droite d'ajustement linéaire



Perte de RSB en fonction de l'âge, avec les classes du BIAP

B. En sous-groupe

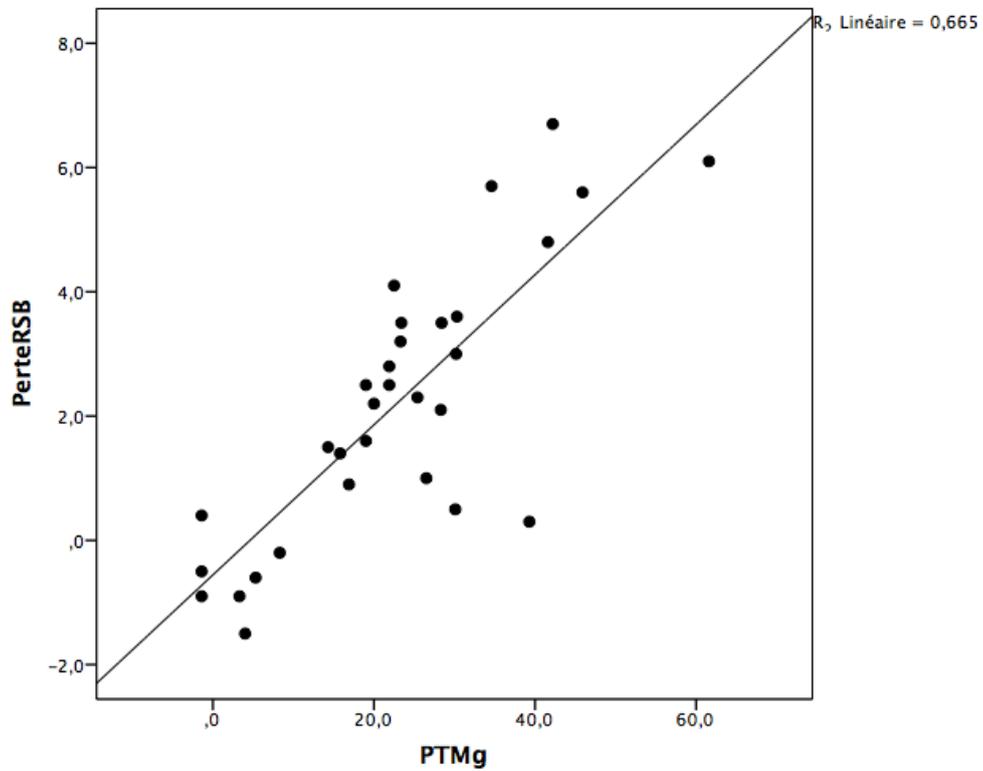
1. Audition symétrique

Les résultats des analyses de corrélation réalisées sur le sous-groupe de sujets ayant une audition symétrique sont présentés dans la Figure 19.

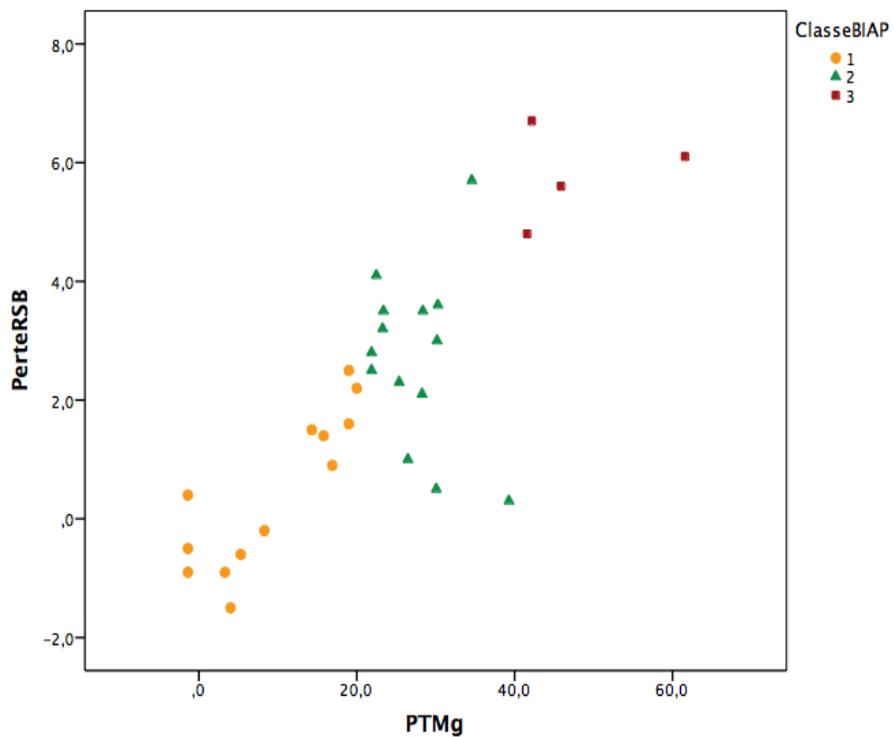
Les trois facteurs étudiés avaient une corrélation linéaire statistiquement significative avec la perte de RSB, avec des seuils de significativité $p < 0,05$.

Les coefficients de corrélation de Pearson étaient de $r = 0,82$ ($p = 0,00$) pour la PTMg, $r = 0,81$ ($p = 0,00$) pour la PTMm et $r = 0,51$ ($p = 0,01$) pour l'IP.

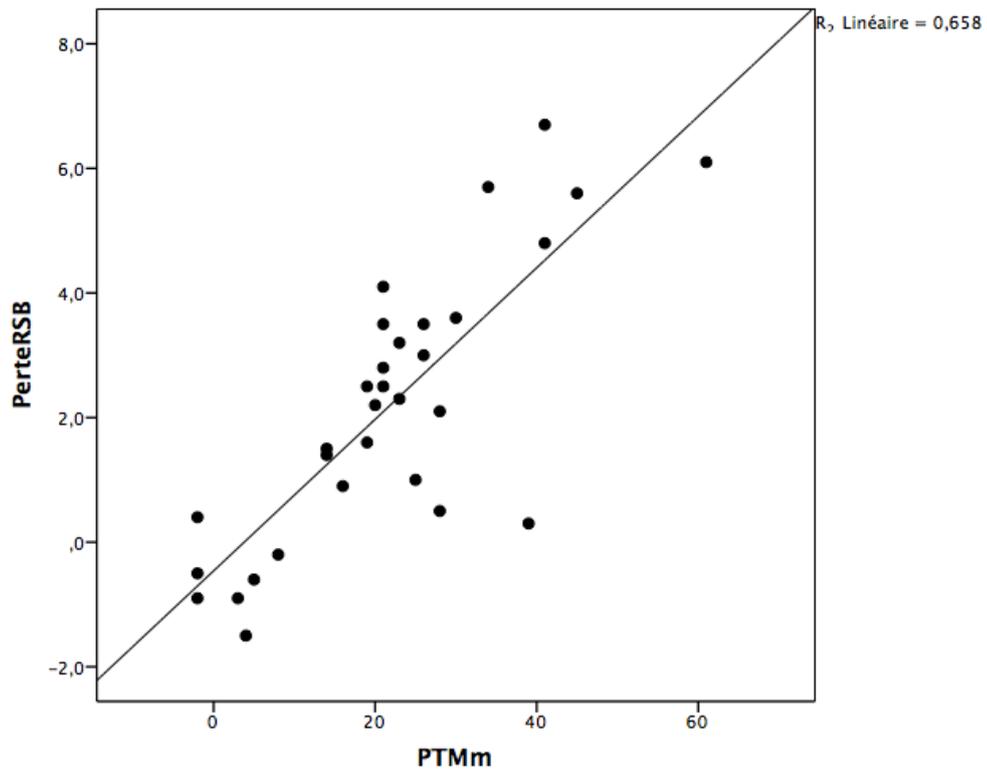
Figure 19 : Résultats des analyses de corrélation linéaire chez les sujets ayant une audition symétrique



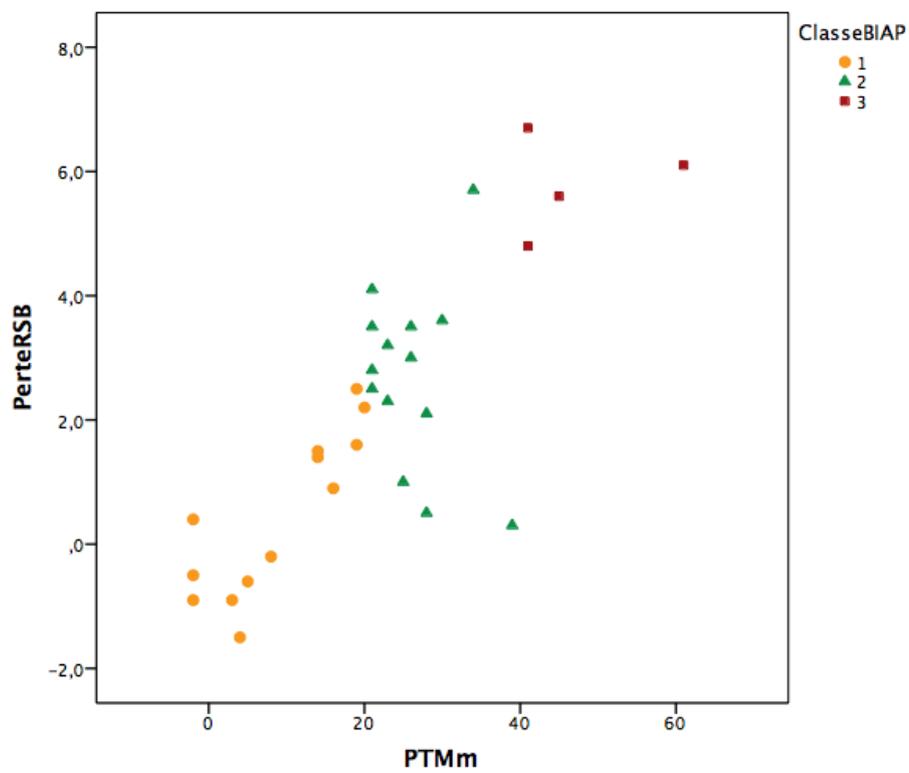
Perte de RSB en fonction de la PTMg, avec la droite d'ajustement linéaire



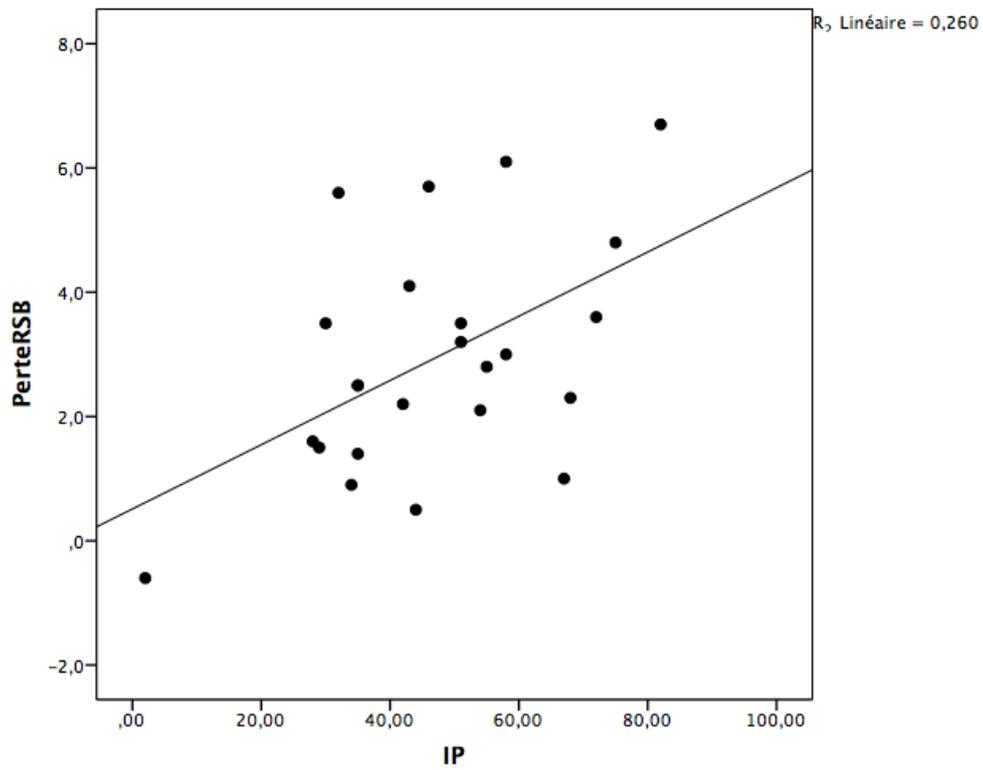
Perte de RSB en fonction de la PTMg, avec les classes du BIAP



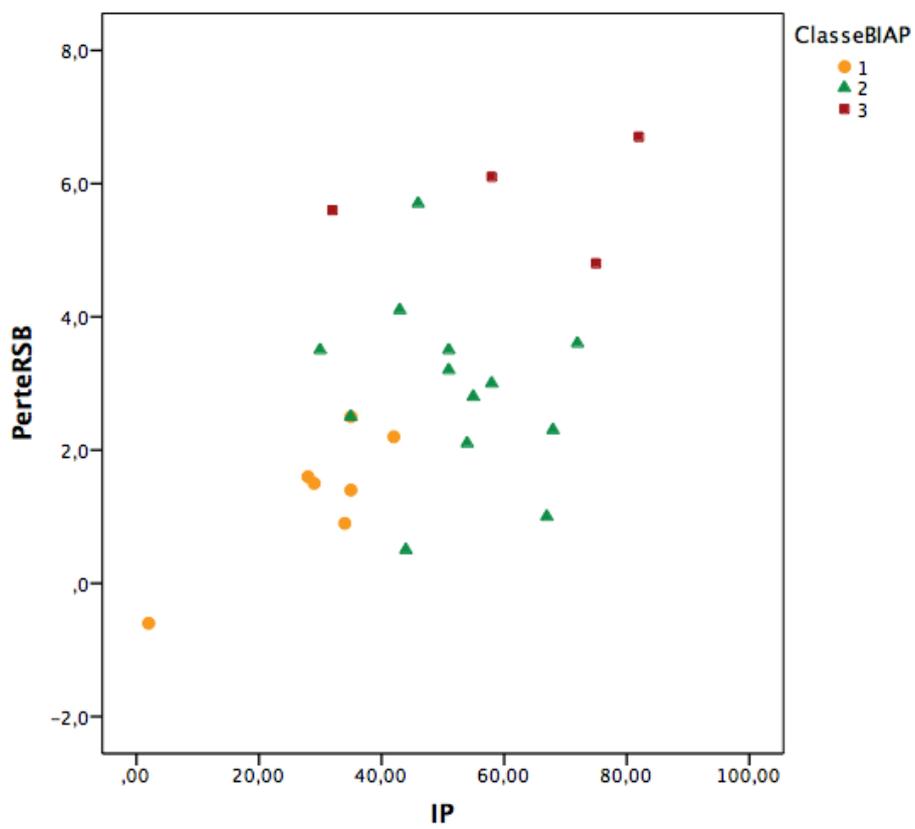
Perte de RSB en fonction de la PTMm, avec la droite d'ajustement linéaire



Perte de RSB en fonction de la PTMm, avec les classes du BIAP



Perte de RSB en fonction de l'IP, avec la droite d'ajustement linéaire



Perte de RSB en fonction de l'IP, avec les classes du BIAP

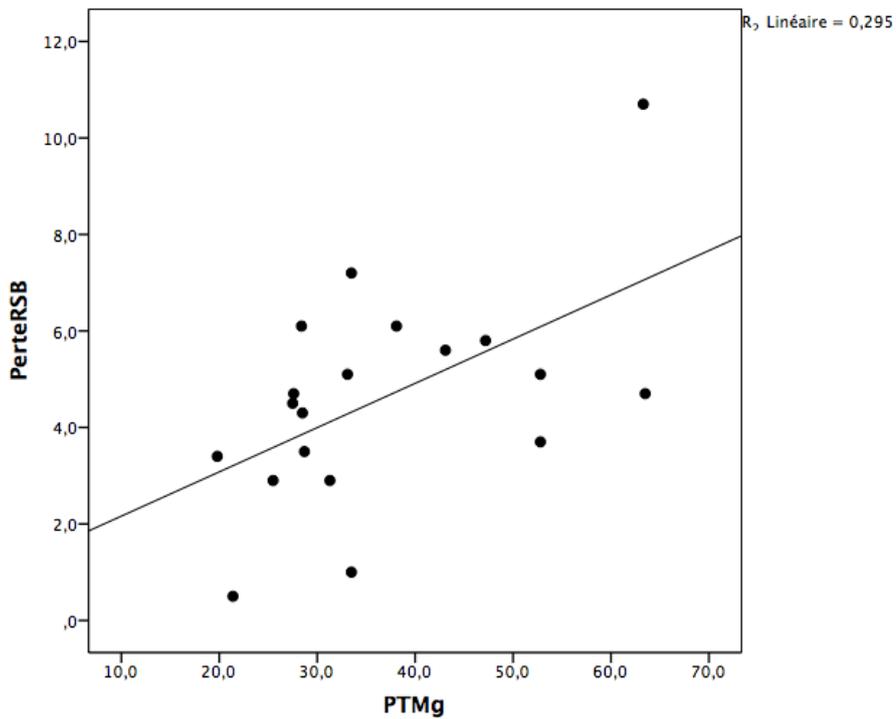
2. Audition asymétrique

Les résultats des analyses de corrélation réalisées sur le sous-groupe de sujets ayant une audition asymétrique sont présentés dans la Figure 20.

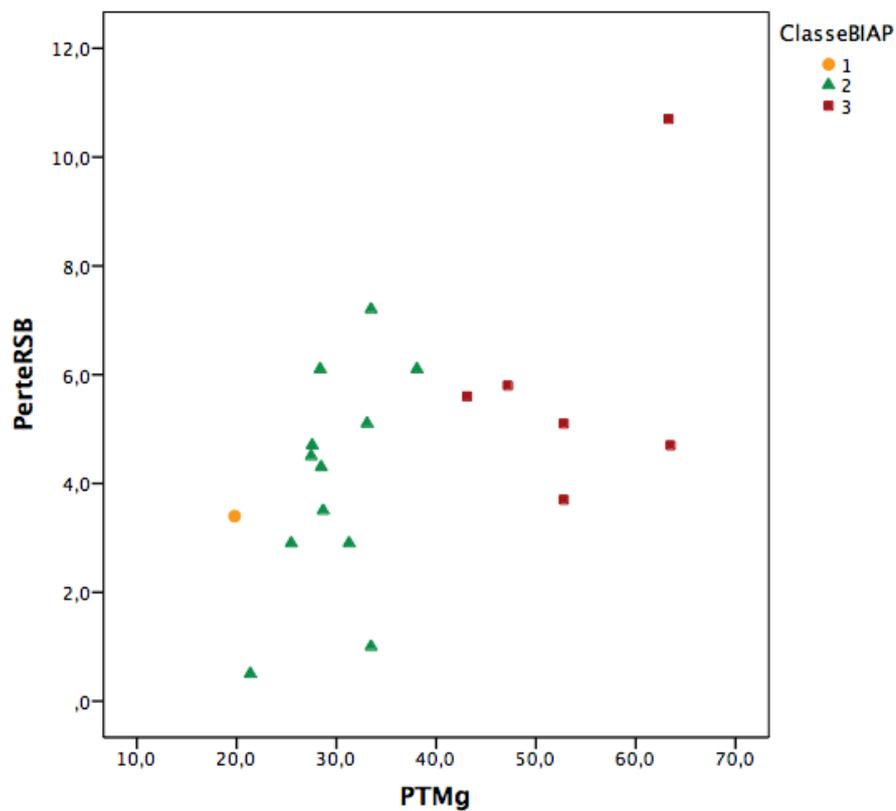
Seule la PTMg avait une corrélation linéaire statistiquement significative avec la perte de RSB avec un $r = 0,54$ ($p = 0,02$).

Il n'a pas été mis en évidence de lien statistiquement significatif entre la perte de RSB et la PTMm ($p = 0,47$) ou l'IA ($p = 0,44$).

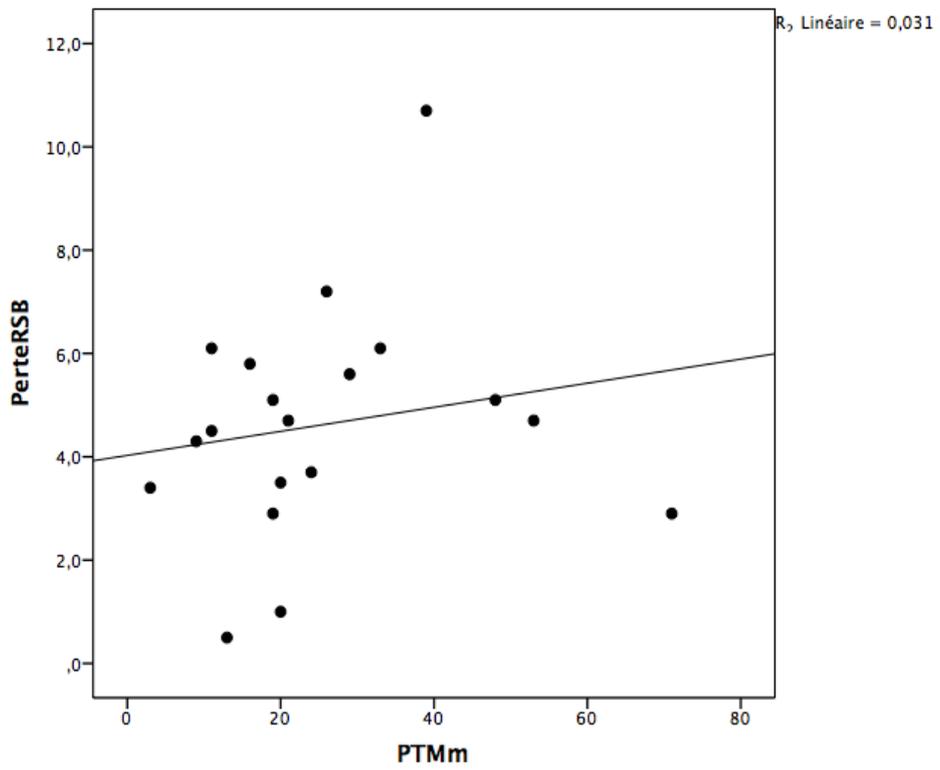
Figure 20 : Résultats des analyses de corrélation linéaire chez les sujets ayant une audition asymétrique



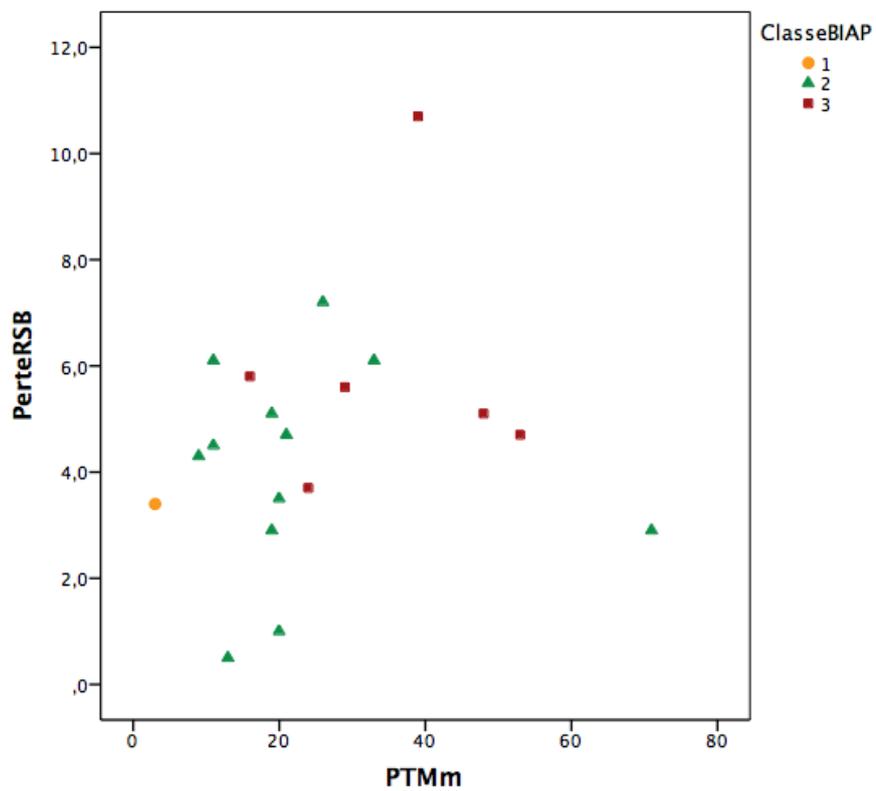
Perte de RSB en fonction de la PTMg, avec la droite d'ajustement linéaire



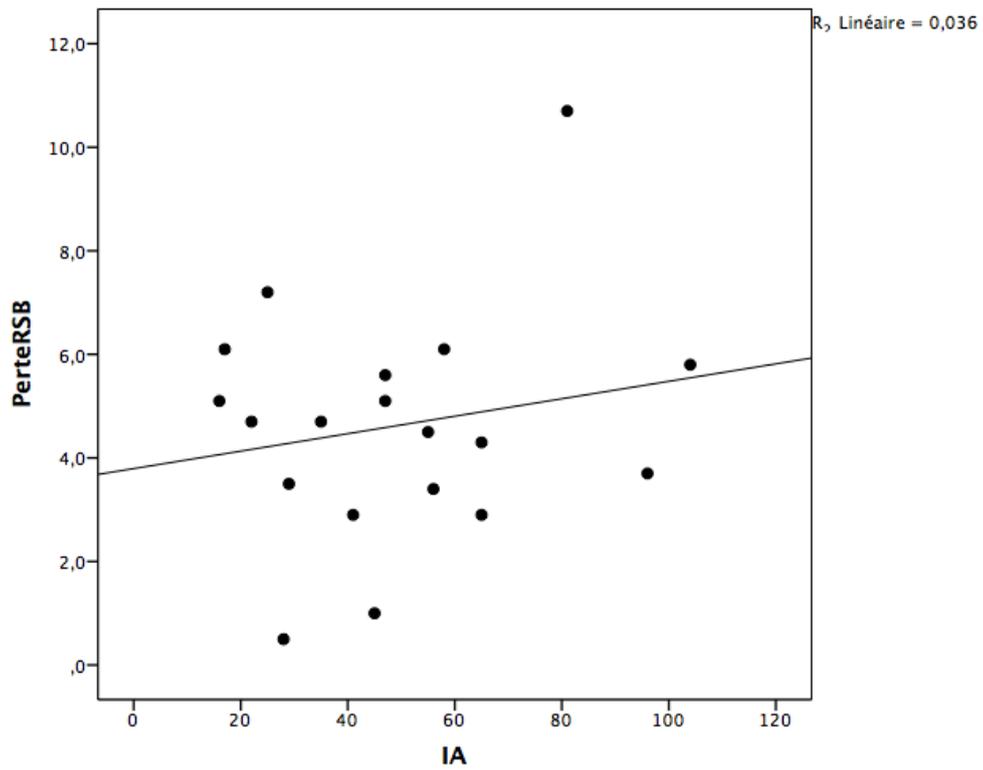
Perte de RSB en fonction de la PTMg, avec les classes du BIAP



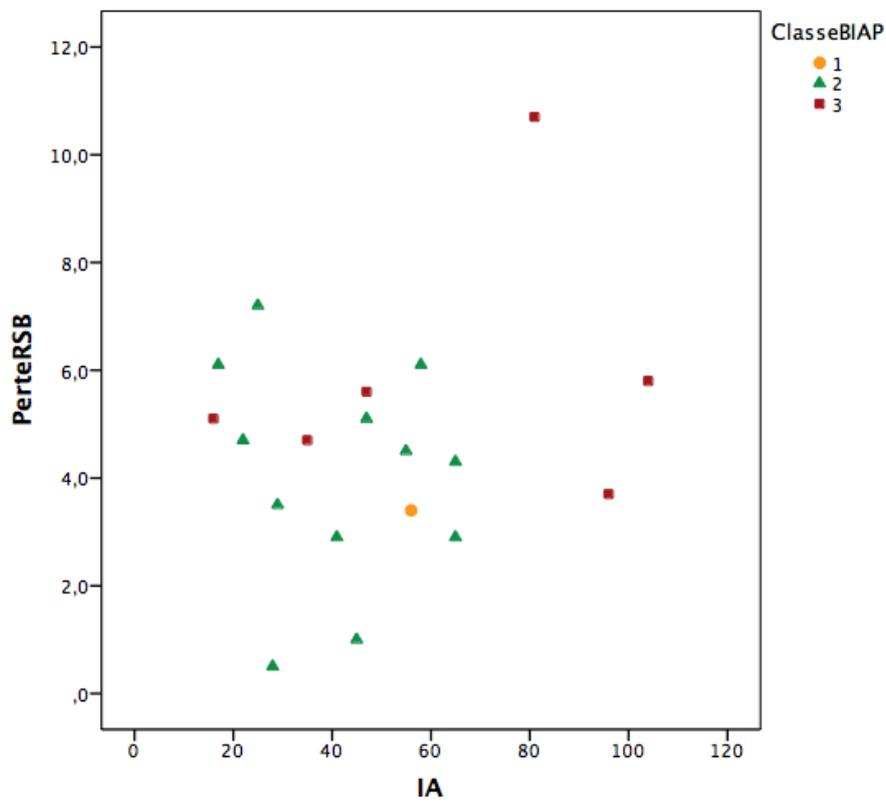
Perte de RSB en fonction de la PTMm, avec la droite d'ajustement linéaire



Perte de RSB en fonction de la PTMm, avec les classes du BIAP



Perte de RSB en fonction de l'IA avec la droite d'ajustement linéaire



Perte de RSB en fonction de l'IA, avec les classes du BIAP

DISCUSSION

I. Résultats

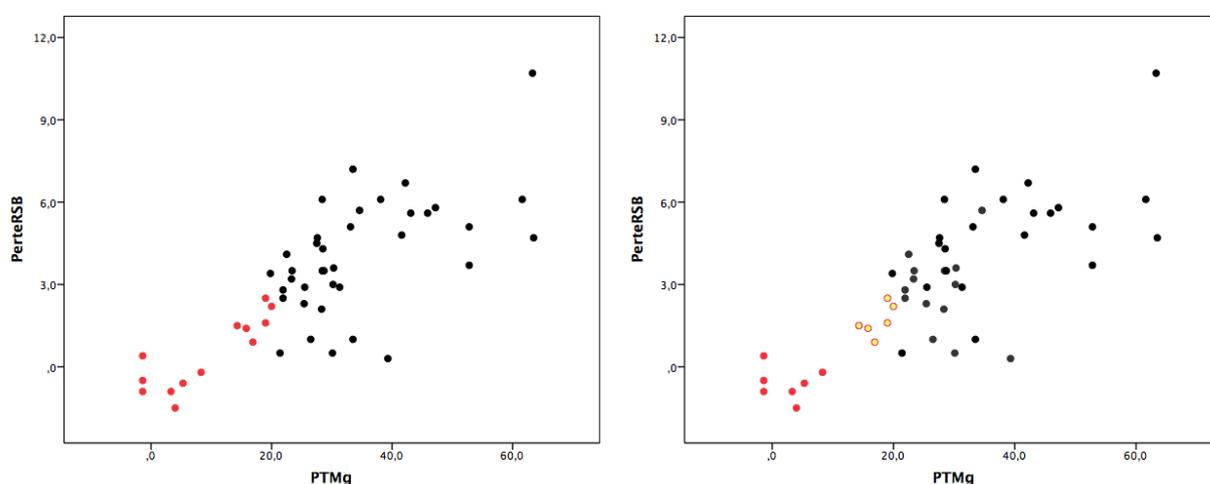
A. Comparaison selon la classification du BIAP

Dans notre étude, il y avait une différence significative de perte de RSB entre les sujets ayant une audition normale, une surdité légère et une surdité moyenne.

Toutefois, on remarque que chez les sujets ayant une audition qualifiée de normale, la perte de RSB varie de -2,1 dB-RSB à 3,4 dB-RSB.

En analysant la courbe présentant la perte de RSB en fonction de la PTMg, on remarque en effet que parmi les patients ayant une audition normale selon la classification du BIAP, il semble exister deux contingents. Le premier se situant autour d'une perte de RSB égale à 0 dB-RSB (norme) et l'autre ayant une perte de RSB plus élevée (Figure 21).

Figure 21 : Sujets ayant une audition normale selon la classification du BIAP



A gauche, en rouge les patients ayant un seuil tonal moyen < 20 dB

A droite, en rouge le groupe témoin de notre étude, en jaune les patients ayant un seuil tonal moyen < 20 dB mais une perte localisée sur les fréquences aigües.

Les sujets représentés en jaune sur la Figure 21 avaient tous une plainte spécifique de gêne dans le bruit avec à l'audiométrie tonale une audition globale moyenne mais une perte localisée aux fréquences aigües.

Il semblerait donc d'une part que la VRB ait une bonne capacité à séparer les sujets normo-entendants des sujets malentendants, et d'autre part qu'elle soit plus discriminante que l'audiométrie tonale pour les plaintes spécifiques à l'intelligibilité dans le bruit.

B. Corrélation sur l'ensemble de la population

Même si tous les facteurs étudiés sur l'ensemble de notre population semblaient être statistiquement liés avec la perte de RSB, l'intensité de cette relation n'était pas du tout la même pour tous les facteurs.

Le coefficient de détermination R^2 est une mesure de la qualité de la prédiction d'une corrélation. Ici, il détermine à quel point l'équation de corrélation linéaire est adaptée pour décrire la distribution des points. Plus sa valeur absolue est proche de 1, plus l'intensité de la relation linéaire entre la perte de RSB et le facteur étudié est forte. A l'inverse, plus sa valeur absolue est proche de zéro, et plus l'intensité de la relation tend à être nulle.

Dans notre étude, R^2 vaut 0,6 pour la PTMg, 0,29 pour la PTMm, 0,2 pour le SIm et 0,3 pour l'âge.

Ainsi, la PTMg semble n'avoir qu'une relation modérée avec la perte de RSB. Les trois autres variables n'ont quant à elles qu'une relation très faible avec la perte de RSB.

Notre étude semble donc montrer que les résultats des examens audiométriques dans le silence sont de mauvais facteurs prédictifs de la gêne de compréhension dans le bruit d'un patient, ce qui est en accord avec les données de la littérature (41).

De plus, on remarque que la relation entre la perte tonale moyenne et la perte de RSB est plus forte si l'on considère le seuil moyen pondéré entre les deux oreilles plutôt que le seuil à la meilleure oreille. Ce résultat peut être en partie expliqué par le fait qu'un patient atteint d'une surdité unilatérale ou asymétrique ayant un très bon seuil à sa meilleure oreille sera néanmoins gêné dans le bruit.

C. Corrélation en sous-groupe

Les résultats dans la population de sujets ayant une audition symétrique semblent être similaires à ceux de la population générale de notre étude, avec des

corrélations statistiquement significatives entre la perte de RSB et la PTMg ainsi que la PTMm.

R^2 vaut 0,67 pour la PTMg et 0,67 pour la PTMm.

Par contre, dans la population de sujets ayant une audition asymétrique, seule la PTMg était statistiquement liée à la perte de RSB, avec un R^2 égal à 0,3, témoignant d'une relation très faible.

Le degré d'asymétrie entre les deux oreilles, représenté dans notre étude par l'IA, n'était pas non plus statistiquement lié à la perte de RSB.

Ces résultats semblent confirmer le fait que le degré de gêne dans le bruit des patients atteints d'une surdité unilatérale ou asymétrique ne peut être prédit par les données issues de l'audiométrie tonale.

La corrélation entre l'IP et la perte de RSB était statistiquement significative mais avec une valeur R^2 égale à 0,26, témoignant d'une relation très faible. Pourtant, on sait que la perte sur les fréquences aiguës diminue l'intelligibilité dans le bruit. Ce résultat pourrait être expliqué par la manière dont nous avons défini notre indice de presbyacousie, qui pourrait ne pas être adapté à l'évaluation de la répercussion causée par la perte auditive dans les fréquences aiguës. Nous n'avons pas trouvé dans la littérature de méthode validée d'évaluation de cette perte.

II. Comparaison aux tests américains

Lors du développement des principaux tests américains validés dans la littérature, les auteurs ont inclus uniquement des patients ayant une perte d'audition symétrique (42).

Pourtant, nous savons que les patients ayant une surdité unilatérale ou asymétrique ont une intelligibilité diminuée dans le bruit (43). Il s'agit d'ailleurs d'une des indications retenues par la SFA pour la réalisation d'une audiométrie vocale dans le bruit (6).

C'est pourquoi nous avons choisi dans le schéma de notre étude, de réaliser le test chez des patients tout venant, incluant donc des patients ayant une surdité asymétrique ou unilatérale.

III. Comparaison aux tests français

D'autres tests francophones d'audiométrie vocale dans le bruit ont été développés.

Le French-Canadian HINT (44) est une adaptation en français canadien du HINT. Il contient 12 listes de 20 phrases. L'échantillon de sujets normo-entendants était composé de 36 adultes canadiens. Le RSB-50 moyen était de -3 dB-RSB. Son utilisation n'est cependant pas validée pour des sujets francophones d'autres pays.

Luts et *al.* (45) ont donc développé le French Intelligibility Sentence Test (FIST) qui lui aussi utilise la méthodologie du HINT mais avec des phrases qualifiées comme étant typiquement françaises. Ce test contient 14 listes de 10 phrases. Leur échantillon était composé de 10 adultes normo-entendants français et 10 adultes normo-entendants belges. Le RSB-50 moyen dans leur étude était de -7,4 dB-RSB.

Récemment, Jansen et *al.* (46) ont développé Le French Matrix Test (FrMatrix). Ce test de type matrice utilise 10 noms, 10 verbes, 10 valeurs numériques, 10 objets et 10 couleurs associés de manière différentes pour générer 28 listes de 10 phrases. La valeur de référence du RSB-50 était de -6 dB-RSB, établie chez un échantillon de 30 sujets normo-entendants.

Aucun de ces tests n'utilise une méthode de calcul de la perte de RSB à partir de mot-clés selon l'équation de Spearman-Kärber. Il serait intéressant de réaliser une étude comparative entre la VRB et les autres tests français afin de voir s'ils fournissent des résultats similaires.

IV. Apport de l'audiométrie vocale dans le bruit

Dans notre étude, le lien statistique entre la PTM dans le silence et la perte de RSB était de faible intensité. Ce résultat est donc cohérent avec la notion selon laquelle les informations apportées par l'audiométrie vocale dans le bruit ne sont pas de même nature que celles apportées par l'évaluation audiométrique dans le silence.

Au-delà du fait de fournir une composante complémentaire à la caractérisation du handicap auditif d'un patient, il faut se poser la question de la façon dont peuvent être exploités ces informations en vue d'améliorer la prise en charge de nos patients.

Pour l'adaptation prothétique, l'audiométrie vocale dans le bruit a de nombreux avantages. Elle peut guider la sélection prothétique, contrôler l'apport de l'appareillage stéréophonique, vérifier l'efficacité des algorithmes de traitement

préférentiel de la parole, évaluer l'efficacité des systèmes directionnels et enfin juger de l'utilité d'y adjoindre un système FM (47).

Il ne faut pas non plus négliger la dimension psychologique de la prise en charge du patient. Le fait d'objectiver et de quantifier une gêne spécifique liée à la perte d'intelligibilité dans le bruit, lorsque l'audiométrie tonale dans le silence n'est pas assez discriminante, permet au patient de sentir que sa plainte et sa souffrance sont prises en compte.

V. Limites de notre étude

Pour notre étude, nous avons choisi de réaliser un test en champ libre afin d'être le plus représentatif d'une situation de la vie courante pour les patients. Il aurait donc été pertinent d'évaluer l'audiométrie tonale et vocale en champ libre afin d'étudier le lien entre la perte de RSB et l'évaluation audiométrique en champ libre dans le silence.

En ce qui concerne la taille de notre échantillon, il est un peu plus petit que ceux retrouvés pour les tests validés de la littérature. Pour l'établissement de leur valeur normative, Nillson et *al.* (33) ont utilisé 18 sujets normo-entendants pour le HINT, Wilson et *al.* (34) en ont utilisé 24 dans le WIN, Killion et *al.* (32) avaient 16 sujets normo-entendants pour le QuickSIN et l'équipe d'Etymotic Research a utilisé 20 normo-entendants pour développer le BKB-SIN.

Par ailleurs, la taille de notre échantillon de sujets normo-entendants n'est pas suffisante pour déterminer des valeurs seuils permettant de définir des classes de perte de RSB. Il serait intéressant de réaliser une étude sur plusieurs centaines de patients, par exemple dans le cadre d'une étude multicentrique, permettant de définir, par analogie avec la classification du BIAP, des seuils de perte de RSB normale, légère, moyenne et sévère.

CONCLUSION

Les informations données par l'audiométrie tonale et vocale dans le silence ne sont pas de bons facteurs prédictifs de la compréhension dans le bruit. Il est donc nécessaire de pouvoir évaluer de façon spécifique cette gêne.

Le but de notre étude était l'évaluation d'un test capable de quantifier de façon spécifique la diminution de l'intelligibilité dans le bruit par la mesure de la perte de RSB. La VRB permet une évaluation simple, rapide et précise de l'intelligibilité dans le bruit avec un score simple à interpréter.

Des études futures sur un échantillon de population plus important pourraient permettre de valider ce test et d'établir des données normatives avec des valeurs seuils, permettant ainsi de classer les patients selon la sévérité de leur perte de RSB.

REFERENCES BIBLIOGRAPHIQUES

1. MarkeTrak VI: 10-Year Customer Satisfaction Trends in the US Hearing Instrument Market [Internet]. Hearing Review. Available from: <http://www.hearingreview.com/2002/10/marketrak-vi-10-year-customer-satisfaction-trends-in-the-us-hearing-instrument-market/>
2. Carhart R, Tillman TW. Individual consistency of hearing for speech across diverse listening conditions. *J Speech Hear Res.* 1972 Mar;15(1):105–13.
3. Carhart R, Tillman TW. Interaction of competing speech signals with hearing losses. *Arch Otolaryngol Chic Ill* 1960. 1970 Mar;91(3):273–9.
4. Carhart R, Tillman TW, Johnson KR. Binaural maskin of speech by periodically modulated noise. *J Acoust Soc Am.* 1966 Jun;39(6):1037–50.
5. Street S 2488 E 81st, Tulsa, OK, 74137. The HR 2006 Dispenser Survey-Karl Strom [Internet]. Hearing Review Available from: <http://www.hearingreview.com/2006/06/the-hr-2006-dispenser-survey/>
6. Theunissen M, Swanepoel DW, Hanekom J. Sentence recognition in noise: Variables in compilation and interpretation of tests. *Int J Audiol.* 2009 Nov;48(11):743–57.
7. Société Française d'Audiologie. Guide des bonnes pratiques de l'audiométrie vocale. 2013.
8. Wang Q, Li L. Auditory midbrain representation of a break in interaural correlation. *J Neurophysiol.* 2015 Oct;114(4):2258–64.
9. Shannon RV, Zeng FG, Kamath V, Wygonski J, Ekelid M. Speech recognition with primarily temporal cues. *Science.* 1995 Oct 13;270(5234):303–4.
10. Drullman R. Temporal envelope and fine structure cues for speech intelligibility. *J Acoust Soc Am.* 1995 Jan;97(1):585–92.
11. Swaminathan J, Mason CR, Streeter TM, Best V, Roverud E, Kidd G. Role of Binaural Temporal Fine Structure and Envelope Cues in Cocktail-Party Listening. *J Neurosci Off J Soc Neurosci.* 2016 Aug 3;36(31):8250–7.
12. Cherry EC. Some Experiments on the Recognition of Speech, with One and with Two Ears. *J Acoust Soc Am.* 1953 Sep;25(5):975–9.

13. Freyman RL, Helfer KS, McCall DD, Clifton RK. The role of perceived spatial separation in the unmasking of speech. *J Acoust Soc Am*. 1999 Dec;106(6):3578–88.
14. Ihlefeld A, Shinn-Cunningham B. Spatial release from energetic and informational masking in a selective speech identification task. *J Acoust Soc Am*. 2008 Jun;123(6):4369–79.
15. Lavandier M, Culling JF. Speech segregation in rooms: monaural, binaural, and interacting effects of reverberation on target and interferer. *J Acoust Soc Am*. 2008 Apr;123(4):2237–48.
16. Beutelmann R, Brand T. Prediction of speech intelligibility in spatial noise and reverberation for normal-hearing and hearing-impaired listeners. *J Acoust Soc Am*. 2006 Jul;120(1):331–42.
17. Edmonds BA, Culling JF. The spatial unmasking of speech: evidence for better-ear listening. *J Acoust Soc Am*. 2006 Sep;120(3):1539–45.
18. Culling JF. Evidence specifically favoring the equalization-cancellation theory of binaural unmasking. *J Acoust Soc Am*. 2007 Nov;122(5):2803–13.
19. Collin B, Lavandier M. Binaural speech intelligibility in rooms with variations in spatial location of sources and modulation depth of noise interferers. *J Acoust Soc Am*. 2013 Aug;134(2):1146–59.
20. Festen JM, Plomp R. Effects of fluctuating noise and interfering speech on the speech-reception threshold for impaired and normal hearing. *J Acoust Soc Am*. 1990 Oct;88(4):1725–36.
21. McArdle RA, Wilson RH, Burks CA. Speech recognition in multitalker babble using digits, words, and sentences. *J Am Acad Audiol*. 2005 Oct;16(9):726-739-764.
22. Picheny MA, Durlach NI, Braida LD. Speaking clearly for the hard of hearing I: Intelligibility differences between clear and conversational speech. *J Speech Hear Res*. 1985 Mar;28(1):96–103.
23. Picheny MA, Durlach NI, Braida LD. Speaking clearly for the hard of hearing. II: Acoustic characteristics of clear and conversational speech. *J Speech Hear Res*. 1986 Dec;29(4):434–46.
24. Brungart DS, Simpson BD, Ericson MA, Scott KR. Informational and energetic masking effects in the perception of multiple simultaneous talkers. *J Acoust Soc Am*. 2001 Nov;110(5 Pt 1):2527–38.
25. Calandruccio L, Dhar S, Bradlow AR. Speech-on-speech masking with variable access to the linguistic content of the masker speech. *J Acoust Soc Am*. 2010 Aug;128(2):860–9.
26. Brungart DS, Chang PS, Simpson BD, Wang D. Isolating the energetic component of speech-on-speech masking with ideal time-frequency segregation. *J Acoust Soc Am*. 2006 Dec;120(6):4007–18.

27. Van Engen KJ, Bradlow AR. Sentence recognition in native- and foreign-language multi-talker background noise. *J Acoust Soc Am*. 2007 Jan;121(1):519–26.
28. Simpson SA, Cooke M. Consonant identification in N-talker babble is a nonmonotonic function of N. *J Acoust Soc Am*. 2005 Nov;118(5):2775–8.
29. Sperry JL, Wiley TL, Chial MR. Word recognition performance in various background competitors. *J Am Acad Audiol*. 1997 Apr;8(2):71–80.
30. Soli SD, Wong LLN. Assessment of speech intelligibility in noise with the Hearing in Noise Test. *Int J Audiol*. 2008 Jun;47(6):356–61.
31. Wagener KC, Brand T. Sentence intelligibility in noise for listeners with normal hearing and hearing impairment: influence of measurement procedure and masking parameters. *Int J Audiol*. 2005 Mar;44(3):144–56.
32. Killion MC, Niquette PA, Gudmundsen GI, Revit LJ, Banerjee S. Development of a quick speech-in-noise test for measuring signal-to-noise ratio loss in normal-hearing and hearing-impaired listeners. *J Acoust Soc Am*. 2004 Oct;116(4 Pt 1):2395–405.
33. Nilsson M, Soli SD, Sullivan JA. Development of the Hearing in Noise Test for the measurement of speech reception thresholds in quiet and in noise. *J Acoust Soc Am*. 1994 Feb;95(2):1085–99.
34. Wilson RH, Abrams HB, Pillion AL. A word-recognition task in multitalker babble using a descending presentation mode from 24 dB to 0 dB signal to babble. *J Rehabil Res Dev*. 2003 Aug;40(4):321–7.
35. Etymotic Research | BKB-SIN™ Speech-in-Noise Test - Speech-In-Noise Tests - Auditory / Research [Internet]. Available from: <https://www.etymotic.com/auditory-research/speech-in-noise-tests/bkb-sin.html>
36. Leclercq F, Renard C. Conception d'un matériel vocal équilibré en difficulté utilisable pour le développement d'un test d'audiométrie vocale dans le bruit. 2015.
37. Fraysse B, Dillier N, Klenzner T, Laszig R, Manrique M, Morera Perez C, et al. Cochlear implants for adults obtaining marginal benefit from acoustic amplification: a European study. *Am J Otol*. 1998 Sep;19(5):591–7.
38. Witting EG, Hughson W. Inherent accuracy of a series of repeated clinical audiograms. *The Laryngoscope*. 1940 Mar 1;50(3):259–69.
39. Bally F, Berroir J. Incertitudes experimentales [Internet]. Available from: <http://poisson.ens.fr/Ressources/incertitudes.pdf>
40. Alberti PW, Symons F, Hyde ML. Occupational hearing loss. The significance of asymmetrical hearing thresholds. *Acta Otolaryngol (Stockh)*. 1979 Apr;87(3–4):255–63.
41. Killion MC, Niquette PA. What can the pure-tone audiogram tell us about a patient's SNR loss? 2000;

42. Wilson RH, McArdle RA, Smith SL. An Evaluation of the BKB-SIN, HINT, QuickSIN, and WIN Materials on Listeners With Normal Hearing and Listeners With Hearing Loss. *J Speech Lang Hear Res JSLHR*. 2007 Aug;50(4):844–56.
43. Bronkhorst AW, Plomp R. Binaural speech intelligibility in noise for hearing-impaired listeners. *J Acoust Soc Am*. 1989 Oct;86(4):1374–83.
44. Vaillancourt V, Laroche C, Mayer C, Basque C, Nali M, Eriks-Brophy A, et al. Adaptation of the HINT (hearing in noise test) for adult Canadian Francophone populations. *Int J Audiol*. 2005 Jun;44(6):358–69.
45. Luts H, Boon E, Wable J, Wouters J. FIST: a French sentence test for speech intelligibility in noise. *Int J Audiol*. 2008 Jun;47(6):373–4.
46. Jansen S, Luts H, Wagener KC, Kollmeier B, Del Rio M, Dauman R, et al. Comparison of three types of French speech-in-noise tests: a multi-center study. *Int J Audiol*. 2012 Mar;51(3):164–73.
47. Taylor B. Speech- in- noise tests: How and why to include them in your basic test battery: *The Hearing Journal* [Internet]. 2003. Available from: http://journals.lww.com/thehearingjournal/Fulltext/2003/01000/Speech_in_noise_tests__How_and_why_to_include_them.8.aspx

ANNEXES

Annexe 1 : Listes utilisées dans la VRB

N° Phrase	Liste 1 d'entraînement (Piste 1)		Liste 2 (Piste 2)		Perte de RSB testés
	Nombre de mots-clés corrects		Nombre de mots-clés corrects		
	Il pleut depuis hier matin.	/ 3	Il fait trop chaud pour sortir faire des courses.	/ 3	
1	Il fera beau demain, je crois.	/ 3	On a fait un très bon repas chez mon frère.	/ 3	21
2	Cet arbre va tomber un de ces jours.	/ 3	Il est prêt à te donner des conseils.	/ 3	18
3	Je n'aime pas beaucoup ce type.	/ 3	Mon ami a fait de longues études.	/ 3	15
4	Ce vent pourrait bien amener de la pluie.	/ 3	Le vent emporte les feuilles.	/ 3	12
5	Donnez-moi deux ou trois paquets de nouilles.	/ 3	Nous allons voir mes amis dans quelques jours.	/ 3	9
6	Nous avons demandé le dossier.	/ 3	Le ciel est vraiment couvert.	/ 3	6
7	Cette soupe de poisson est fameuse.	/ 3	Pousse la chaise contre le mur.	/ 3	3
8	Je dois passer voir mon banquier.	/ 3	Il y a longtemps qu'il n'a pas autant ri.	/ 3	0
	Total pour la liste	/ 24	Total pour la liste	/ 24	
	Perte RSB = 18.5 – nb de mots-clés corrects	.....	Perte RSB = 18.5 – nb de mots-clés corrects	.....
	Liste 3 (Piste 3)		Liste 4 (Piste 4)		
	Ma fille est malade depuis trois jours.	/ 3	J'ai beaucoup aimé ce film.	/ 3	
1	J'ai mis un poulet au four.	/ 3	Je crois que ton frère est fâché.	/ 3	21
2	Regarde la robe que je veux acheter.	/ 3	On devrait inviter nos amis plus souvent.	/ 3	18
3	Je veux un steak et des frites.	/ 3	Viens voir le tableau qu'il a peint.	/ 3	15
4	Vous connaissez la plupart de mes amis.	/ 3	Les chevaux galopent dans le pré.	/ 3	12
5	N'oublie pas de faire la vaisselle.	/ 3	Ces paquets sont vraiment lourds.	/ 3	9
6	Il va falloir traverser toute la ville.	/ 3	La vieille ferme tombe en ruine.	/ 3	6
7	L'oiseau se cogne contre la vitre.	/ 3	Ils ont fait le ménage avant de partir.	/ 3	3
8	L'adore écouter ce chanteur.	/ 3	Cette maison est beaucoup trop chère.	/ 3	0
	Total pour la liste	/ 24	Total pour la liste	/ 24	
	Perte RSB = 18.5 – nb de mots-clés corrects	.....	Perte RSB = 18.5 – nb de mots-clés corrects	.....

N° Phrase	Liste 5 (Piste 5)		Liste 6 (Piste 6)		RSB testés
		Nombre de mots-clés corrects		Nombre de mots-clés corrects	
	La neige n'est pas encore tombée.		Demain, j'irai payer mes impôts.		
1	Toutes ces histoires ne nous concernent pas.	/ 3	J'espère que nous aurons du beau temps.	/ 3	21
2	On m'a dit que c'était cher à la vente.	/ 3	Pousse ta chaise, s'il te plaît.	/ 3	18
3	Toute cette histoire ne me plaît pas.	/ 3	Ma voiture est encore en panne.	/ 3	15
4	Nous voulons acheter une petite maison.	/ 3	Je préfère les meubles anciens.	/ 3	12
5	Mon bébé marche tout seul depuis trois jours.	/ 3	On va chez le médecin ce soir.	/ 3	9
6	Deux menus à dix-sept euros, s'il vous plaît.	/ 3	Le docteur va passer vous voir.	/ 3	6
7	Le chat a fait tomber le bol de lait.	/ 3	Je suis coincé dans les bouchons tous les soirs.	/ 3	3
8	J'ai peur de perdre mes affaires.	/ 3	Les voisins font repeindre leur maison.	/ 3	0
	Total pour la liste	/ 24	Total pour la liste	/ 24	
	Perte RSB = 18.5 – nb de mots-clés corrects	.....	Perte RSB = 18.5 – nb de mots-clés corrects	.....

Liste 7 (Piste 7)		Liste 8 (Piste 8)			
	J'ai fait les courses ce matin.		Je dois passer voir mon banquier.		
1	Tous les bateaux sont en mer.	/ 3	Ma femme a le sommeil léger.	/ 3	21
2	Le temps va peut-être changer.	/ 3	Hier j'ai vu un bon film à la télé.	/ 3	18
3	Elle risque de partir trop tard.	/ 3	Je ne veux pas que tu sortes seul si tard.	/ 3	15
4	Nous sommes allés au cinéma.	/ 3	Ils ont coupé le chauffage depuis trois jours.	/ 3	12
5	Je trouve ces enfants amusants.	/ 3	Il vaut mieux acheter des fruits de saison.	/ 3	9
6	La tempête a détruit les maisons.	/ 3	Vous allez devoir attendre.	/ 3	6
7	Ils viennent réparer le toit.	/ 3	Reprenez une part de gâteau.	/ 3	3
8	Il a construit sa maison tout seul.	/ 3	Ça fait longtemps que j'attends ce moment.	/ 3	0
	Total pour la liste	/ 24	Total pour la liste	/ 24	
	Perte RSB = 18.5 – nb de mots-clés corrects	.....	Perte RSB = 18.5 – nb de mots-clés corrects	.....

N° Phrase	Liste 9 (Piste 9)		Liste 10 (Piste 10)		RSB testés
	Phrase	Nombre de mots-clés corrects	Phrase	Nombre de mots-clés corrects	
	Il y a longtemps qu'il n'a pas autant ri.		L'adore écouter ce chanteur.		
1	Les radis sont trop piquants.	/ 3	Pose cette affiche sur le bureau.	/ 3	21
2	Ma femme va se faire coiffer.	/ 3	Tous les jours il dîne au restaurant.	/ 3	18
3	Le chien va te mordre si tu l'embêtes.	/ 3	J'ai bien reçu votre courrier.	/ 3	15
4	Je dois emmener les enfants à l'école.	/ 3	Je ne crois pas qu'il soit parti.	/ 3	12
5	C'est le meilleur qui a gagné la course.	/ 3	On va bientôt tailler cette haie.	/ 3	9
6	J'ai perdu les clés du garage.	/ 3	L'avion a pris du retard.	/ 3	6
7	Elle est sortie en même temps que moi.	/ 3	Je cherche de nouveaux réseaux.	/ 3	3
8	Il pleut depuis hier matin.	/ 3	Il fait trop chaud pour sortir faire des courses.	/ 3	0
Total pour la liste		/ 24	Total pour la liste	/ 24	
Perte RSB = 18.5 – nb de mots-clés corrects		.....	Perte RSB = 18.5 – nb de mots-clés corrects	.....

N° Phrase	Liste 11 (Piste 11)		Liste 12 (Piste 12)		RSB testés
	Phrase	Nombre de mots-clés corrects	Phrase	Nombre de mots-clés corrects	
	Cette maison est beaucoup trop chère.		La neige n'est pas encore tombée.		
1	Cette veste est trop légère pour la saison.	/ 3	J'ai oublié d'acheter du pain.	/ 3	21
2	Nos enfants se disputent souvent.	/ 3	J'aime bien aller au cinéma.	/ 3	18
3	Il va y avoir du verglas sur la route.	/ 3	Je suis content de te voir.	/ 3	15
4	Elle va acheter une nouvelle voiture.	/ 3	Embrasse les parents de ma part.	/ 3	12
5	Ces parents sont des gens charmants.	/ 3	Il y a souvent de la neige en février.	/ 3	9
6	Il faut que tu ailles chez le dentiste.	/ 3	Je connais quelqu'un qui pourra nous aider.	/ 3	6
7	Il faut repartir au plus vite.	/ 3	Mon fils ne sait pas quel métier choisir.	/ 3	3
8	Ma fille est malade depuis trois jours.	/ 3	J'ai beaucoup aimé ce film.	/ 3	0
Total pour la liste		/ 24	Total pour la liste	/ 24	
Perte RSB = 18.5 – nb de mots-clés corrects		.....	Perte RSB = 18.5 – nb de mots-clés corrects	.....

N° Phrase	Liste 13 (Piste 13)		Liste 14 (Piste 14)		RSB testés
		Nombre de mots-clés corrects		Nombre de mots-clés corrects	
	Les voisins font <u>reprendre</u> leur maison.		Il a <u>construit</u> sa maison tout <u>seul</u> .		
1	Mon canari chante toute la <u>journée</u> .	/ 3	Je ne <u>crois</u> pas qu'il <u> fasse </u> beau <u>demain</u> .	/ 3	21
2	Nous lui <u>avons fait</u> un cadeau.	/ 3	Tu <u>devrais</u> réparer la clôture.	/ 3	18
3	La banque <u>ouvre</u> à <u>deux</u> heures.	/ 3	Les nouilles sont <u>trop cuites</u> .	/ 3	15
4	Tous les <u>dimanches</u> ils vont <u>voir</u> leurs amis.	/ 3	Ce <u>gamin</u> est <u>trop sérieux</u> .	/ 3	12
5	Mon voisin va se <u>marié</u> bientôt.	/ 3	On <u>part</u> en <u>vacances</u> à la mer.	/ 3	9
6	J'ai <u>perdu</u> mon petit chat.	/ 3	Il <u>joue</u> au <u>tennis</u> depuis <u>six</u> mois.	/ 3	6
7	Je vais <u>revoir</u> le <u>médecin</u> bientôt.	/ 3	La <u>petite</u> fille a fini ses <u>devoirs</u> .	/ 3	3
8	La <u>neige</u> n'est pas encore <u>tombée</u> .	/ 3	<u>Demain</u> , j'irai <u>payer</u> mes <u>impôts</u> .	/ 3	0
Total pour la liste		/ 24	Total pour la liste	/ 24	
Perte RSB = 18.5 – nb de mots-clés corrects		.....	Perte RSB = 18.5 – nb de mots-clés corrects		

Liste 15 (Piste 15)

	Il <u>pleut</u> depuis hier matin.	
1	Je <u>pense</u> que ton frère <u>fume</u> en cachette.	/ 3
2	Mon <u>fijs</u> ne fait <u>rien</u> dans cette école.	/ 3
3	Il y a <u>souvent</u> des <u>grages</u> par <u>ici</u> .	/ 3
4	Elle a <u>changé</u> tous les <u>meubles</u> de place.	/ 3
5	Une <u>fois</u> de plus le soleil se cache.	/ 3
6	Les <u>étudiants</u> sont <u>encore</u> en vacances.	/ 3
7	Je vais <u>partir</u> dans <u>cinq</u> minutes.	/ 3
8	J'ai <u>fait</u> les <u>courses</u> ce matin.	/ 3
Total pour la liste		/ 24
Perte RSB = 18.5 – nb de mots-clés corrects		

Annexe 2 : Interface du logiciel HuBSound

The screenshot displays the HuBSound software interface, which is organized into several functional areas:

- Navigation Bar:** Located at the top, it includes tabs for 'PATIENT', 'TONALE', 'VOCALE', 'VOCALE MULTI-BRUIT', 'SCENE AUDITIVE', 'VCV', 'LOCALISATION', and 'VRB'. The 'ANALYSE' button is also visible.
- Patient List:** A table listing patients with columns for 'Listes', 'VOCALE', 'VOCALE MULTI-BRUIT', 'SCENE AUDITIVE', 'VCV', 'LOCALISATION', and 'Score'.

Listes	VOCALE	VOCALE MULTI-BRUIT	SCENE AUDITIVE	VCV	LOCALISATION	Score
Liste 3	100	100	0	0	0	10.5
Liste 4	100	66	33	0	0	9.5
Liste 5	100	100	66	0	0	10.5
Liste 6	100	33	0	0	0	13.5
Liste 7	100	66	100	0	0	10.5
Moyenne	100	80	66	0	0	10.9
- Graph:** A line graph showing 'Perte de RSB - (dB)' on the x-axis (ranging from -18 to 3) and 'Score (%)' on the y-axis (ranging from 0 to 100). The graph shows a red line representing the loss of RSB, which starts at 100% at -18 dB and decreases to approximately 10% at 3 dB.
- Control Panel:** Located at the bottom, it includes:
 - A list of sentences for testing: 'Je fais les courses ce matin.', 'Tous les bateaux sont en mer.', 'Le temps va peut-être changer.', 'Elle risque de partir trop tard.', 'Nous sommes allés au cinéma.', 'Je trouve ces enfants amusants.', 'La tempête a détruit les maisons.', 'Ils viennent réparer le toit.', 'Il a construit sa maison tout seul.'
 - Buttons for 'Avec AA', 'Sans AA', 'Avec Implant', and 'Sans Implant'.
 - A 'Locale' button with a right arrow and a '65' value.
 - Buttons for 'Effacement complet' and 'Exportations'.
 - A 'Lecture' button at the bottom right.

AUTEUR : Nom : DJAKOURE

Prénom : Marie-Julie

Date de Soutenance : 8 Juin 2017

Titre de la Thèse : Evaluation d'un test d'audiométrie vocale rapide dans le bruit (VRB) par la mesure du rapport signal-sur-bruit

Thèse - Médecine - Lille 2017

Cadre de classement : Médecine

DES + spécialité : ORL et Chirurgie cervico-faciale

Mots-clés : Intelligibilité, Audiométrie vocale dans le bruit, VRB, perte de rapport signal-sur-bruit

Résumé :

Contexte : La nécessité de pratiquer une évaluation spécifique de l'intelligibilité dans le bruit a été établie depuis de nombreuses années. Pourtant il n'existe pas à ce jour de test d'audiométrie vocale dans le bruit réalisé de manière unanime en France. Le but de ce travail était l'évaluation d'un test d'audiométrie vocale rapide dans le bruit, la VRB.

Méthode : Quarante-trois patients du service d'Otologie et Oto-neurologie du CHRU de Lille ont été testés de mars à avril 2017. Un échantillon de 11 sujets normo-entendants a été utilisé comme groupe témoin. Le test consistait à reconnaître des listes de phrases présentées avec un bruit masquant variable pour obtenir des niveaux de rapport signal-sur-bruit (RSB) allant de 18 à -3 dB-RSB selon une procédure descendante. La perte de RSB était calculée par l'équation de Spearman-Kärber. Les résultats ont été comparés selon le degré de surdité en fonction de la classification du Bureau International d'Audiophonologie. La corrélation entre la perte de RSB et différentes variables recueillies par l'évaluation audiométrique dans le silence a été analysée. Ces variables étaient la perte tonale moyenne globale (PTMg) ou à la meilleure oreille (PTMm), le seuil d'intelligibilité à la meilleure oreille (SI_m), l'indice de presbyacousie (IP) chez les patients ayant une audition symétrique, et l'indice d'asymétrie (IA) chez les patients ayant une audition asymétrique.

Résultats : La perte de RSB était de 0,29 dB-RSB (IC₉₅ = [- 0,47 ; 1,05]) pour les sujets à audition normale ; 3,34 dB-RSB (IC₉₅ = [2,06 ; 4,01]) pour les surdités légères et 5,88 dB-RSB (IC₉₅ = [4,53 ; 7,23]) pour les surdités moyennes. La différence entre les groupes était significative (p < 0,005). Il existait une corrélation statistiquement significative entre la perte de RSB et la PTMg (r = 0,78 ; p = 0,00), la PTMm (r = 0,54 ; p = 0,00) et le SI_m (r = 0,57 ; p = 0,00). Les résultats étaient similaires dans le sous-groupe à audition symétrique, et l'IP était aussi corrélé avec la perte de RSB (r = 0,51 ; p = 0,01). Dans le sous-groupe à audition asymétrique, seule la PTMg était statistiquement liée à la perte de RSB (r = 0,54 ; p = 0,02).

Conclusion : Les informations données par l'audiométrie tonale et vocale dans le silence ne sont pas de bons facteurs prédictifs de la compréhension dans le bruit. La VRB permet une évaluation simple rapide et précise de la perte de RSB, et pourrait donc répondre aux besoins actuels de standardisation de l'audiométrie vocale dans le bruit en France.

Composition du Jury :

Président : Professeur Christophe VINCENT

Asseseurs : Professeur Dominique CHEVALIER, Professeur Pierre FAYOUX, Docteur Nicolas-Xavier BONNE