



BOOK MÉMOIRES

2024 | 2025

Audilab
Vivez comme vous l'entendez

BOOK MÉMOIRES

2024 | 2025

Nous sommes fiers et heureux de présenter la première édition du “Book mémoires Audilab”, qui regroupe 9 mémoires de troisième année, réalisés sur la période 2024-2025 dans notre réseau.

Les étudiants avaient chacun.e un.e maître de stage audioprothésiste du réseau, et étaient co-encadrés par le Comité Scientifique. Ils ont écrit un résumé en suivant une trame qui leur était imposée. Il se peut qu’il y ait encore quelques coquilles dans leurs productions, mais ce qui compte, c’est que cela reste la leur.

Nous les remercions une fois de plus, et leur adressons nos félicitations, car ils ont tous eu une très belle note et une belle progression depuis, pour la plupart chez Audilab.

Le 9^e résumé n’en est pas un : il s’agit d’un article écrit pour les Cahiers de l’Audition (vol. 38 n°2 2025), et dont une version en anglais est parue dans le journal “Audiology and Neurotology” ; il est issu des travaux du mémoire de Justine de Baglion. Cela montre qu’il est possible de réaliser une “petite” étude clinique bien encadrée (respectant la Loi Jardé), qui permette de faire progresser les connaissances scientifiques, et de les publier dans une revue scientifique à comité de lecture.

En effet, cet article propose une re-visite de la norme d’un test que nous utilisons en routine, après avoir remarqué que les conditions d’établissement de la première norme différaient nettement de nos pratiques...

Julie Bestel et Martin Chavant
Comité Scientifique
Pôle Médical et Scientifique





SOMMAIRE

BOOK MÉMOIRES

2024 | 2025

Laure SERRIÈRE

Étude rétrospective sur la corrélation entre les performances de compréhension d'un signal vocal et le mode de vie chez des patients déficients auditifs

P. 6

Pierre RECOUILLÉ

Discordance entre gêne auditive déclarée par le questionnaire HHIE-S et perte auditive mesurée : quels profils de patients se dessinent ?

P. 10

Fanny TROUILLARD

Comparaison des performances audiométriques hautes fréquences (> 8kHz) et de compréhension dans le bruit chez des sujets normo-entendants

P. 14

Sandrine CARQUEx

Impact de la fatigue auditive quotidienne sur les tests de compréhension dans le bruit chez les malentendants appareillés

P. 18

Sandra KONIECZNY

Intérêt du test auditif ACT pour le réglage des appareils auditifs

P. 24

Camille BOUREL

Dans quelle mesure le test ACT peut-il être une aide au choix prothétique ?

P. 28

Flora GUEMAS :

Comparaison du test Oticon ACT (Audible Contrast Threshold) avec le test normé Framatrix

P. 32

William LE DEVEHAT

Etude de l'effet des "capteurs d'intention" sur la compréhension en milieu bruyant

P. 36

Justine DE BAGLION

Réévaluation de la norme du test Framatrix dans les conditions d'exercice courantes des audioprothésistes

P. 39

Bonne lecture...

Étude rétrospective sur la corrélation entre les performances de compréhension d'un signal vocal et le mode de vie chez des patients déficients auditifs

STAGIAIRE :
Laure SERRIERE

ÉCOLE :
Institut de formation
de la Musse

MAITRE DE STAGE :
Hervé VILLOIS

LIEU DE STAGE :
La Chaussée Saint Victor,
Vendôme

DATES DU STAGE :
Du 2 septembre 2024
au 27 juin 2025

CONTEXTE

Réalisation d'un profiling à partir des données de l'anamnèse recueillies sur Audilab 7/7.

Problématique : Existe-t-il une corrélation entre le mode de vie des patients déficients auditifs et leurs performances de compréhension du signal vocal ?

OBJECTIFS

Objectif 1 : Établir des corrélations entre le mode de vie des patients déficients auditifs et leurs performances de compréhension du signal vocal

Objectif 2 : Réaliser des profils comportementaux à partir de l'anamnèse

Objectif 3 : Identifier les modes de vie permettant de favoriser une bonne compréhension du signal vocal

MÉTHODOLOGIE

› Type d'étude

Étude Rétrospective transversale

› Participants

Nombre total de sujets prévu : 429

Critères d'inclusion : Sujets majeurs

- Sujets entrant dans les critères d'indication de l'appareillage auditif adressés par un médecin ORL ou généraliste
- Sujets en primo-appareillage ou en renouvellement

Critères d'exclusion :

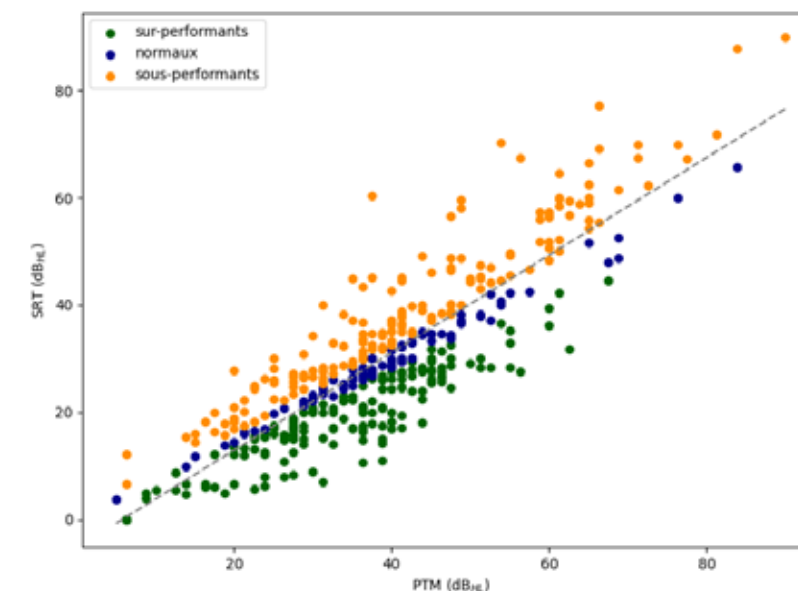
- Sujets n'ayant pas renseigné le questionnaire 7/7 ou ayant rendu un questionnaire incomplet
- Sujets dont les données audiométriques sont absentes ou incomplètes
- Patients avec cophose

› Protocole

- Renseignement du questionnaire Audilab 7/7 sur tablette en salle d'attente, poursuivi d'une enquête en cabine pour compléter l'anamnèse
- Otoscopie au vidéoscope ou à l'otoscope portatif
- Audiométrie tonale aux inserts en sons vobulés pour les fréquences 125, 250, 500, 750, 1000, 1500, 2000, 3000, 4000, 6000 et 8000 Hertz
- Audiométrie vocale avec les listes dissyllabiques de Lafon oreille par oreille aux inserts
- Mesure des seuils subjectifs d'inconfort (SSI) aux inserts

› Mesures et méthodes pour répondre aux objectifs

Un score est établi à partir du seuil d'intelligibilité (SRT) et de la perte tonale moyenne (PTM). Plus le score SRT/PTM est faible, plus le patient est considéré comme performant au regard de son audibilité. Plus il est élevé, plus le patient présente des difficultés de compréhension.



Seuil d'intelligibilité en fonction de la perte tonale moyenne

Comparaison des scores selon le mode de vie

Le score SRT/PTM est analysé au regard des réponses à l'anamnèse concernant : l'activité professionnelle, les conditions de vie, la fréquence des situations de groupe, les sorties au cinéma, les sorties au théâtre, la fréquence des voyages, le temps quotidien devant la télévision, la pratique de la musique, l'écoute de la musique, la pratique sportive et les dispositifs électroniques utilisés.

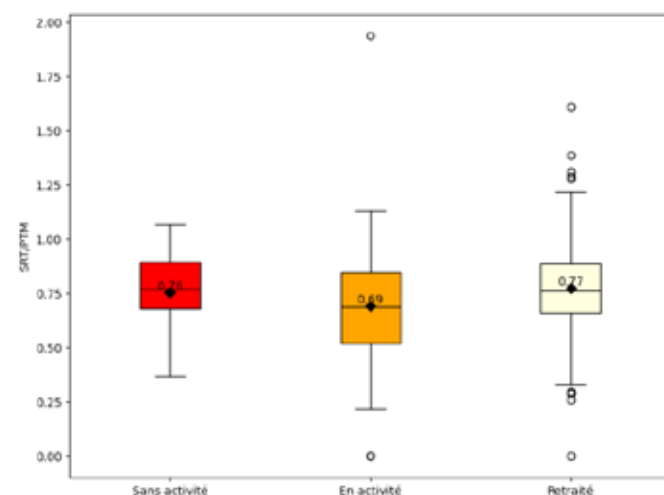
La moyenne des scores de chaque groupe établi est comparée grâce au test de Student, une ANOVA ou le test de Mann-Whitney.

Construction d'un arbre décisionnel

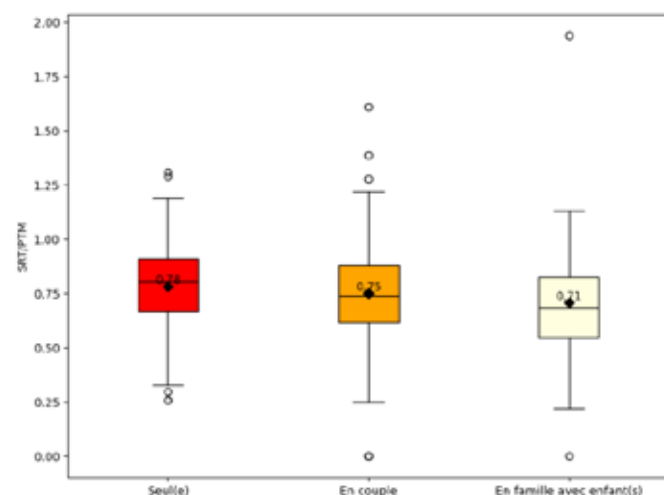
Un arbre décisionnel a été établi d'après les observations réalisées pour établir des profils-types et prédire au mieux les performances des patients.

RÉSULTATS

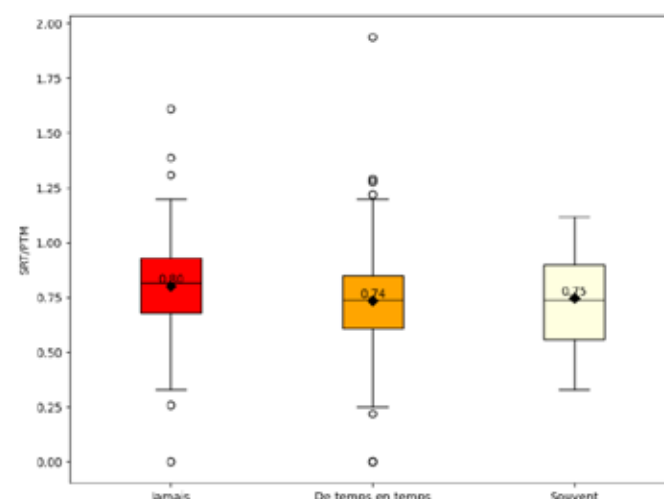
Le score SRT/PTM moyen diffère selon l'activité professionnelle, les conditions de vie, les sorties au cinéma et l'utilisation de dispositifs électroniques.



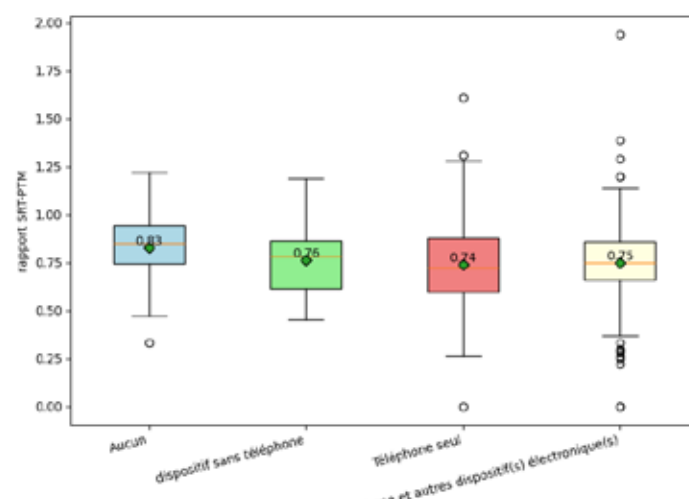
Ratio SRT/PTM moyen selon l'activité professionnelle



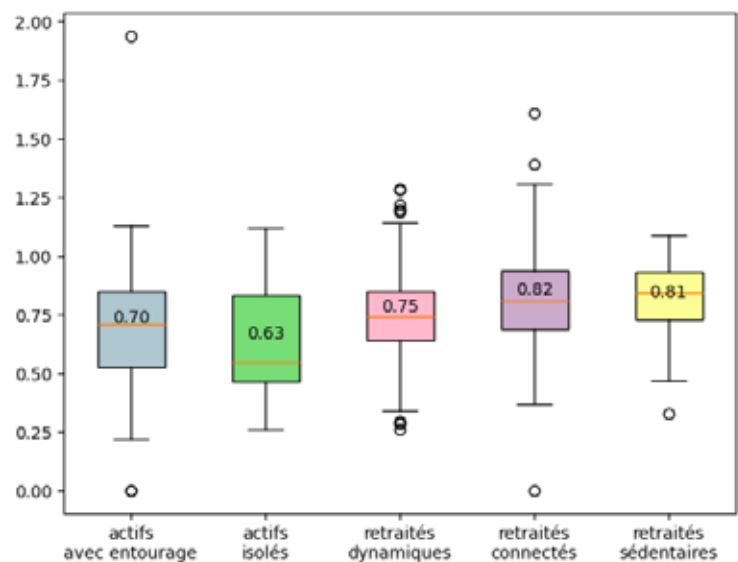
Ratio SRT/PTM moyen selon les conditions de vie



Ratio SRT/PTM moyen selon les sorties au cinéma



Ratio SRT/PTM moyen selon les dispositifs électroniques utilisés



Les retraités dynamiques ont des scores proches des actifs :
le maintien d'activités sociales est un facteur de préservation des performances de compréhension.

CONCLUSION

› Conclusion générale

Cette étude a permis d'établir un lien entre le mode de vie et la préservation des capacités cognitives utiles à la compréhension vocale.

› Information utile pour le réseau Audilab

Le mémoire met en avant un facteur de risque accru de recrutement pour les patients déclarant ne jamais se rendre au cinéma (2,14 fois plus de risques). Une vigilance peut être mise en place concernant ces patients avec des questions supplémentaires lors de l'entretien en cabine et une vocale à des niveaux d'intensité élevés.

› Remarques diverses

Bien sensibiliser les assistantes à l'utilité de la tablette pour avoir un meilleur taux de réponse (tablettes déchargées, parfois manque de disponibilité). L'incitation des patients à venir accompagnés est un élément clé à poursuivre.

Quelques vocales réalisées partiellement sans atteinte du 100% de compréhension et sans test au niveau d'intensité supplémentaire ayant entraîné l'exclusion des sujets (aire sous la courbe faussée).

› Suite éventuelle

- Analyse des données à travers un score établi d'après l'Aire sous la Courbe (AUC). Cette analyse ne pourrait s'effectuer qu'avec des vocales réalisées dans leur intégralité,
- Systématisation du recueil de données pour analyser un panel plus représentatif et établir des profils (exemple : alerte sur certains risques comme le recrutement),
- Suivi longitudinal de patients avant / après appareillage pour l'étude de l'évolution du comportement et des performances de compréhension dans la durée.

Arbre décisionnel réalisé : L'analyse multivariée ne permet d'expliquer que 3,9% des scores.



Discordance entre gêne auditive déclarée par le questionnaire HHIE-S et perte auditive mesurée : quels profils de patients se dessinent ?

2

STAGIAIRE :
Pierre RECOUILLE

ÉCOLE :
Université de Rouen
Normandie – IFA La Musse

MAÎTRE DE STAGE :
Charles-Alexis GASNIER

LIEU DE STAGE :
Audilab Cholet / Beaupréau
/ Lys-Haut-Layon

DATES DU STAGE :
Année universitaire
2024-2025

CONTEXTE

Dans la pratique audioprothétique, une discordance est fréquemment observée entre la gêne auditive déclarée par les patients et les résultats des tests audiométriques. Ce constat souligne l'importance de recourir à des outils subjectifs comme le questionnaire HHIE-S pour mieux cerner le vécu du patient. Ce mémoire explore l'apport de ce questionnaire et cherche à identifier les profils pour lesquels cette discordance est marquée.

OBJECTIFS

Objectif 1 : Évaluer la cohérence entre le score HHIE-S et les mesures audiométriques (PTM, SRT, UCL).

Objectif 2 : Identifier des profils de patients chez qui existe une discordance marquée entre gêne perçue et perte mesurée.

Objectif 3 : Étudier l'influence de facteurs contextuels (vertiges, origine connue de la perte, vie sociale) sur la gêne perçue.

MÉTHODOLOGIE

› Type d'étude

Étude rétrospective, multicentrique et observationnelle

› Participants

Nombre total de sujets prévu : 739 patients

Critères d'inclusion :

- Consultation de primo-appareillage ou renouvellement
- Questionnaire HHIE-S + anamnèse + audiométrie tonale (et vocale si dispo)

Critères d'exclusion :

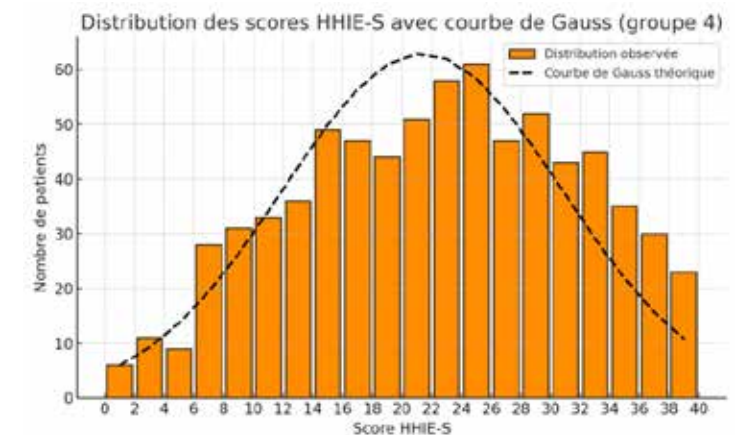
- Données incomplètes, incohérentes ou dupliquées
- Pathologies rares (ex. : otospongiose, implant cochléaire)

› Protocole

Les patients ont rempli l'anamnèse Audilab 7/7 (28 items) et le HHIE-S (10 items). Les données audiométriques ont été extraites depuis le logiciel NOAH. Des regroupements ont été faits pour identifier les profils discordants (ex. : forte gêne vs faible perte).



Histogramme de la répartition des âges des 739 patients.



Histogramme de la répartition des scores HHIE-S des 739 patients.

› Mesures et méthodes pour répondre aux objectifs

Objectif 1 :
Corrélation entre score HHIE-S et PTM / SRT / UCL
→ Analyses de régression linéaire, courbes ROC, test de Spearman

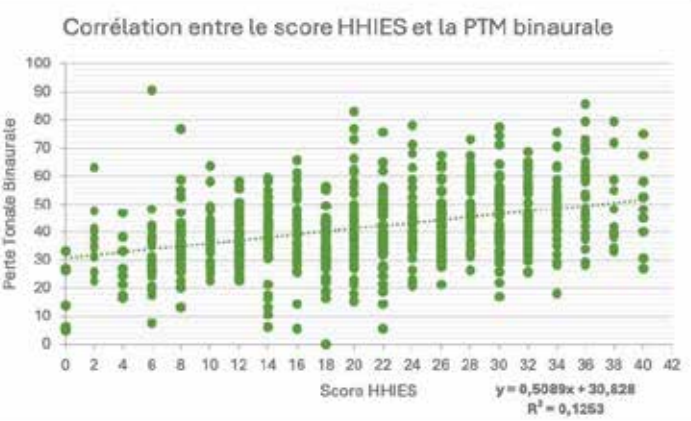
Objectif 2 :
Identification des groupes discordants
→ Comparaison entre patients «gênés mais peu

déficients (Groupe 1)» et «déficients mais peu gênés (Groupe2)» en comparant les réponses des différents groupes à chacune des questions de l'anamnèse : ex "Groupe 1 / Reste de la population" et "Groupe 2 / Reste de la population" à l'aide du Chi².

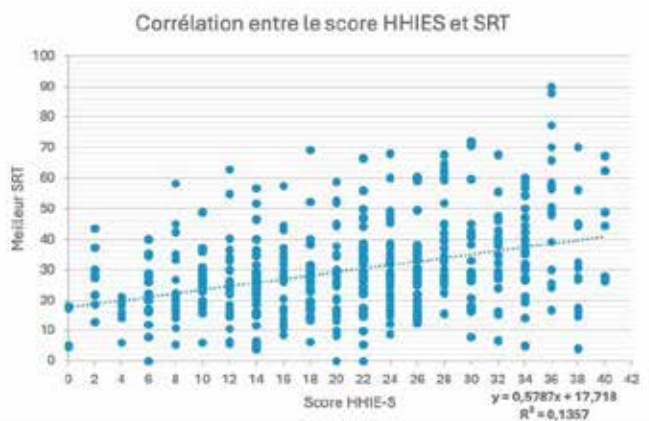
Objectif 3 :
Analyse des données d'anamnèse
→ Tests de Mann-Whitney et Chi² sur items comme Q6 (origine), Q8 (vertiges), vie sociale...

RÉSULTATS

- Objectif 1 :
- Faibles corrélations : $R^2 \approx 0,10$ à $0,13$ entre HHIE-S et PTM ou SRT
 - La perte mesurée n'explique qu'une faible partie de la gêne déclarée



Régression linéaire de la corrélation entre le score HHIES et la Perte Tonale Moyenne (PTM).



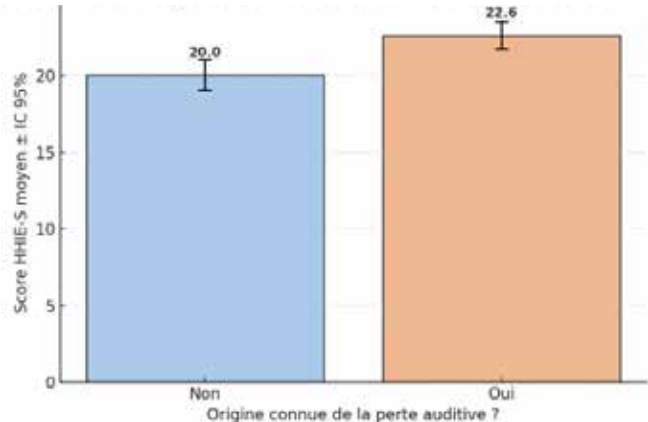
Régression linéaire de la corrélation entre le score HHIES et le SRT.

	Effectif	Équation	R2	Variance
HHIES Meilleure PTM	n = 314	y = 0,224x + 32,80	R2 = 0,0233	2,3%
	n = 739	y = 0,476x + 28,01	R2 = 0,100	10%
HHIES / PTM binaurale	n = 314	y = 0,272x + 36,98	R2 = 0,0338	3,3%
	n = 739	y = 0,509x + 30,93	R2 = 0,130	13%
HHIES / SRT	n = 276	y = 0,236x + 30,47	R2 = 0,027	2,7%
	n = 701	y = 0,579x + 17,72	R2 = 0,136	13,7%

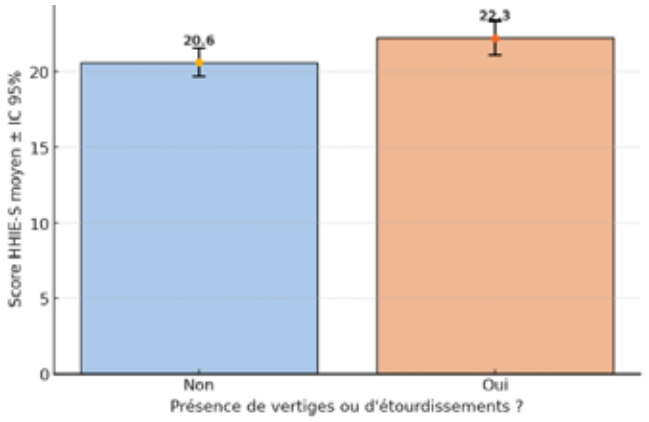
Variance = Statistiquement, 13,7% de la variation des scores HHIE-S peut être expliqué par la variation du SRT. C'est faible. Ça veut aussi dire que 82,3% des variations est expliqué par d'autre chose.

- Objectif 2 :
- Des profils discordants identifiés chez 12–13 % des patients
- Deux sous-groupes :
- Gêne élevée avec faible perte. Les patients de ce groupe sont plus jeunes, actifs professionnellement, vivent plus souvent en famille avec enfant(s) et ont une vie sociale plus riche.
 - Forte perte mais faible gêne. Les patients de ce groupe vivent plus souvent seuls et sont moins souvent dans des situations sonores dites complexes.

Objectif 3 :
Origine connue de la perte et vertiges → associés à une gêne plus forte ($p < 0,05$)



Comparaison des scores HHIE-S entre les groupes ayant ou non identifié une cause à leur perte auditive.



Comparaison des scores HHIE-S selon que les patients déclarent ou non des symptômes vestibulaires.

CONCLUSION

Conclusion générale

L'étude confirme que les données audiométriques seules ne suffisent pas à estimer la gêne auditive ressentie. Le questionnaire HHIE-S apporte une plus-value significative, en identifiant des profils de patients qui pourraient être sous ou surestimés dans leur handicap auditif. Intégrer systématiquement ce type de questionnaire permettrait une meilleure individualisation de la prise en charge.

Information utile pour le réseau Audilab

Cette étude montre qu'une intégration systématique du HHIE-S et de l'anamnèse 7/7 permettrait de standardiser les pratiques d'évaluation sur l'ensemble du réseau, tout en améliorant la détection des profils patients complexes. Elle facilite également la communication interprofessionnelle (ORL, audioprothésistes, assistant(e)s), en apportant un langage commun autour du ressenti du patient. Grâce à une meilleure objectivation de la gêne, elle aide à hiérarchiser les besoins d'accompagnement notamment pour les patients isolés ou fortement gênés malgré une perte modérée. Enfin, les données collectées pourraient alimenter une base commune, utile pour la qualité, la recherche, et les futures évolutions de l'application Audilab 7/7.

Remarques diverses

Le questionnaire COSI, bien que disponible pour une partie des patients, n'a pas été intégré à l'analyse. Analyser : "Perte / Ressenti (HHIE-S) / Objectifs (COSI)" aurait pu être très intéressant, c'était le projet initial.

Suite éventuelle

Un nouveau mémoire pourrait explorer le lien entre la gêne auditive et les résultats du test FraMatrix (compréhension dans le bruit). Ou exploiter les données du COSI.

Plus largement, ce travail ne constitue qu'une première étape : il amorce une dynamique plus vaste de valorisation des données patients, au service d'une prise en charge plus personnalisée, plus précise, et plus connectée aux réalités vécues.

À terme, en s'appuyant sur des milliers de profils patients issus du réseau, il serait possible de faire émerger des tendances cliniques robustes, de créer d'autre sous-groupes, d'affiner les stratégies de prise en charge et de guider les choix thérapeutiques grâce à une intelligence collective fondée sur les données. Il ne s'agirait pas de remplacer le jugement de l'audioprothésiste, mais de l'éclairer, en combinant rigueur scientifique, ressenti patient et puissance des grands volumes de données.

C'est tout l'enjeu de la médecine personnalisée d'aujourd'hui (data driven-care) et fondée sur les données, une perspective vers laquelle Audilab pourrait légitimement s'inscrire.

Comparaison des performances audiométriques hautes fréquences (> 8kHz) et de compréhension dans le bruit chez des sujets normo-entendants

STAGIAIRE :
Fanny TROUILLARD

ÉCOLE :
École d'Audioprothèse
de Fougères, Faculté de
médecine de l'université
de Rennes 1

MAÎTRE DE STAGE :
Jeanne Gautier

LIEU DE STAGE :
Audilab Trélazé (49)

DATES DU STAGE :
Janvier à avril 2025

CONTEXTE

La compréhension de la parole dans le bruit est une compétence auditive essentielle, qui est de plus en plus souvent rapportée comme altérée par des patients normo-entendants. Ces modifications peuvent être dues à des synaptopathies cochléaires, qui altèrent la compréhension dans le bruit mais ne modifient pas les performances dans le silence. Dans ce cas, on parle de "surdité cachée" ("Hidden Hearing Loss" en anglais, HHL). Des études récentes ont montré une relation entre surdité cachée et perte d'audition dans les hautes fréquences (> 8

kHz). Serait-il alors possible de mettre en évidence des surdités cachées avec une audiométrie tonale liminaire dans les hautes fréquences ?

OBJECTIFS

Objectif 1 : Déterminer s'il existe une élévation des seuils HF chez les patients ayant un score Framatrix dégradé

Objectif 2 : Évaluer la corrélation entre la perte tonale moyenne dans les hautes fréquences (PTM HF) et le SIB50

Objectif 3 : Évaluer la relation entre les seuils HF et la gêne décrite au SSQ15

MÉTHODOLOGIE

› Type d'étude

Rétrospective (rappel de patients étant venus faire un dépistage sur les centres d'Angers et Trélazé et remplissant les critères d'inclusion) et prospective Randomisation de l'ordre de passation des listes du FraMatrix (1 liste d'entraînement par oreille puis une liste de test par oreille).

Tous les tests ont été réalisés dans la même cabine sur le centre de Trélazé.

› Participants

Nombre total de sujets prévu : 60 participants, dont 30 sujets "témoins" et 30 sujets présentant une surdité cachée

Critères d'inclusion :

- Age : 18 à 53 ans (limite statistique pour laquelle le SIB50 reste à moins de 3dB de la norme)
- Parler couramment français
- Seuils liminaires ≤ 20 dB HL de 250 à 8000 Hz
- Score d'intelligibilité de 100 % à 30dB SPL et > 50 % à 20dB SPL

Critères d'exclusion :

- Otoscopie anormale
- Acouphènes invalidants (passation d'un THI si plainte lors de l'anamnèse)
- Asymétrie auditive > 15 dB HL (différence de PTM entre les deux oreilles)

› Protocole

Tous les tests ont été réalisés lors d'un unique rendez-vous dans l'ordre suivant :

- Questionnaire SSQ15 (envoyer par mail au patient et rempli avant le rendez-vous)
- Anamnèse
- Otoscopie
- Audiométrie tonale et vocale dans le silence aux inserts
- Audiométrie tonale Haute fréquence (9, 10, 12,5, 14 et 16 kHz) au casque DD450 circum-aural
- Audiométrie vocale dans le bruit : FraMatrix, en monaural au casque DD450 circum-aural

› Mesures et méthodes pour répondre aux objectifs

Objectif 1 :

Comparaison des seuils liminaires (et de la PTM) dans les HF entre un groupe témoin "NE" et un groupe présentant une dégradation du SIB50 obtenu au FraMatrix (SIB50 ≥ -3 dB RSB) "HHL".

Objectif 2 :

Régression linéaire entre la PTM dans les HF et le SIB50 au FraMatrix

Objectif 3 :

Comparaison des seuils liminaires (et de la PTM) dans les HF entre un groupe témoin "SANS gêne à la compréhension dans le bruit" et un groupe présentant un score dégradé au SSQ15 (norme -20) "AVEC gêne à la compréhension dans le bruit".

RÉSULTATS

52 sujets ont été inclus à l'étude : 38 femmes et 14 hommes. La moyenne d'âge était de 38 ans $\pm 9,4$ ans. Le plus jeune avait 19 ans et le plus âgé 53 ans.

Pour les objectifs 1 et 2, chaque oreille a été testée séparément, il y a donc 104 échantillons.

Pour ces 2 objectifs une randomisation a été effectuée pour l'ordre de passation des listes du FraMatrix et l'effet d'ordre de passation a été étudié. Il y a 4 ordres de passation différents et un effet d'ordre de passation a été observé avec l'ordre 4, qui a donc été analysé séparément.

Pour le 3^e objectif, les OD et les OG ont été analysés séparément, chaque patient ne remplissant qu'un questionnaire SSQ15.

1^{er} Objectif : répartition des échantillons pour cet objectif :

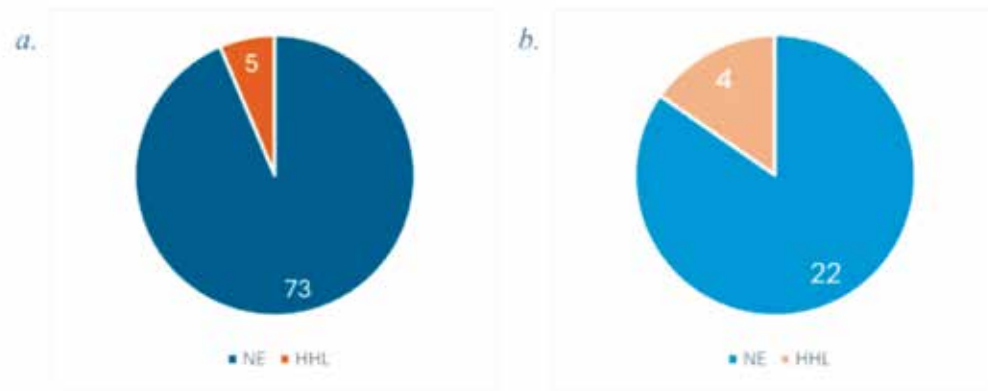


Figure 4: Répartition des deux groupes, NE et HHL. a. ordres de passation 1, 2 et 3; b. ordre de passation 4

Comparaison dans les HF entre ces 2 populations (NE, HHL)

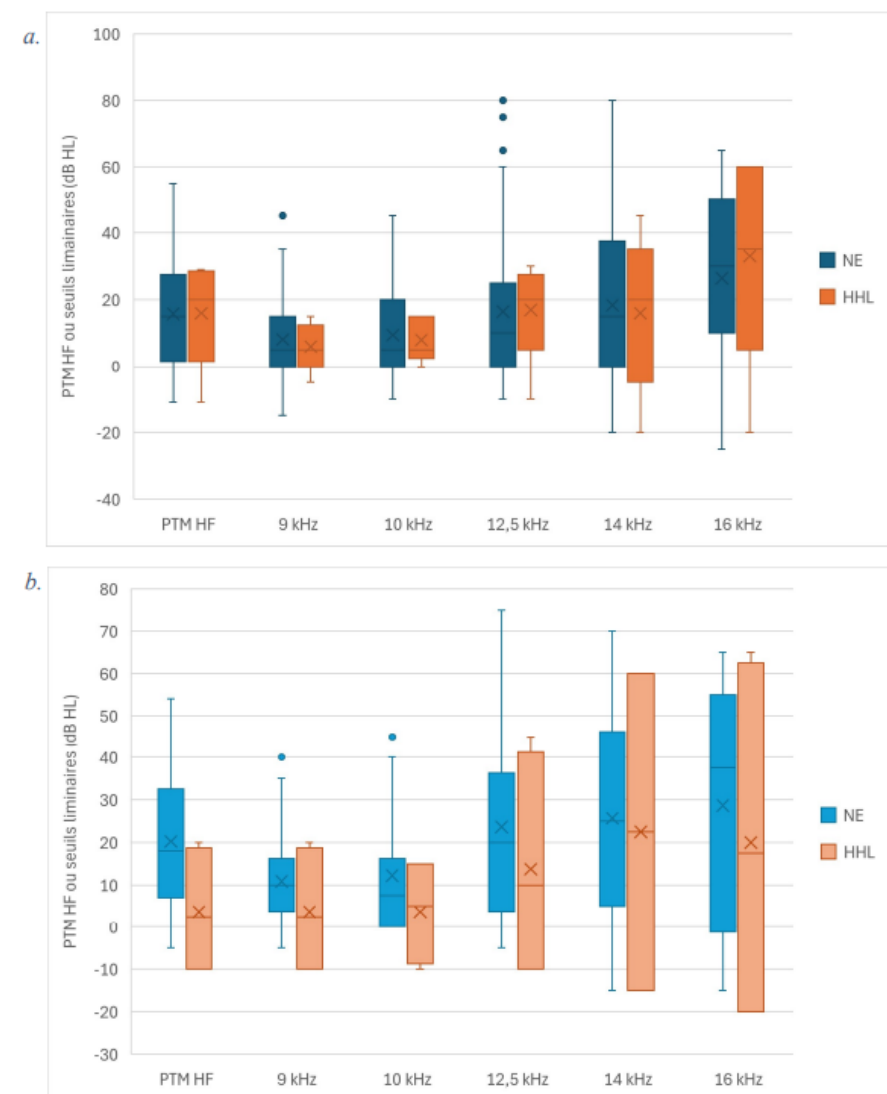


Figure 5 : Box plots comparant la PTM HF ainsi que chacune des mesures HF entre les 2 groupes, NE et HHL. a. ordres de passation 1, 2 et 3 ; b. ordre de passation 4

Aucune différence significative n'a été observée entre les deux groupes pour les performances dans les HF, quel que soit l'ordre de passation des listes du Framatrix.

2^d Objectif : aucune tendance ne se dégage sur la représentation graphique du SIB50 en fonction de la PTM HF, que ce soit pour les ordres 1, 2 et 3 ou pour l'ordre 4. Dans les deux cas, les courbes de régression linéaire et la valeur du R^2 , proche de 0, montrent une absence de corrélation.

3^e Objectif : scores au SSQ en fonction de la PTM HF

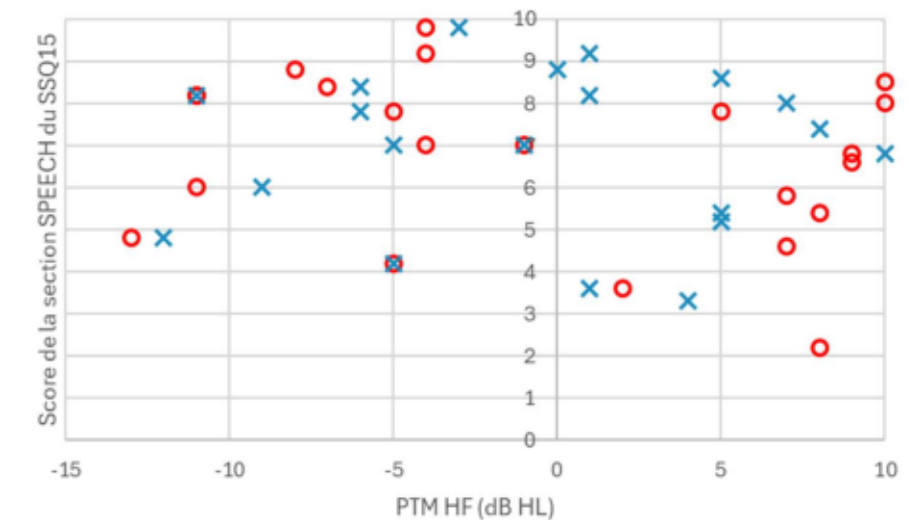


Figure 7: Nuage de point des scores de la section SPEECH du SSQ15 en fonction de la PTM HF. Les ronds rouges pour l'OD et les croix bleues pour l'OG.

Aucune tendance claire n'est observée entre le score "Speech" et la PTM HF, que ce soit pour l'OD ou l'OG. Dans les deux cas, les régressions linéaires (non représentées sur la Figure 7) et la valeur du R^2 (0,0214 pour OD et 0,0141 pour OG), montrent une absence de corrélation.

CONCLUSION

Conclusion générale

Les résultats n'ont mis en évidence aucune corrélation, que ce soit entre les seuils HF et les performances au Framatrix ou entre les seuils HF et les scores "Speech" du SSQ15. De plus, les comparaisons intergroupes n'ont pas montré de différence statistiquement significative.

Ces résultats contrastent avec plusieurs études internationales ayant rapporté une association entre atteintes en HF, difficultés de compréhension dans le bruit et gêne déclarée.

Cependant la puissance statistique de l'étude est faible et le FraMatrix n'est certainement pas le test d'audiométrie vocale dans le bruit le plus adapté car il ne prend pas du tout en compte les indices de localisation spatiale.

Information utile pour le réseau Audilab

Il n'y en a pas dans cette étude.

Remarques diverses

La puissance statistique de cette étude est faible à cause de la petite proportion de sujets présentant une surdité cachée.

Suite éventuelle

Il serait intéressant de continuer à étudier les hautes fréquences pour mieux comprendre leur rôle pour la compréhension dans le bruit. Pour cela, une nouvelle étude pourrait être réalisée avec un plus grand échantillon de sujets ayant une problématique de compréhension dans le bruit ou en comparant les HF à d'autres tests vocaux dans le bruit (impliquant la localisation spatiale), ou encore ajouter des tests objectifs (otoémissions acoustiques) à l'étude pour mieux définir la pathologie.

Impact de la fatigue auditive quotidienne sur les tests de compréhension dans le bruit chez les malentendants appareillés

4

STAGIAIRE :
Sandrine CARQUEX

ÉCOLE :
Vedruna BERGA

MAITRE DE STAGE :
Véronique BOULLENGER

LIEU DE STAGE :
Audilab Bourges

DATES DU STAGE :
24 février au 2 mai 2025

CONTEXTE

« J'entends mais je ne comprends pas ! » ...
Comprendre dans le bruit est une des difficultés majeures rencontrées par les malentendants même équipés d'un appareillage auditif. L'effort d'écoute généré, entraîne une fatigue et une charge cognitive qui affectent le quotidien du patient compromettant ses relations sociales et son bien-être général.

Dans le cadre d'un travail d'amélioration d'audiologie prothétique, cette recherche consiste à évaluer l'impact de la fatigue auditive liée à l'effort d'écoute sur les tests de compréhension dans le bruit. La réponse à cette problématique pourrait ainsi contribuer à optimiser le travail de l'audioprothésiste, à la fois d'un point de vue organisationnel avec une efficience dans la planification des rendez-vous et lui apporter des pistes d'amélioration dans le réglage des aides auditives.

OBJECTIFS

Les personnes malentendantes appareillées doivent souvent fournir un effort important pour comprendre la parole, notamment en milieu bruyant. Cet effort, répété tout au long de la journée, peut générer une fatigue auditive liée à l'effort d'écoute susceptible d'altérer leurs performances lors des tests de compréhension dans le bruit. Cette étude vise à explorer l'impact de cette fatigue sur les résultats des tests, afin d'améliorer la prise en compte de cette variable en pratique clinique.

› Objectif principal de l'étude

L'objectif principal est d'évaluer l'influence de la fatigue auditive, induite par l'effort d'écoute au cours de la journée, sur les performances de compréhension de la parole dans le bruit chez des personnes malentendantes équipées d'aides auditives. En d'autres termes, il s'agit de déterminer si les capacités de compréhension diminuent en fin de journée, lorsque la charge auditive et cognitive est potentiellement plus importante.

› Objectifs secondaires de l'étude

Objectif 1 :
Comparer les résultats aux tests de compréhension dans le bruit effectués le matin à ceux réalisés en fin d'après-midi, afin de mettre en évidence une éventuelle dégradation des performances au cours de la journée.

Objectif 2 :
Mesurer l'effort d'écoute perçu à l'aide d'une échelle subjective standardisée afin de définir s'il existe un lien entre la perception ressentie de la fatigue auditive et les performances objectives mesurées lors des tests audiométriques dans le bruit.

Objectif 3 :
Formuler des recommandations cliniques pour adapter les conditions de passation des tests et optimiser l'accompagnement des patients concernés.

MÉTHODOLOGIE

› Type d'étude

Étude observationnelle, transversale et comparative portant sur la variation des performances de compréhension dans le bruit chez des malentendants appareillés, mesurées à deux moments de la journée (matin et soir) afin d'évaluer l'influence de la fatigue auditive liée à l'effort d'écoute.

› Participants

Une cohorte de 20 patients

Critères d’inclusion :

- Adultes appareillés depuis plus d’un an
- Perte légère à moyenne
- Surdité de perception ou mixte

Critères d’exclusion :

- Présence de troubles neurologiques et cognitifs
- Problème ORL chronique

› Protocole

Pour réaliser ce mémoire, la cohorte étudiée se compose de 20 patients appareillés. L’effort d’écoute a été évalué à l’aide du questionnaire EEAS (Extended Effort Assessment Scale) permettant de relever des données subjectives dans des situations d’écoute variées, dans le calme et en environnement bruyant. Pour mesurer la compréhension dans le bruit, les participants ont participé à deux sessions du test FraMatrix : le matin et le soir.

Déroulement des tests :

1  r rendez-vous (Matin ou Soir)

- Présentation du protocole au patient
- Questionnaire “fatigue globale”
- Questionnaire EEAS
- Bilan audiométrique (tonale et vocale)
- Présentation du FraMatrix
- Réalisation du FraMatrix
- Explication des résultats

2  nd rendez-vous (Matin ou Soir)

- Test du FraMatrix
- Explication des résultats
- Questionnaire de ressenti de fin de test

› Mesures et méthodes pour répondre aux objectifs

Objectif 1 : Comparaison entre le SIB50 au FraMatrix le matin et le SIB50 au FraMatrix le soir

Configuration du FRAMATRIX

- Réalisation du test en Champ Libre
- Utilisation d’un haut-parleur unique
- Bruit : Noise Speech French en continu fixé à 65 dB.
- Signal : variable
- RSB progressif à + ou - 5dB

Paramétrage : Matin / soir

- 10 phrases d’entraînement
- 20 phrases de tests avec appareils
- 20 phrases de tests sans appareil

Objectif 2 : Mesure de l’effort d’écoute à l’aide du questionnaire EEAS

Utilisation du questionnaire EEAS

- 10 questions dans des situations d’écoute variées (calme, bruit, réverbération)
-   valuation moyenne de l’effort d’écoute (questionnaire type échelle de Likert)
- Scores moyens dans le calme et dans le bruit

Objectif 3 : Déterminer le lien entre l’effort d’écoute et les performances aux tests de compréhension dans le bruit pour définir des recommandations cliniques

Utilisation de données statistiques : corélation de Pearson pour évaluer le lien entre les l’effort d’écoute et les résultats au test de compréhension dans le bruit.

RÉSULTATS

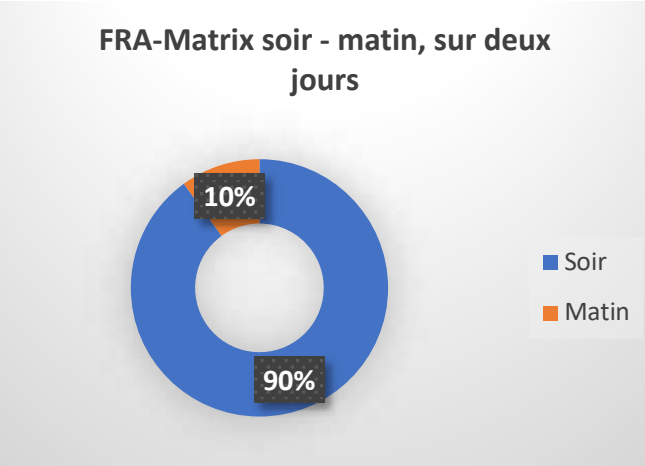
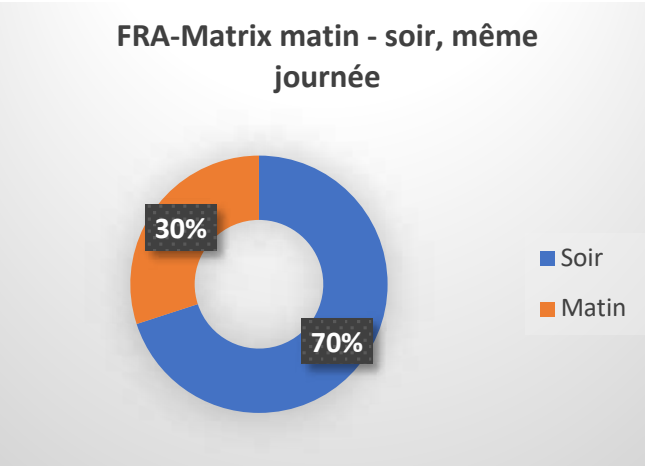
Objectif 1 : comparaison entre le SIB50 au FraMatrix le matin et le SIB50 au FraMatrix le soir

Constat :

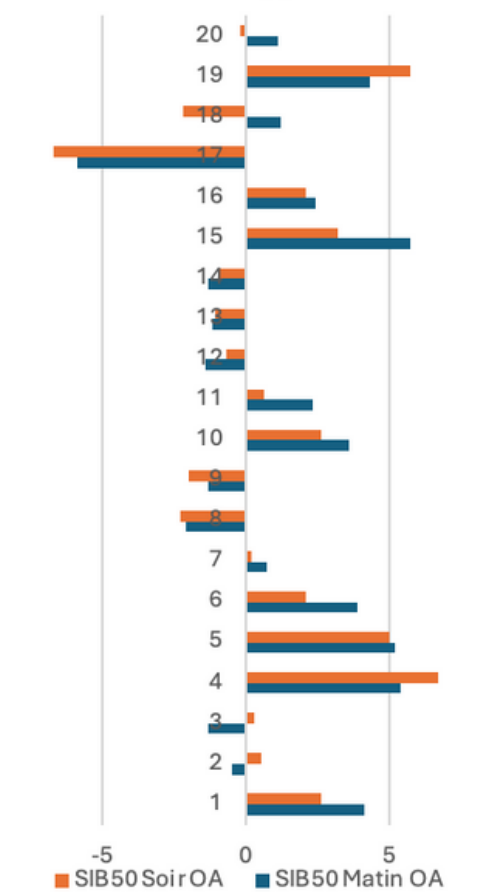
- 65% des tests réalisés avec les aides auditives sont meilleurs en fin de journée avec cependant des différences de performances faiblement significatives
- Le moment de la journée ne semble pas impacter les résultats

Avec les appareils auditifs, les scores de compréhension (SIB50) comparés le matin et le soir montrent des différences de performances faiblement significatives, ce qui indique que les performances restent globalement stables tout au long de la journée. Cela confirme que les appareils auditifs assurent une amélioration constante de la perception auditive, permettant aux utilisateurs de maintenir un niveau de compréhension homogène, quel que soit le moment de la journée.

En revanche, sans aide auditive, les performances au test SIB50 sont meilleures le soir avec une différence statistiquement significative (dans 80% des cas). Cette amélioration en fin de journée pourrait refléter d’une plus grande mobilisation de l’attention du patient ou d’une adaptation progressive au contexte d’écoute.



Comparaison FRA-MATRIX matin / soir oreilles appareillées

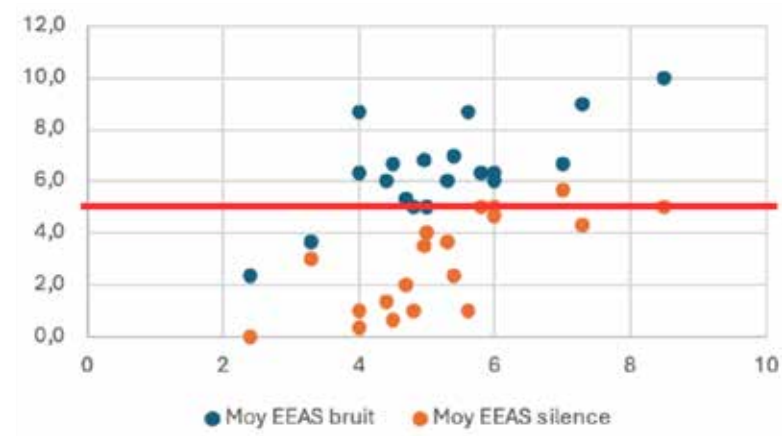


Objectif 2 : mesure de l'effort d'écoute à l'aide du questionnaire EEAS

Très précis sur l'effort d'écoute, le questionnaire EEAS a permis de mesurer la charge cognitive que peuvent ressentir les patients en raison d'un effort supplémentaire dans le calme ou en environnement bruyant. Il y a « effort d'écoute » quand la moyenne des résultats est supérieure à 5.

Constat:

- 80% des patients interrogés ont un effort d'écoute dans le bruit
- 45% ont un effort d'écoute très faible qui ne perturbe pas leur quotidien.
- 11 patients présentent un effort d'écoute pouvant engendrer une fatigue :
- 45% ont un effort d'écoute élevé, potentiellement fatigant
- 10% ont un effort d'écoute très important, réellement handicapant dans leur vie de tous les jours



Objectif 3 : déterminer le lien entre l'effort d'écoute et les performances aux tests de compréhension dans le bruit pour définir des recommandations cliniques

Constat

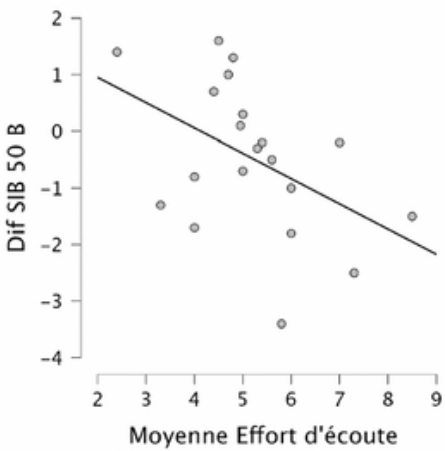
- Une corrélation statistique négative et modérée.
- Un effort d'écoute quotidien important et une amélioration des performances

Corrélations de Pearson

		R de Pearson		p
Moyenne Effort d'écoute	-	Dif SIB 50 B	-0.463*	0.040

* p < .05, ** p < .01, *** p < .001

Figure 19 – Moyenne d'effort d'écoute et différence du SIB 50 matin vs soir oreilles appareillées - Source : établi par l'auteur



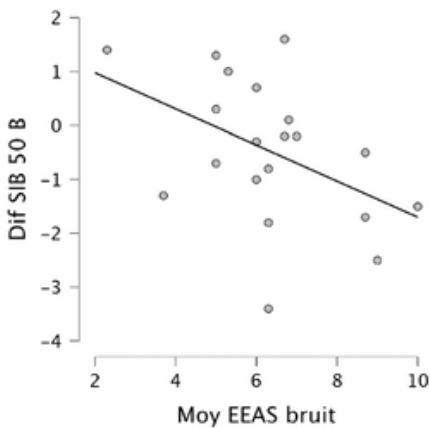
Corrélations de Pearson

		R de Pearson		p
Moy EEAS bruit	-	Dif SIB 50 B	-0.456*	0.043

* p < .05, ** p < .01, *** p < .001

Figure 20 – Moyenne d'effort d'écoute dans le bruit et différence du SIB 50 matin vs soir oreilles appareillées - Source : établi par l'auteur

Moy EEAS bruit vs. Dif SIB 50 B



Les participants déclarant un effort d'écoute important, montrent néanmoins une nette amélioration de leur performance au test. La comparaison entre le niveau d'effort d'écoute et les performances dans le bruit avec les appareils auditifs montre que, même lorsque l'effort d'écoute est important, les performances des patients aux tests ne diminuent pas au cours de la journée. Par ailleurs, les résultats étant globalement meilleurs le soir, cela suggère que la fatigue auditive n'a pas d'impact négatif sur les performances au fil de la journée. Ainsi, l'effort d'écoute à lui seul n'impacte pas la réussite des tests. D'autres facteurs : cognitifs, attentionnels, motivationnels, technologiques ou encore contextuels peuvent influencer la compréhension de la parole dans le bruit.

CONCLUSION

Les résultats de notre étude ne montrent pas de lien significatif entre l'effort d'écoute accumulé au cours de la journée et les performances aux tests de compréhension dans le bruit chez le malentendant appareillé. Ce constat, bien que surprenant, invite à nuancer l'hypothèse selon laquelle la fatigue auditive quotidienne se traduirait inévitablement par une baisse des performances. Il souligne également l'existence possible de mécanismes d'adaptation ou de compensation tels qu'une mobilisation des capacités d'attention, une motivation plus forte, une familiarisation progressive au test ou une optimisation de l'utilisation de l'appareillage auditif.

En somme, la compréhension de la parole dans le bruit chez les personnes malentendantes appareillées peut évoluer et être influencée par de multiples facteurs : cognitifs, motivationnels, technologiques et contextuels.

Pour mieux comprendre les variations de performance, il serait pertinent de suivre les participants sur une période plus longue et dans des situations d'écoute variées de leur vie de tous les jours. Cela permettrait de mieux identifier l'évolution de la fatigue auditive des personnes malentendantes et leurs capacités d'adaptation au quotidien, au delà des tests standards proposés en centre d'audioprothèse.

Au vu de ces résultats, il reste difficile de formuler des recommandations claires concernant l'organisation des rendez-vous audioprothétiques. Toutefois, la notion d'effort d'écoute pourrait être davantage intégrée dans les pratiques cliniques courantes afin d'améliorer le bien-être des patients. Évoquée lors de l'anamnèse, l'étude de la fatigue auditive donnerait des indications complémentaires afin de mieux adapter les réducteurs de bruit des aides auditives et permettre la mise en place de programmes spécifiques pour les sujets concernés.

Aussi, nous pouvons nous demander, dans quelle mesure, l'évolution technologique des aides auditives pourrait jouer un rôle actif dans le maintien d'une bonne santé auditive et globale ? Cette question permettrait d'explorer comment, grâce à l'Intelligence Artificielle, les appareils auditifs pourraient non seulement alléger la charge cognitive et améliorer le bien-être du malentendant mais aussi devenir un véritable assistant de santé (diminution du niveau de stress et d'anxiété, surveillance du rythme cardiaque, réduction des pertes d'équilibre et de chute...).

Intérêt du test auditif ACT pour le réglage des appareils auditifs.

5

STAGIAIRE :
Sandra KONIECZNY

ÉCOLE :
Faculté de pharmacie
de Montpellier

MAITRE DE STAGE :
Julie BESTEL

LIEU DE STAGE :
Versailles

DATES DU STAGE :
Du 1^{er} août 2022
au 31 août 2024

CONTEXTE

La surdité, qu'elle soit légère ou profonde, constitue un défi majeur pour la qualité de vie des individus qui en sont affectés. Parmi les difficultés rencontrées, la gêne dans les environnements bruyants représente l'un des principaux motifs de préoccupation et de plaintes chez les personnes souffrant de perte auditive. Cette difficulté est due au fait que le bruit ambiant masque les sons essentiels à la communication, rendant la compréhension de la

parole encore plus ardue. Ainsi, même avec des appareils auditifs, les individus atteints de surdité peuvent continuer de rencontrer des difficultés de compréhension dans le bruit.

C'est pourquoi, face à ce type de g ne, des innovations sont constamment recherchées afin de comprendre, d'évaluer et d'améliorer la qualité de vie des personnes malentendantes. Parmi ces innovations, le test ACT (Audible Contrast Threshold), développé par Interacoustics, se caractérise par son approche basée sur la détection de modulations spectro-temporelles, permettant le repérage de la gêne dans le bruit.

Problématique : le test ACT permet-il une optimisation plus efficace des réglages pour une meilleure compréhension dans le bruit ?

OBJECTIFS

Objectif principal :

Déterminer, après un mois d'appareillage, si le test ACT peut être utilisé pour optimiser les réglages des réducteurs de bruit afin d'améliorer l'intelligibilité de la parole dans les environnements bruyants.

Objectif 2 :

 valuer la répétabilité du test ACT

Objectif 3 :

 valuer la satisfaction du patient vis-à-vis de son appareillage à partir du questionnaire SSQ15.

Objectif 4 :

 tudier le lien entre le score ACT et la performance dans le bruit, oreilles nues.

Objectif 5 :

 tudier le lien entre le score ACT et la performance dans le bruit, oreilles appareillées.

MÉTHODOLOGIE

› Type d'étude

 tude prospective randomisée

› Participants

Nombre total de sujets prévu : 20 sujets

Critères d'inclusion :

- Sujets âgés de 18 ans ou plus
- Sujets munis d'une prescription médicale, souhaitant démarrer un essai d'appareillage
- Sujets présentant une perte auditive neurosensorielle symétrique de type presbyacousie.
- Sujets ayant choisi un appareillage de classe II (More 1-2-3 / Real 1-2-3)

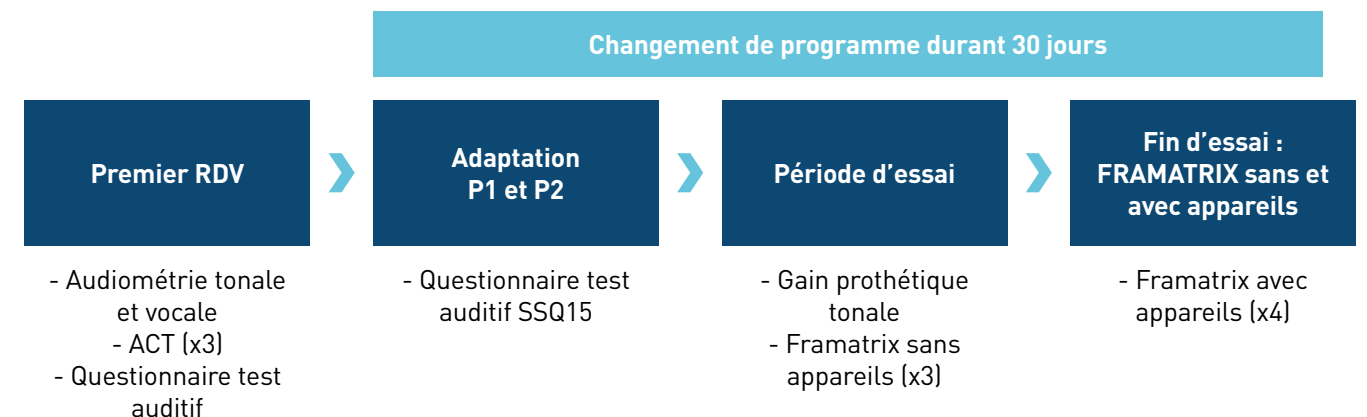
Critères d'exclusion :

- Sujets présentant des troubles cognitifs (difficulté à comprendre les consignes).
- Sujets mineurs
- Sujets ayant choisi un appareillage de classe I
- Sujets présentant une surdité asymétrique (PTM > 20 dB HL)
- Sujets présentant des pathologies du CAE
- Sujets en renouvellement d'appareillage auditif

› Protocole

L'étude s'est déroulée tout le long de la période d'essai de 30 jours et l'intégralité des mesures a été réalisée dans une cabine insonorisée audiométrique. L'audiomètre utilisé pour la réalisation des tests est l'Affinity Compact d'Interacoustics, puisqu'il s'agit actuellement du seul audiomètre possédant la licence nécessaire pour réaliser le test ACT.

Ci-dessous, le schéma du protocole expérimental.



Processus de suivi pour l'essai d'appareils auditifs, comprenant une série d'étapes du premier rendez-vous jusqu'à la fin de la période d'essai, avec différents tests et questionnaires réalisés à chaque session (comparaison des deux programmes : ACT et standard).

➤ Mesures et méthodes pour répondre aux objectifs

Objectif 1 : Comparaison du SIB50 au Framatrix entre le programme « standard » et le programme ACT.

Objectif 2 : Étude des variations de scores entre les différentes passations du test ACT.

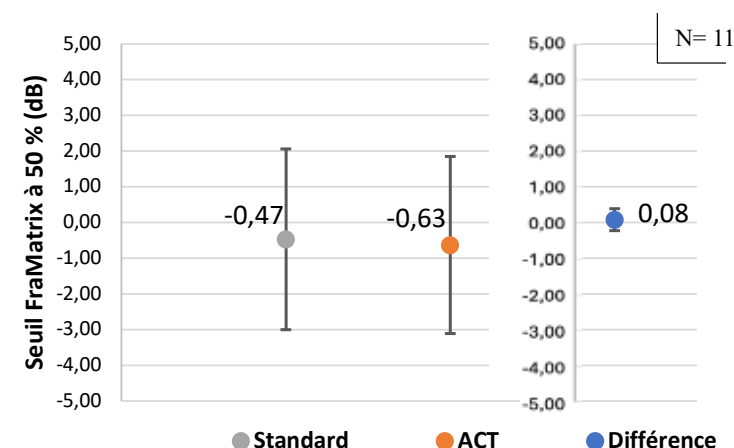
Objectif 3 : Analyse des réponses au questionnaire SSQ15 pour évaluer la satisfaction du patient.

Objectifs 4 et 5 : Analyse de la corrélation entre les scores ACT et les performances dans le bruit, en comparant les résultats dans les deux conditions : oreilles nues et oreilles appareillées.

RÉSULTATS

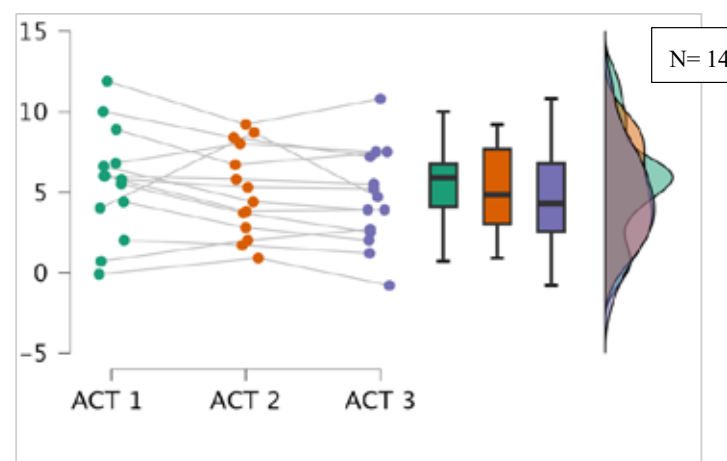
Objectif 1 :
Évaluer l'intérêt du test ACT dans l'optimisation des réglages pour la compréhension en milieu bruyant, après un mois d'appareillage

Résultats :
Pas de différence entre les deux programmes



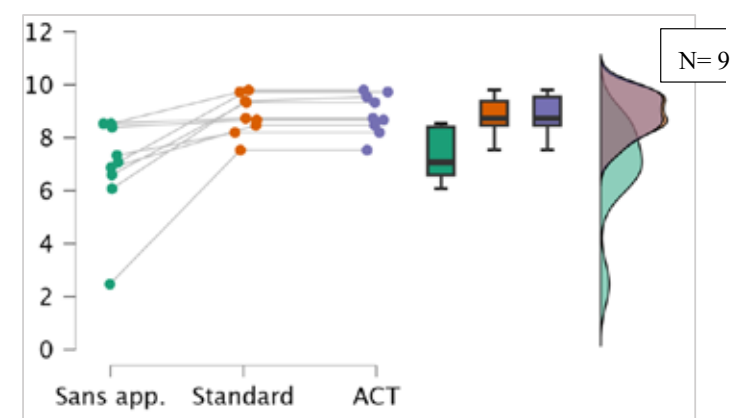
Objectif 2 :
Évaluer la répétabilité du test ACT

Résultats :
Variations de scores observées entre les passations du test ACT, montrant un effet d'entraînement. La différence moyenne entre la première et la troisième passation est de 1,05 dB, ce qui nous conduit à retenir le dernier score ACT pour le réglage.



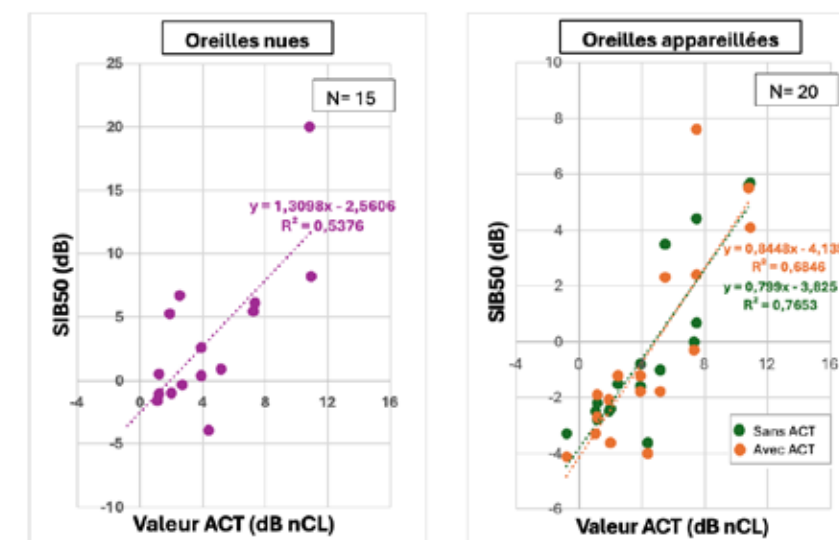
Objectifs 3 :
Évaluer la satisfaction du patient vis-à-vis de son appareillage à l'aide du questionnaire SSQ15

Résultats :
Les scores au questionnaire SSQ15 ont montré une amélioration de la satisfaction des patients après appareillage, mais aucune différence n'a été relevée entre les deux programmes.



Objectifs 4 et 5 :
Étudier le lien entre le score ACT et la performance dans le bruit, oreilles nues et oreilles appareillées

Résultats :
Corrélation linéaire moyenne entre les scores ACT et les SIB50, oreilles nues et oreilles appareillées.
Pas de différence clinique entre les SIB50 avec les deux programmes.



CONCLUSION

➤ Conclusion générale

Dans cette étude, nous avons évalué l'intérêt du test ACT pour optimiser le réglage des réducteurs de bruit. Les résultats n'ont pas montré d'amélioration de la compréhension dans le bruit avec le programme "ACT", comparé au programme standard, après un mois d'essai, chez une population de patients presbycusiques. L'absence de différence pourrait être liée à des facteurs techniques, comme le couplage acoustique (les patients étaient appareillés en "ouvert") ou les conditions d'administration du test FraMatrix.

➤ Information utile pour le réseau Audilab

Les résultats de cette étude peuvent aider les audioprothésistes à mieux comprendre l'intérêt du test ACT. Ils peuvent également encourager son utilisation en pratique, notamment pour proposer un premier paramétrage des réducteurs de bruit. Cela dit, d'autres études restent nécessaires pour valoriser son utilisation dans la pratique quotidienne.

➤ Remarques diverses

Il est essentiel de donner des consignes claires au patient avant de commencer le test ACT. Il faut lui expliquer qu'il est tout à fait normal de ne pas entendre immédiatement la "sirène" et qu'il doit appuyer sur la poire de réponse uniquement s'il est certain de l'avoir perçue.

Par ailleurs, j'ai pu constater un "effet placebo", qui a pu influencer la perception de certains patients (bien que l'étude ait été réalisée en simple aveugle).

➤ Suite éventuelle

Il pourrait être intéressant de mener une étude supplémentaire sur le même sujet, afin d'évaluer l'impact des réducteurs de bruit dans différentes conditions (par exemple, avec des niveaux de bruit ambiant différents), et en incluant un échantillon de patients plus large, et pas uniquement des sujets presbycusiques. De plus, il serait pertinent de comparer les performances dans le bruit avec les réducteurs de bruit activés et désactivés.

Dans quelle mesure le test ACT peut-il être une aide au choix prothétique ?

6

STAGIAIRE :
Camille BOUREL

ÉCOLE :
Institut de formation
de la Musse

MAITRE DE STAGE :
Mathieu ROBIER

LIEU DE STAGE :
Orléans

DATES DU STAGE :
Du 4 septembre 2023
au 31 août 2025

CONTEXTE

Le choix prothétique est un élément essentiel de la prise en charge du premier rendez-vous chez un patient atteint de surdité. Aujourd'hui, la gêne dans les environnements bruyants est la principale préoccupation de nos patients malentendants. L'audioprothésiste se doit de réaliser un bilan d'orientation prothétique mais, actuellement, les mesures actuelles ne suffisent plus, car à perte tonale moyenne équivalente, certains patients ressentent des niveaux de gêne différents et obtiennent des résultats prothétiques variés. Il est

donc important de mieux caractériser la perte auditive. L'audioprothésiste a besoin d'éléments et de tests objectifs afin de mieux informer et conseiller son patient.

Problématique : Étude de la relation en le score ACT et le SIB50, oreilles appareillées, sans réducteurs de bruits.

OBJECTIFS

Objectif 1 : Étudier la relation entre le score ACT et le SIB50, oreilles appareillées sans réducteurs de bruits.

Objectif 2 : Étudier Le SIB 70 et le SIB 50 en fonction de l'ACT sans et avec réducteurs de bruit.

Objectif 3 : Étudier le score ACT en fonction de la PTM

Objectifs 4 : Étudier le score ACT en fonction du seuil de discrimination (+35dB)

MÉTHODOLOGIE

› Type d'étude

Étude prospective transversale randomisée

› Participants

Nombre total de sujets prévu : 49 sujets

Critères d'inclusion :

- Sujets âgés de 18 ans et plus
- Sujets présentant une surdité neurosensorielle symétrique moyenne de grade 2 au maximum.
- Sujets appareillés depuis au moins six mois
- Sujets équipés d'aides auditives du fabricant Prodition

Critères d'exclusion :

- Sujets présentant des troubles cognitifs, une démence ou des affections.
- Sujets sous tutelle ou ne parlant pas le français.
- Sujets souffrant d'une infection ou de conditions inflammatoires actives de l'oreille (telles qu'une otite moyenne aiguë ou séreuse).
- Sujets présentant une perforation tympanique ou des anomalies significatives de l'oreille (bouchon de cérumen)
- Sujets en cours de renouvellement d'appareillage.
- Sujets présentant une asymétrie auditive avec une différence interaurale de PTM supérieure ou égale à 15 dB HL

› Protocole

Tous les tests sont réalisés dans une cabine audiométrique insonorisée, avec une chaîne de mesure Interacoustics Affinity Compact version 4. Les tests ont été réalisés lors d'un seul rendez-vous de 1h15 environ.

Audiométrie Tonale (250Hz au 8000Hz)

**Vocale dans le calme
+ seuil de discrimination inserts**

ACT (X2 minimum)

Gain prothétique

FRAMATRIX (bruit diffus)

Framatrix : SIB 70
Réducteurs de bruit OFF x2
Réducteurs de bruit ON
Framatrix : SIB 50 Réducteurs de bruit OFF
Réducteurs de bruit ON
Oreilles nues : SIB 50

› Mesures et méthodes pour répondre aux objectifs

Objectif 1 : Comparaison du score obtenu au test ACT avec le résultat du SIB50 au Framatrix sans réducteur de bruit.

Objectif 2 : Comparaison entre le SIB50 au FraMatrix avec réducteurs de bruit et le SIB50 au FraMatrix sans réducteurs de bruit. Même comparaison avec les SIB 70.

Objectif 3 : Comparaison entre le score ACT et la perte tonale moyenne mesurée aux inserts.

Objectifs 4 : Comparaison entre le score ACT et le seuil de discrimination obtenu aux inserts.

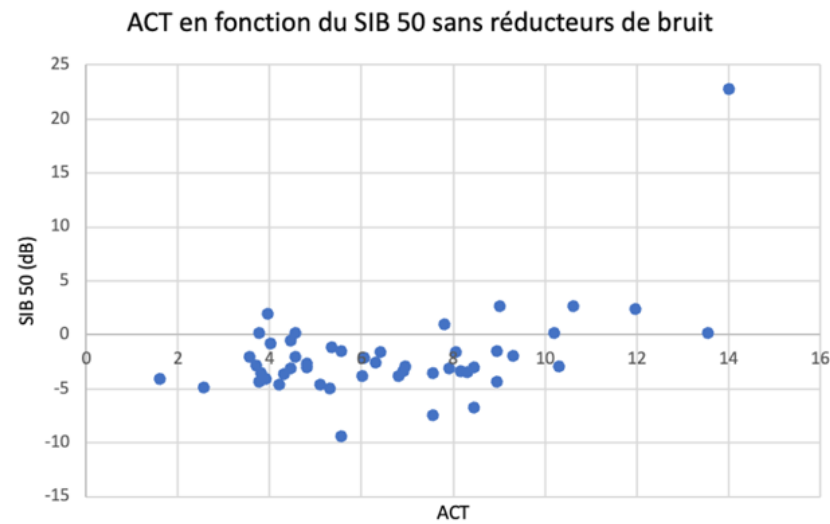
RÉSULTATS

Objectif 1 :

Nuage de points représentant le SIB50 oreilles appareillées sans réducteurs de bruits en fonction du score ACT

Résultats :

Relation faible et non significative



SIB 50 :

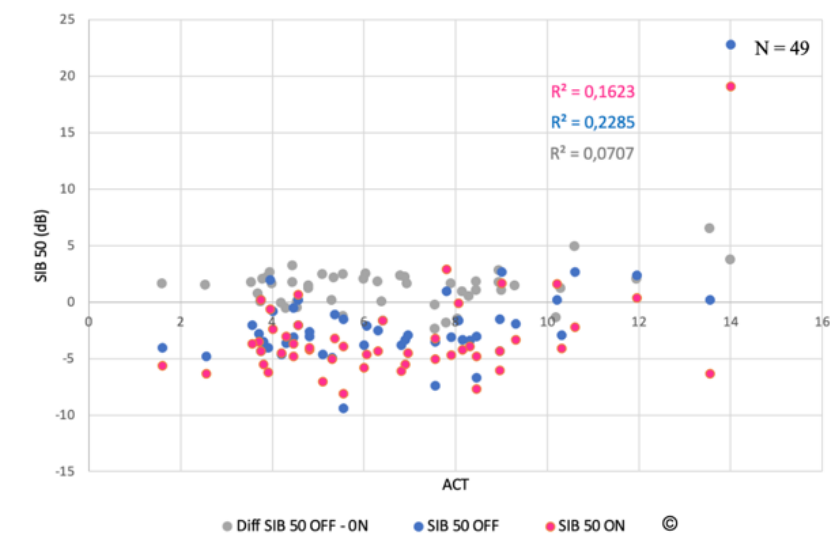
Objectif 2 :

Nuages de points représentant :

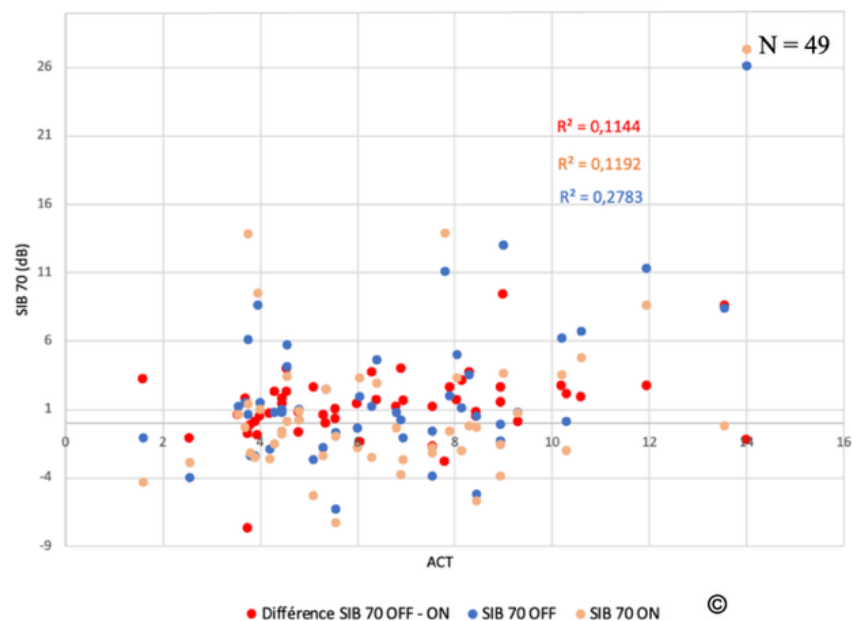
- le SIB50 au FraMatrix avec réducteurs de bruit et le SIB50 au FraMatrix sans réducteurs de bruit.
- le second nuages de points concerne les SIB 70.

Résultats :

Relation faible et non significative



SIB 70 :

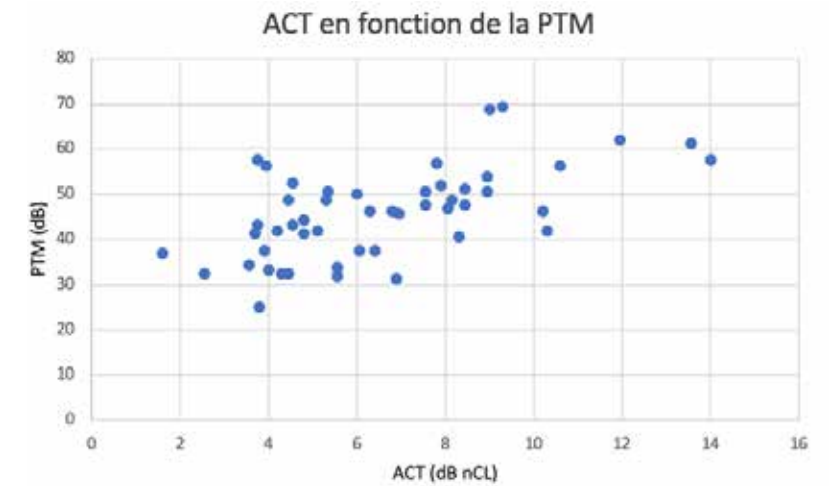


Objectif 3 :

Représentation du score ACT en fonction de la perte tonale moyenne mesurée aux inserts.

Résultats :

- Tendance croissante de la PTM avec l'ACT
- Variabilité interindividuelle : Certains patients ont un ACT élevé malgré une PTM modérée (ou inversement) > Reflet de profils atypiques.
- La gêne perçue ne dépend pas uniquement du niveau de perte tonale
- Deux patients avec une PTM similaire peuvent avoir des résultats différents.

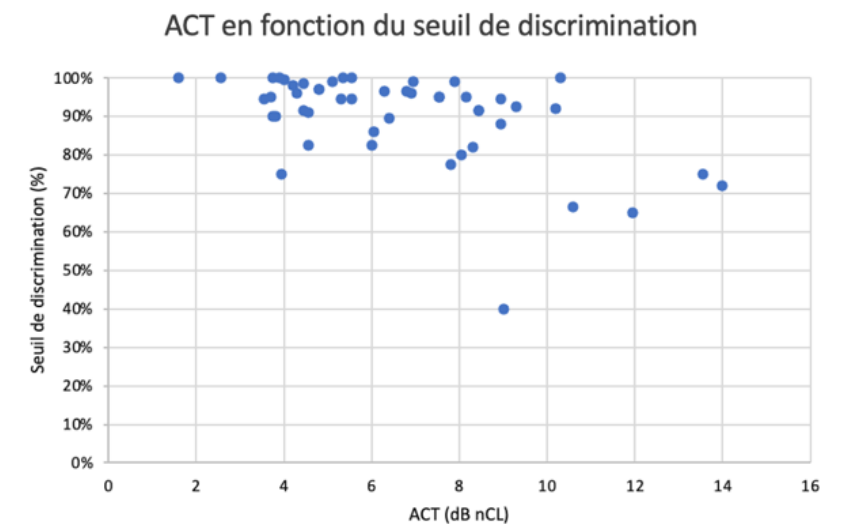


Objectif 4 :

Représentation du score ACT en fonction du seuil de discrimination obtenu aux inserts.

Résultats :

- Diminution du seuil de discrimination lorsque l'ACT augmente
- Lien entre ACT et seuil de discrimination :
 - Impact de la détection des variations acoustiques subtiles (ACT)
 - Impact de l'identification précise des éléments phonétiques nécessaires à la reconnaissance des mots, même sans bruit.



CONCLUSION

› Conclusion générale

Cette étude a montré que l'ACT est un test complémentaire aux tests classiques. Actuellement il ne remplacera pas le test de compréhension dans le bruit Framatrix.

› Information utile pour le réseau Audilab

L'ACT permet à l'audioprothésiste d'identifier certains profils atypiques et peut donc permettre de mieux conseiller son patient dans le choix de la gamme d'appareillage.

› Remarques diverses

Il est essentiel de fournir des consignes claires au patient avant de débuter le test ACT. Préciser qu'il est normal que le patient ne perçoive pas la « sirène » durant un certain temps et qu'il doit appuyer sur la poire de réponse uniquement lorsqu'il est certain d'avoir entendu la sirène.

› Suite éventuelle

Selon moi, il ne serait pas opportun, pour le moment, d'attribuer ce sujet ou un thème similaire à un autre étudiant.

Comparaison du test Oticon ACT (Audible Contrast Threshold) avec le test normé Framatrix

STAGIAIRE:
Flora GUEMAS

ÉCOLE:
Lyon

MAITRE DE STAGE:
Bénédicte PHILIBERT

LIEU DE STAGE:
Lyon 9^{ème}

DATES DU STAGE:
Du 2 septembre au
20 décembre 2024

CONTEXTE

Le test ACT est nouvellement sorti, il a été intéressant de le comparer avec un test normé.

OBJECTIFS

Objectif 1 : Explorer l'existence d'un lien entre l'ACT et la compréhension dans le milieu bruyant avec FraMatrix, auprès de patients équipés d'aides auditives avec les réducteurs de bruits désactivés

Objectif 2 : Etudier la relation entre le score ACT et la vocale dans le bruit (SIB50 et SIB70)

Objectif 3 : Examiner la fiabilité potentielle du test ACT

MÉTHODOLOGIE

› Type d'étude

Il s'agit d'une étude prospective contrôlée.

› Participants

Nombre total de sujets prévu : 34 sujets

Critères d'inclusion : Sujets majeurs déjà appareillés depuis au moins 1 mois, avec des surdités allant de normale à moyenne de grade II.

Critères d'exclusion : Les sujets ayant une pathologie du conduit auditif externe, ceux dont la langue française n'est pas maîtrisée ou qui rencontrent des difficultés pour participer aux tests.

› Protocole

Pour réaliser cette étude expérimentale, les patients ont été recrutés par appel téléphonique, sur la base des données du centre AUDILAB à Lyon 9^{ème} ou lors des rendez-vous de contrôles réalisés avec Mme PHILIBERT. 34 patients (2 patients ont été recrutés en plus mais n'ont pas pu faire partie de l'étude l'un avait des appareils de marques différentes et le second n'a pas réussi à terminer les tests) dont dix-neuf hommes et quinze femmes, âgés de 50 à 82 ans, donc d'une moyenne d'âge de 70 ans avec un écart type de 8,8 ans, tous de nationalité française ont pu participer à l'étude.

Ils étaient appareillés depuis en moyenne trois ans (écart type de 2 ans), avec une moitié en dôme ouvert et une autre moitié en dôme fermé. La perte tonale moyenne sur l'oreille droite et sur l'oreille gauche est d'environ 40 dB HL avec un écart type de 10 dB HL avec des surdités allant de normales à moyennes de grade II.

Les sujets étudiés avaient principalement des aides auditives de classe 2 (deux sujets étaient appareillés avec du classe 1). Les marques utilisées sont du groupe Prodition avec Oticon et Bernafon (21 sujets avec du Oticon et 13 sujets avec du Bernafon), le temps de port des aides auditives est d'en moyenne 9h par jour. La moyenne des audiogrammes en champ libre, avec aides auditives et sans réducteurs de bruit montre que l'audition est restaurée mais

qu'il persiste une perte légère. Lors de la passation des tests, il est expliqué à chaque patient les tests qui vont être réalisés et le but de la démarche, afin de recueillir un consentement oral éclairé.

Les patients sont venus une seule fois et ont passé l'intégralité des tests. Un environnement de confiance est installé en demandant comment se passe l'appareillage et si les appareils sont bien portés. Un entretien complet des aides auditives est fait : nettoyage des microphones, écoute au stéthoscope, changement des filtres et des dômes si besoin. Concernant le passage en chaîne de mesure, il était fait une fois par an, afin d'avoir les résultats les plus cohérents possibles, la marque est renseignée ainsi que la classe de l'appareil et le type.

Audiométrie dans le silence

Une otoscopie est réalisée afin de vérifier que les oreilles du sujet ne soient pas encombrées ou qu'il n'y ait pas d'otite. Ils subissent une audiométrie standard tonale aux inserts, aux fréquences 0,125, 0,25, 0,5, 1, 1,5, 2, 3, 4, 6 et 8 kHz.

Test ACT

Ensuite, les sujets réalisent le test ACT, toujours aux inserts : ils entendent en continu du bruit et il faut appuyer sur la poire uniquement lorsqu'ils entendent une sonnerie, qui sera plus ou moins forte. Avant de débiter le test, les consignes sont données aux patients et, afin de vérifier qu'elles sont bien comprises, un entraînement est réalisé en leur faisant écouter d'abord le bruit seul, la sonnerie seule et les deux mélangés. Ensuite le test à proprement parler débute, selon la procédure suivante :

- Si le patient entend la sonnerie et appuie sur la poire un point noir apparaît, nous diminuons la sonnerie de deux pas.
- Si le patient n'entend pas la sonnerie et n'appuie pas sur la poire un point blanc apparaît, nous augmentons la sonnerie d'un pas.

Les valeurs sont comprises entre -4 et 16 dB nCL. Le test est répété une seconde fois ; les deux scores sont notés ACT1 et ACT2. Une fois les données récoltées, les inserts peuvent être retirés.

Gain en champ libre avec les aides auditives

Les appareils sont connectés sur le logiciel fabricant afin de retirer tous les réducteurs de bruits. Un gain prothétique est réalisé sur les fréquences comprises entre 0,125 et 8 kHz

Tests FraMatrix et questionnaires

Les sujets remplissent le questionnaire SSQ15 afin d'obtenir une réponse subjective des sujets ; nous

leur demandons également de noter sur dix leur gêne dans le bruit. Pendant ce temps, FraMatrix est paramétré avec vingt phrases par bloc (60 phrases au total à répéter, bruit direct en continu et parole fixe à 65 dB SPL). Pour ce test, nous expliquons au sujet qu'il devra répéter ce qu'il comprend, qu'il s'agisse d'un ou plusieurs mots de la phrase. Une fois les consignes bien comprises, le test est lancé, il sera réalisé 3 fois avec une 1er liste et recherche du SIB70 (noté SIB70_1), une 2^{ème} avec recherche du SIB50 (noté SIB50), et une dernière avec recherche du SIB70 (noté SIB70_2). Les résultats de chaque patient sont reportés dans le tableau Excel. Le test se déroule avec les aides auditives et avec les réducteurs de bruit désactivés.

Mesures et méthodes pour répondre aux objectifs

Objectif 1 : Comparaison ACT2 et SIB70_2

Objectif 2 : Comparaison ACT2 et SIB50

Objectif 3 : Comparaison entre la moyenne des scores ACT et la moyenne de SIB50 et SIB70_2

Objectif 4 : Comparaison entre ACT1 et ACT2

Objectif 5 : Comparaison des différentes mesures faites avec FraMatrix

Objectif 6 : Comparaison des mesures ACT et FraMatrix avec le questionnaire SSQ15

RÉSULTATS

Corrélation entre ACT2 et SIB70_2

Nous réalisons une corrélation entre ACT2 et SIB70_2 afin de savoir si un lien existe entre les deux tests. L'analyse de corrélation ne montre pas de relation entre le test ACT2 et le SIB70_2 ($R^2=0,015$; $p=0,64$). Le SIB70_2 ayant été mesuré en 3^{ème} liste, les patients étaient peut-être fatigués par la batterie de tests. Nous allons maintenant étudier le lien avec le SIB50.

Corrélation entre ACT2 et SIB50

L'analyse de corrélation ne montre pas de relation entre le test ACT et le SIB50 ($R^2=0,03$; $p=0,307$). Nous poursuivons l'étude du lien entre la moyenne des résultats ACT et la moyenne de SIB50 et SIB70_2. L'analyse montre qu'il n'existe pas de lien entre les résultats ACT et la moyenne de SIB50 et SIB70_2 ($R^2=0,039$; $p=0,26$) (figure 1).

Nous étudions maintenant la reproductibilité des mesures ACT et SIB70.

Comparaison entre ACT1 et ACT2
Nous allons maintenant comparer les résultats obtenus à ACT lors des deux passations. Une analyse de corrélation montre qu'il existe une corrélation modérée entre ACT1 et ACT2 ($R^2=0,51$; $p < 0.001$).

Comparaison entre SIB70_1 et SIB70_2
Une analyse de corrélation montre qu'il existe une relation modérée entre SIB70_1 et SIB70_2 ($R^2=0,507$; $p < 0.001$).

Comparaison entre SIB50 et SIB70 (figure 2)
Sachant que la première liste du FraMatrix est une liste d'entraînement, nous comparons SIB 50 et SIB70_2. Notre analyse montre une corrélation modérée entre SIB 50 et SIB70_2 ($R^2=0,402$; $p < 0.001$). Nous étudions également le lien entre les résultats aux tests ACT et le ressenti du patient, mesuré par le questionnaire SSQ15.

L'analyse de corrélation ne montre pas de relation entre le test ACT2 et les différentes parties du questionnaire SSQ15, ainsi que le score de gêne dans le bruit (Parole : $R^2=0,0224$; $p=0,27$; spatiale : $R^2=0,0205$; $p=0,445$; qualité : $R^2=0,0048$; $p=0,624$ et gêne : $R^2=0,0494$; $p=0,304$).

L'analyse de corrélation ne montre pas de relation entre le SIB50 et les différentes parties du questionnaire SSQ15, ainsi que le score de gêne dans le bruit (Parole : $R^2=0,03$; $p=0,17$; spatiale : $R^2=0,013$; $p=0,087$; qualité : $R^2=0,08$; $p=0,034$ et gêne : $R^2=0,005$; $p=0,7$).

L'analyse de corrélation ne montre pas de relation entre le SIB70_2 et les différentes parties du questionnaire SSQ15, ainsi que le score de gêne dans le bruit (Parole : $R^2=0,093$; $p=0,147$; spatiale : $R^2=0,073$; $p=0,253$; qualité : $R^2=0,128$; $p=0,080$ et gêne : $R^2=0,0033$; $p=0,824$).

CONCLUSION

Conclusion générale

Cette étude avait pour objectif de comparer le test ACT, qui s'appuie sur des détectations de modulations spectro-temporelles, avec le test normé FraMatrix, deux approches d'évaluation de la compréhension dans les environnements bruyants. Nos analyses ne montrent pas de lien statistique entre les deux tests. Notre conclusion est que ACT ne peut pas prétendre à remplacer le test normé FraMatrix. Il est possible que ces deux tests n'exigent pas la même partie cognitive.

Information utile pour le réseau Audilab

En l'état, je ne pense pas que le mémoire puisse aider d'autres audioprothésistes. Le test ACT reste tout de même intéressant, en complément du FraMatrix.

Suite éventuelle

Je pense qu'il serait intéressant de comparer les performances au FraMatrix chez des patients appareillés, en comparant le réglage fait sans prendre en compte le score ACT, et celui fait en suivant les recommandations des réducteurs de bruit basées sur le score ACT.

Figure 1 - Nuage de points représentant les moyennes des scores ACT en fonction des moyennes des SIB (FraMatrix)

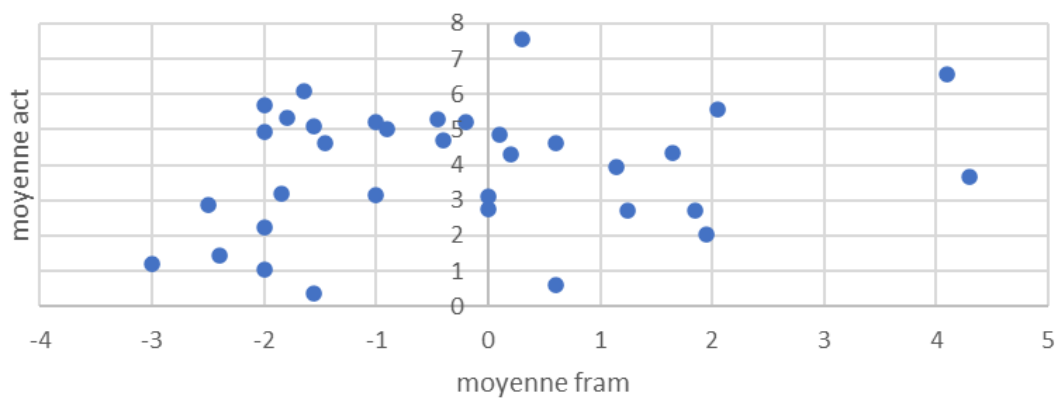
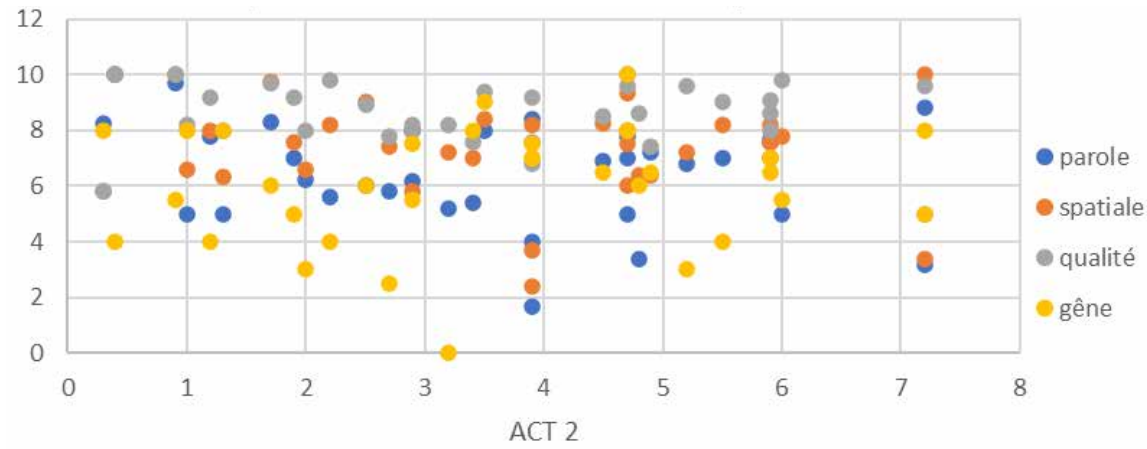


Figure 2 - Nuage de points représentant les scores ACT2 en fonction des scores aux différents questionnaires



Étude de l'effet des "capteurs d'intention" sur la compréhension en milieu bruyant

8

STAGIAIRE:
William LE DEVEHAT

ÉCOLE:
IIFA La Musse

MAITRE DE STAGE:
Cécile CHRISTIN

LIEU DE STAGE:
Audilab Rennes

DATES DU STAGE:
Du 6 septembre 2024
au 30 juin 2025

CONTEXTE

Nouveaux appareils Prodition sortis en 2025 : Intent (Oticon) et Encanta (Bernafon), munis de capteurs de mouvements, aussi appelés capteurs d'intention.

OBJECTIFS

Explorer l'efficacité de ces capteurs d'intention, en particulier leur impact sur la discrimination dans le bruit.

MÉTHODOLOGIE

› Type d'étude

Etude prospective transversale.

› Participants

Nombre total de sujets prévu : 40

Critères d'inclusion :

- Age supérieur à 18 ans.
- Perte bilatérale de légère à sévère.
- Utilisation d'aides auditives et réussite d'appareillage depuis au moins 6 mois.
- Data Logging supérieur à six heures par jour sur les six derniers mois.

Critères d'exclusion :

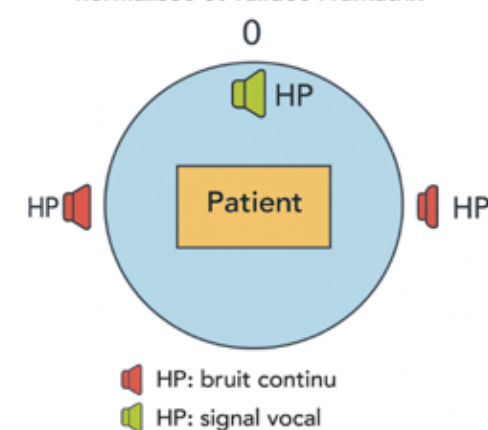
- Trouble cognitif connu qui entraînera une mauvaise compréhension des consignes ou un test dans le bruit trop compliqué.
- Perte unilatérale, qui compromet les chances de réussites dans un environnement bruyant.
- Data Logging inférieur à six heures sur les six derniers mois.

› Protocole

Les tests suivants ont été réalisés lors d'une seule session :

- Adaptation d'une paire d'oticon Intent 1 configurée avec le préréglage DSL 5, ajusté avec la REM, avec des double dômes.
- REOR / REAR
- Framatrix : tête immobile, bruit diffus (signal de parole fixe à 65 dB SPL sur HP 0°, Bruit sur HPs G et D à 45°). 1 liste de 20 phrases d'entraînement sans appareils. 1 Liste de 20 phrases de test avec capteurs activés. 1 Liste de 20 phrases de test avec capteurs désactivés (2 dernières listes randomisées).

Disposition des HP pour l'étude normalisée et validée FraMatrix

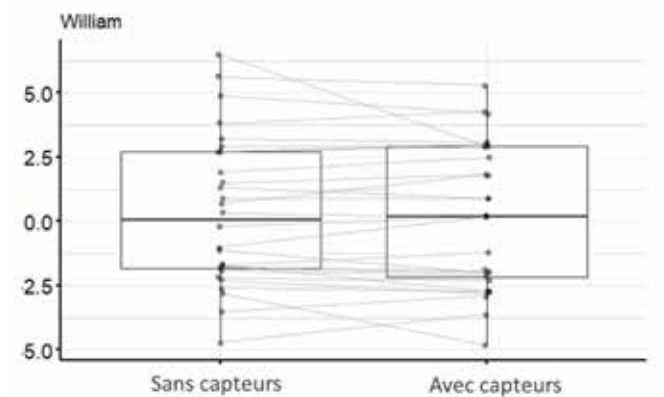


› Mesures et méthodes pour répondre aux objectifs

Comparaison du SIB50 au framatrix avec les capteurs activés vs avec les capteurs désactivés.

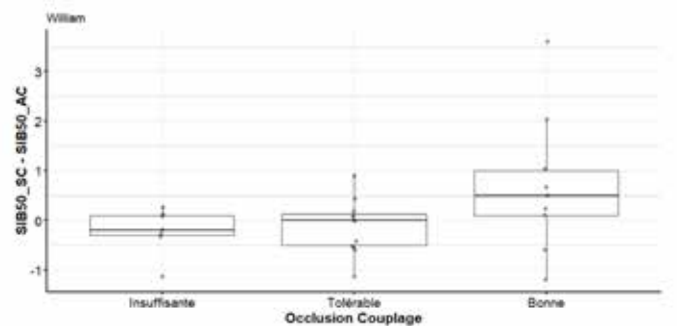
RÉSULTATS

En moyenne, nous ne trouvons pas de différence notable entre les résultats sans capteurs et avec capteurs.



La différence SIB50 sans capteurs – SIB50 avec capteurs est elle associée à une variable en notre possession ?

- N'est pas associée au genre, à la PTM, à l'âge.
- Au couplage acoustique ?



Les résultats montrent que les patients bénéficiant d'un couplage jugé "bon" sont ceux qui ont en moyenne la meilleure amélioration du SIB50 avec les capteurs.

CONCLUSION

› Conclusion générale

Les capteurs d'intentions semblent avoir un impact sur la compréhension dans le bruit pour les patients ayant un couplage acoustique obturant bien leur conduit auditif externe.

› Information utile pour le réseau Audilab

Ce mémoire montre une nouvelle fois l'importance d'un bon couplage acoustique pour profiter au maximum des réducteurs de bruit proposés par les fabricants. Je pense que ce travail peut aider d'autres audioprothésistes dans leur pratique quotidienne. Il apporte un éclairage sur l'impact réel de l'intelligence artificielle embarquée (notamment via les capteurs 4D) dans les aides auditives Oticon Intent, en conditions cliniques. Il montre aussi l'importance du couplage acoustique, souvent sous-estimé, dans l'efficacité de l'IA.

› Remarques diverses

Il aurait été intéressant d'administrer un questionnaire, en complément des mesures de bénéfice clinique.

› Suite éventuelle

Il pourrait être intéressant de quantifier l'occlusion de manière plus transparente (dans ce travail, c'est un algorithme d'IA qui a fait le classement en trois catégories).

Réévaluation de la norme du test Framatrix dans les conditions d'exercice courantes des audioprothésistes

9

AUTEURS :

Justine de BAGLION
de la DUFFERIE,
Audilab Alençon

Julie BESTEL,
Audilab Versailles,
Audilab Ressources

Martin CHAVANT,
Audilab Marseille,
Audilab Ressources

INTRODUCTION

Cet article s'appuie sur l'étude réalisée par Justine de Baglion, dans le cadre de son mémoire de 3^e année [1], sous la direction du comité scientifique d'Audilab.

Il s'agit d'étudier en détails les résultats de 44 sujets normo-entendants testés avec FraMatrix dans deux conditions : au casque en monaural et en champ libre avec un haut-parleur au plafond. La motivation vient de la lecture attentive de l'article ayant servi à établir la "norme" au FraMatrix, dans des conditions qui ne sont jamais celles appliquées en cabinet d'audioprothèse. Quelle est alors la norme quand on se place dans celles-ci ? C'est ce que nous explorons dans ce qui suit.

› Rappels sur FraMatrix

La mesure de l'audition par un audioprothésiste se compose principalement de trois tests subjectifs : l'audiométrie tonale (AT), l'audiométrie vocale dans le silence (AVS), et l'audiométrie vocale dans le bruit (AVB).

Si les audiométries tonale et vocale dans le silence sont entrées dans la pratique courante depuis de nombreuses années, l'audiométrie vocale dans le bruit est réalisée depuis moins longtemps. Depuis la mise à jour du décret régissant la profession d'audioprothésiste en 2018 [14], l'AVB devient obligatoire dans le suivi des patients appareillés, et conditionne l'accès à un remboursement d'appareillage chez des personnes présentant un score "anormal" à la vocale dans le bruit (écart de 3 dB par rapport à la "norme") et des scores "normaux" à la tonale et à la vocale dans le silence.

Contrairement à l'audiométrie tonale, qui se réalise selon un standard bien établi, différents paramètres peuvent influencer sur le résultat à un test d'AVB :

- choix du signal de parole : langue, mots ou phrases impliquant plus ou moins de suppléance mentale) ;
- choix du bruit (bruit stable type blanc ou filtré, bruit plus écologique comme l'OVG) ;
- choix du signal dont l'intensité varie : niveau de parole fixe ou niveau de bruit fixe.

Ainsi, il existe plusieurs tests d'AVB reconnus scientifiquement en France : FraMatrix, VRB et HINT pour citer les 3 principaux [3] [4] [6] [8] [9] [10]. Nous nous intéressons dans cet article à FraMatrix, largement utilisé par les audioprothésistes en France. Il s'agit de la version française du test "Oldenburg Sentence Test", présenté en 2012 dans l'article de Jansen et al [8]. Il consiste à présenter des phrases de même structure (prénom, verbe, chiffre, nom commun, couleur) en présence d'un bruit stationnaire filtré représentant le spectre à long terme de la parole (Bruit LTASS, [11]). C'est un test adaptatif, c'est à dire que le rapport signal sur bruit (RSB) pour une phrase donnée est déterminé en fonction du nombre de mots correctement répétés lors de la phrase précédente (si les réponses sont majoritairement bonnes, alors le RSB diminue pour la phrase suivante, et inversement). Le résultat de la procédure est en général le SIB50 : "Seuil d'Intelligibilité dans le Bruit à 50%", c'est-à-dire le RSB pour lequel le patient répète en moyenne la moitié des items. Les versions disponibles actuellement permettent également de rechercher le SIB 70, le SIB80, ou encore la pente au SIB50.

Dans la suite nous ne traiterons que du SIB50 au FraMatrix, puisque c'est cet indicateur qui fait référence pour établir qu'une personne est gênée "uniquement dans le bruit".

› Établissement de la norme du FraMatrix

La valeur de la norme est nécessaire pour situer la performance d'un sujet par rapport à la performance d'un "normo-entendant". De plus, comme expliqué précédemment, sa valeur précise est utilisée pour établir qu'une personne est éligible à un appareillage, selon le 3^e critère figurant dans le décret 2018 [14].

La norme du SIB50 actuellement utilisée en France est celle établie dans [8], à partir d'une étude faite chez 20 sujets normo-entendants. Les paramètres étaient les suivants :

- Niveau de bruit fixe à 65 dB SPL
- Signaux de bruit et voix délivrés au casque, en monaural (du côté de l'oreille ayant la meilleure PTM)

Cette valeur normale est de -6.0 dB RSB (écart type de 0,6 dB RSB).

Or, une lecture attentive de l'article montre que cette norme a été établie dans des conditions très différentes de celles pratiquées en cabine chez l'audioprothésiste. La première différence réside dans le transducteur utilisé. Les participants de [8] passent le test au casque sur une seule oreille, celle ayant le meilleur score d'audiométrie tonale. Or les audioprothésistes administrent FraMatrix en champ libre, notamment pour quantifier le bénéfice avec appareils (nous étayerons cette observation dans la partie 2.1).

La deuxième différence réside dans la manière de calculer le SIB50. Dans [8], la norme du SIB50 est estimée à l'issue de deux étapes (voir la Figure 1) :

1. Dans un premier temps, les participants passent 6 listes de 20 phrases suivant une procédure adaptative, dans le but d'évaluer la reproductibilité du test. Les données montrent une amélioration lors des 3 premières listes, puis une stagnation à partir de la 4^{ème} liste, jusqu'à la 6^{ème} liste, suggérant un effet d'apprentissage pendant les 3 premières listes.

2. Dans un deuxième temps, les participants passent 28 listes de 10 phrases. Cette fois, les listes ne sont pas présentées selon une procédure adaptative. Chaque liste est administrée avec un RSB fixe, qui peut prendre 4 valeurs (-8, -6.5, -5, -3.5 dB), dans le but de tracer une courbe psychométrique. Pour chaque participant, le SIB50 est ensuite estimé en fonction des résultats de ces 28 listes.

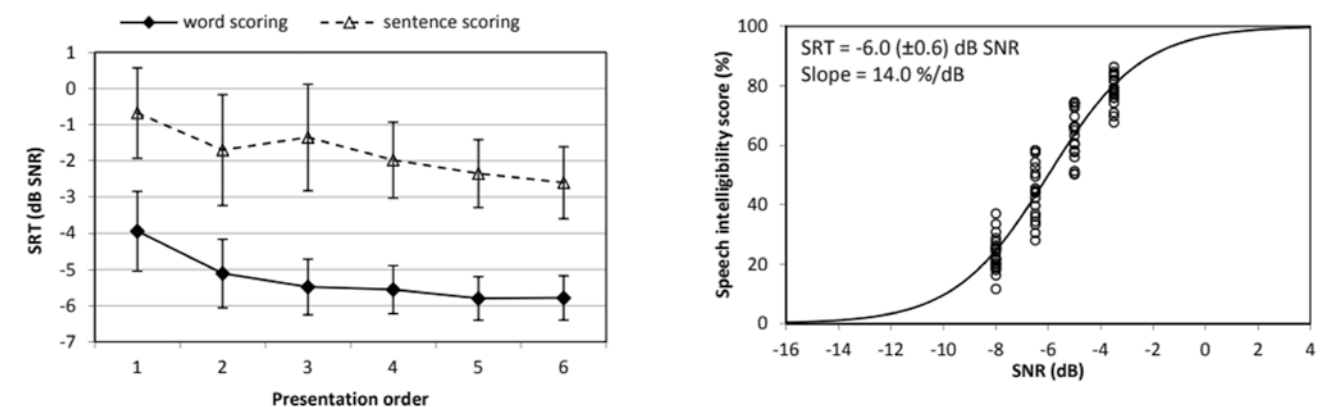


Figure 1 : schémas extraits de [8].

À gauche, les valeurs moyennes SIB50 pour les 6 doubles listes, avec procédure adaptative, afin de mesurer la reproductibilité du test (seule la courbe noire nous intéresse car elle correspond à un score en nombre de mots). À droite, les 28 listes à RSB fixes permettent de tracer la courbe psychométrique et d'extraire le SIB50 - Ref à la Figure 1.

À la fin de ces deux étapes, chaque participant a donc passé 40 listes de 10 phrases (en suivant une procédure adaptative pour les 12 premières et avec des RSB fixes pour les 28 listes restantes) et le SIB50 est estimé. Il est impossible pour un audioprothésiste de suivre cette procédure en pratique courante, et il nous paraît non souhaitable de l'imposer à des patients (temps, fatigue). La pratique courante est d'administrer 3 listes de 20 phrases, avec ma procédure adaptative garante de la fiabilité de la mesure, et de retenir le SIB50 mesuré lors de la 3^{ème} liste comme "vraie" valeur.

Pour résumer, les audioprothésistes comparent leur résultat au FraMatrix en champ libre avec une norme établie au casque en monaural, sur une population ayant passé un nombre de listes bien plus important que ce qu'ils font.

› Objectifs de l'étude

L'objectif principal de cette étude est de réévaluer la norme pour le FraMatrix selon les conditions de passation chez les audioprothésistes, à savoir en champ libre et pour un nombre de listes raisonnable. Les objectifs secondaires sont la comparaison entre la valeur moyenne de SIB50 mesurée au casque en monaural et en champ libre, et la comparaison avec l'article faisant référence pour la norme du FraMatrix [8].

MATÉRIELS ET MÉTHODES

› Préambule : enquête auprès des audioprothésistes

Un questionnaire a été adressé à 92 audioprothésistes concernant leur pratique du FraMatrix, qui comprenait notamment les questions suivantes :

1. Utilisez-vous régulièrement le test FraMatrix dans votre pratique quotidienne ?
2. Si oui, dans quelles conditions utilisez-vous principalement le test FraMatrix : champ libre, casque ?
3. Si vous utilisez le FraMatrix en CL, avec quelle configuration de HP : un seul azimut 0° ou plusieurs (3, 5) ?

Les réponses ont montré que 96,7% des 92 audioprothésistes interrogés utilisaient FraMatrix de manière régulière. L'intégralité d'entre eux l'utilisait en champ libre. Parmi eux, 89,1% l'utilisaient avec 1 HP à azimuth 0° tandis que 10,9% l'utilisaient avec plusieurs HP. Ces observations, non surprenantes, nous ont confortés dans la nécessité de mener cette étude.

Matériel audiométrique

Les tests ont été réalisés dans 4 cabines insonorisées différentes, dans lesquelles était installé un haut-parleur, au plafond, en face du sujet (Elipson). Le casque audiométrique utilisé était un TDH39PA avec écouteurs Peltor. L'audiomètre utilisé pour administrer les tests était soit une Affinity 2.0 soit une Affinity Compact.

Protocole

- Les sujets ont été testés au cours d'une même session :
- Audiométrie tonale au casque
 - Audiométrie vocale dans le silence, au casque (listes cochléaires de Lafon)
 - Audiométrie vocale dans le bruit (FraMatrix)

En tonale, les seuils de détection pour les fréquences allant de 250 Hz à 8000 Hz par demi-octaves ont été relevés. La perte tonale moyenne (PTM) pour chaque oreille était ensuite calculée en prenant la moyenne des seuils sur les fréquences 500, 1000, 2000 et 4000 Hz.

L'audiométrie vocale dans le bruit a donc été réalisée avec le test FraMatrix, sujet de cette étude. Comme il s'agit de comparer les résultats avec un seul transducteur — haut-parleur azimuth 0° (CL) ou casque monaural (CA) —, nous avons proposé d'administrer 4 listes de 20 phrases (on parle aussi de 4 "doubles-listes") dans les conditions suivantes :

- 2 premières listes en CL, considérées comme listes d'"entraînement" ;
- puis 2 listes en sélectionnant aléatoirement la 3^e soit au casque, soit en CL, et la 4^e avec la condition non testée en 3^e liste.

La condition au casque en monaural était faite du côté ayant la meilleure PTM (voix et bruit envoyés de ce côté), comme dans l'étude [8]. Le protocole est illustré sur la Figure 2.

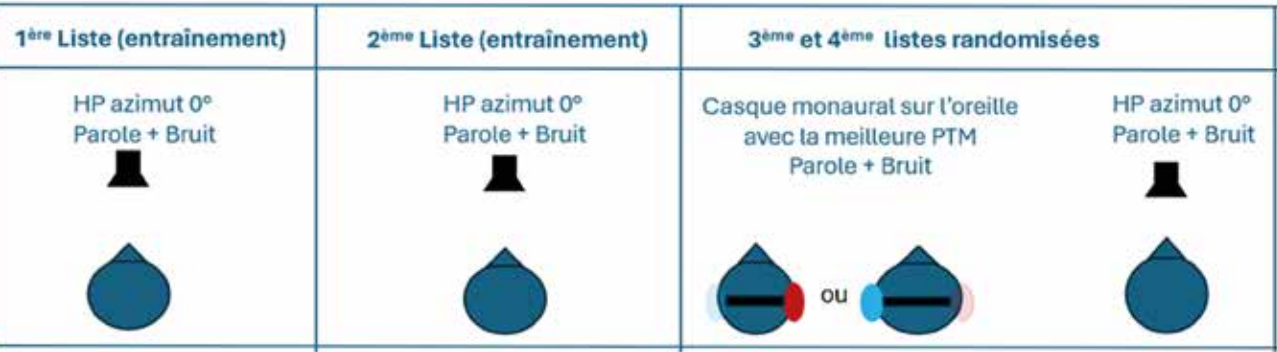


Figure 2 : Conditions d'administration des 4 listes de 20 phrases utilisées dans notre protocole

RÉSULTATS

Description de l'échantillon étudié

Les sujets ont été recrutés parmi les collègues, amis et connaissances de l'étudiante. Ainsi, 32 femmes et 12 hommes ont été informés de l'étude et ont accepté d'y participer. Leurs résultats en tonale et vocale au casque sont rassemblés dans le Tableau 1.

	Age	PTM_OD	PTM_OG	SRT OD	SRT OG
Médiane	22.0	8.2	7.5	17.9	16.3
Moyenne	23.6	7.9	7.1	18.9	17.9
IC supérieur de la moyenne 95%	24.6	9.0	8.2	21.3	20.2
IC inférieur de la moyenne 95%	22.5	6.7	6.0	16.6	15.5
Écart type	3.5	3.7	3.7	7.8	7.8

Tableau 1 : Statistiques descriptives de la population normo-entendante étudiée. PTM = Perte Tonale Moyenne. OG = Oreille Gauche, OD = Oreille Droite. SRT = Seuil d'intelligibilité à 50% dans le silence (Listes cochléaires de Lafon). L'âge est exprimé en années, et les PTM et SRT sont exprimés en dB HL

Effet de l'ordre de passation CL/casque

Nous avons contrôlé le facteur "ordre" de passation entre les 3^e et 4^e listes, qui étaient effectuées au casque ou en CL, avec un tirage aléatoire de l'ordre de passation. Ainsi, 21 sujets ont fait la 3^e liste en CL puis la 4^e liste au casque, et 23 sujets ont fait ces deux listes dans l'ordre inverse.

	SIB50 CL		SIB50 CA	
	CL/CA	CA/CL	CL/CA	CA/CL
Valide	21	23	21	23
Médiane	-5.1	-5.0	-5.3	-5.1
Moyenne	-5.4	-4.9	-5.5	-5.1
IC supérieur de la moyenne 95%	-4.8	-4.4	-5.0	-4.8
IC inférieur de la moyenne 95%	-6.0	-5.4	-6.0	-5.5
Écart type	1.4	1.1	1.1	0.9
Minimum	-8.5	-7.3	-7.8	-7.5
Maximum	-3.5	-2.7	-4.2	-3.9

Tableau 2 : Statistiques descriptives des SIB50 en CL et au Casque, en fonction de l'ordre d'administration : soit CL pour la 3^e liste et au casque pour la 4^e (CL/CA), soit l'inverse (CA/CL)

Afin d'examiner l'effet d'ordre sur les SIB50 au casque, nous comparons les SIB50 dans cette condition en fonction de la variable binaire "Ordre", qui peut prendre les deux modalités : "CL/CA" ou "CA/CL". Comme il y a moins de 30 sujets dans chacun des 2 groupes ainsi constitués, nous devons d'abord étudier la normalité de la distribution des SIB50 CA. Le test de Shapiro-Wilk donne une p-value supérieure à 0,05 pour les deux distributions SIB50CA, donc nous pouvons effectuer un t-test pour comparer les deux ordres. La p-value du t-test est de 0,2, donc >> 0,05. Nous en concluons qu'il n'existe pas de différence statistiquement significative entre les moyennes de SIB50 au casque en fonction de l'ordre d'administration : casque ou CL.

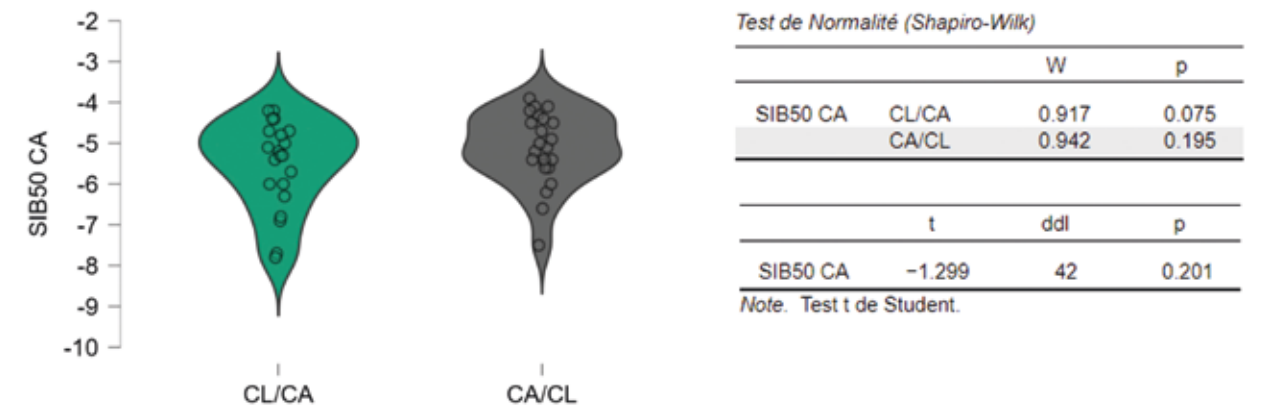


Figure 3 : Violin plots montrant l'étendue des valeurs de SIB50 au casque, pour les deux ordres de passation possibles. Test de Normalité et résultat du T-test de comparaison de moyennes des SIB50 selon l'ordre d'administration CL/CA ou CA/CL

De même, pour l'effet d'ordre sur les SIB50 en CL : le test de Shapiro-Wilk donne une p-value inférieure à 0,05 pour la distribution des SIB50_CL pour l'ordre CL/CA, donc nous devons effectuer un test non paramétrique pour comparer les SIB50_CL entre les deux ordres. La p-value donnée par le test de Mann-Whitney est de 0,3 ; on considère donc que les SIB50 en CL ne sont pas impactés par l'ordre de passation.

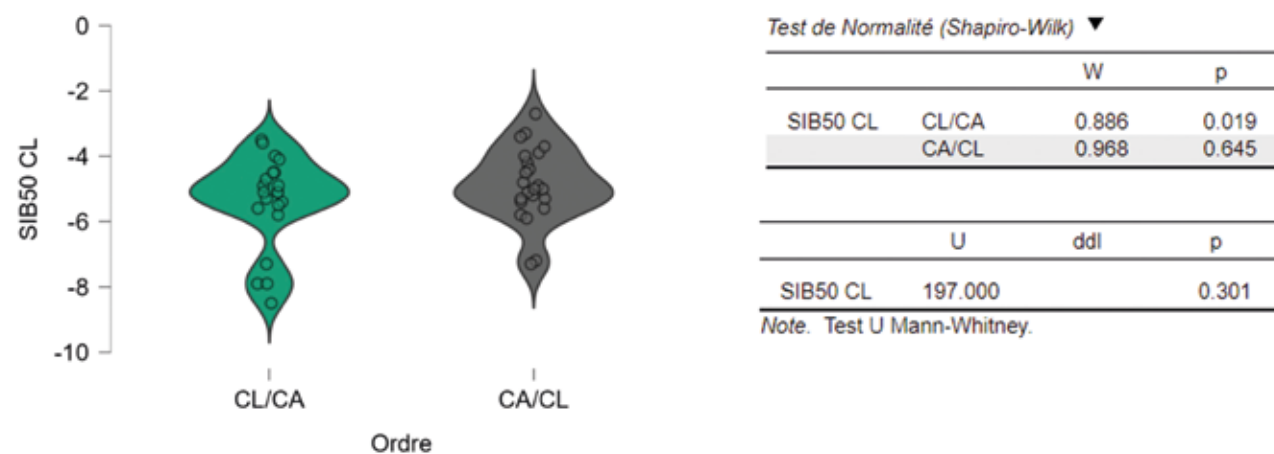


Figure 4 : Violin plots montrant l'étendue des valeurs de SIB50 au casque, pour les deux ordres de passation possibles. Test de Normalité et résultat du test de Mann-Whitney de comparaison des "rangs" de SIB50 selon l'ordre d'administration CL/CA ou CA/CL

En conclusion, il n'y a pas de différence statistiquement significative entre les moyennes des SIB50 au casque selon qu'il s'agit de la 3^e ou la 4^e liste, et il n'y a pas de différence de médianes de SIB50 en fonction de l'ordre. Nous pouvons donc nous affranchir de l'information d'ordre de passage CL/CA entre la 3^e et la 4^e liste, et "mélanger" tous les résultats de SIB50 en CL et tous les SIB50 au casque. Dans la suite nous parlons donc de SIB_CL et de SIB_CA sans mention de l'ordre (3^e ou 4^e liste).

Reproductibilité et effet d'entraînement

Nous présentons dans le tableau 3 les statistiques descriptives sur les valeurs de SIB50 pour les 4 listes : 2 listes d'entraînement puis les listes en CL et au casque.

	SIB50 (1)	SIB50 (2)	SIB50 CL	SIB50 CA
Médiane	-3.3	-4.8	-5.0	-5.2
Moyenne	-3.7	-4.8	-5.1	-5.3
IC supérieur de la moyenne 95%	-3.1	-4.4	-4.7	-5.0
IC inférieur de la moyenne 95%	-4.2	-5.2	-5.5	-5.6
Écart type	1.7	1.3	1.3	1.0
Minimum	-8.2	-8.3	-8.5	-7.8
Maximum	0.3	-1.8	-2.7	-3.9

Tableau 3 : statistiques descriptives des SIB50 pour les 4 listes

Nous allons commenter plus en détail l'évolution des SIB50 au cours des listes, mais nous pouvons déjà remarquer que les valeurs médianes et moyennes se stabilisent dès la 2^e liste, avec des différences entre la 2^e et la 3^e liste de 0,2 à 0,3 dB. Entre les moyennes et les médianes des listes CL et Casque, la différence est de 0,2 dB. Il faut aussi remarquer que l'étendue des valeurs possibles, alors qu'il s'agit de 44 normo-entendants, reste importante, puisque le minimum atteint est de -8,5 dB en CL et de -7,8 dB au casque, et que le maximum est de -2,7 dB en CL et de -3,9 dB au casque. Ces évolutions individuelles sont illustrées par le schéma A de la Figure 5.

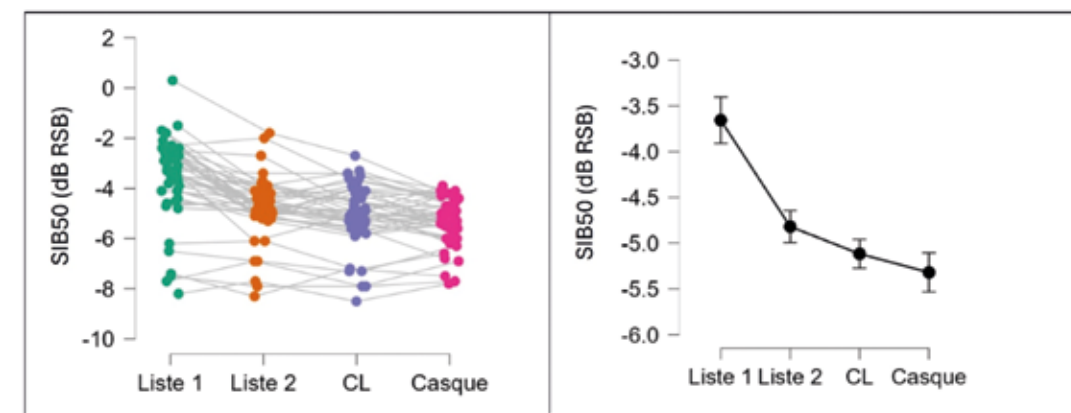


Figure 5 : A. Valeurs individuelles des SIB50 pour les 4 listes. B. Moyennes et Intervalles de confiance à 95% autour de la moyenne pour les 4 listes (CL : Champ Libre).

Cela montre, et ce n'est pas nouveau lorsque l'on s'intéresse au sujet, que définir une "norme" reste un problème mal posé, et qu'il faut plutôt parler de référence, tant la variabilité est importante chez le normo-entendant.

Pour donner une valeur statistique à l'évolution des SIB50 moyens à travers les listes, nous effectuons une ANOVA à un facteur répété : le numéro de liste. Comme le nombre de sujets est supérieur à 30 pour chaque liste, nous pouvons faire une ANOVA paramétrique sans vérifier de condition particulière sur la distribution des données.

La p-value associée est < 0,001 ; il existe donc au moins deux moyennes de SIB50 statistiquement différentes. Pour examiner chaque paire, nous réalisons un test post-hoc (Bonferroni), dont le résultat est présenté dans le tableau Tableau 4.

		Différence moyenne	ES	t	Pholm
Liste 1	Liste 2	1.2	0.2	7.5	< .001
	CL	1.5	0.1	10.4	< .001
	Casque	1.7	0.2	9.1	< .001
Liste 2	CL	0.3	0.1	2.6	2.6×10 ⁻²
	Casque	0.5	0.1	4.1	< .001
CL	Casque	0.2	0.1	1.6	0.1

Note. Valeur p ajustée pour comparer une famille de 6

Tableau 4 : Tests Post-Hoc (Bonferroni) pour étudier les différences de SIB50 (dB RSB) moyen pour chaque paire de listes. Toutes les différences sont statistiquement significatives au seuil de 5%, à l'exception de la paire CL/Casque

Au seuil de 5%, toutes les différences de moyennes de SIB50 prises deux à deux sont statistiquement significatives, sauf pour la paire Casque/Champ libre, qui donne une p-value corrigée (p_{Holm}) de 0,1. Il nous semble important de commenter les différences de moyennes obtenues : il se passe vraisemblablement "quelque chose" entre la liste 1 et la liste 2, puisque le SIB50 moyen s'améliore de 1,2 dB, ce qui peut représenter une différence cliniquement significative. Entre la liste 2 et la liste en CL, la différence de moyenne de SIB50 est de 0,3, ce qui n'a pas, selon nous, de sens clinique. Entre la liste 2 et la liste CA, il existe une différence moyenne de 0,5 dB, ce qui nous paraît toujours faible cliniquement. Enfin, entre la liste CL et la liste CA, il n'y a pas de différence statistiquement significative.

Comparaison avec les résultats de [8]

Ces résultats sont cohérents avec ceux de Jansen et al., qui montrent une amélioration statistiquement significative du SIB50 d'environ 1 dB entre la 1^{ère} et la 2^e liste, puis une autre amélioration statistiquement significative du SIB50 d'environ 0,4 dB entre la 2^e et la 3^e liste.

› Comparaison des SIB50 en champ libre et au casque en monaural

Nous nous intéressons maintenant aux deux SIB50 : CL et CA. Nous avons extrait du Tableau 3 les moyennes, IC95% autour de la moyenne, et les médianes (44 sujets).

Condition	Valeur moyenne	IC95% autour de la moyenne	Valeur médiane
Champ libre	-5,1	[-5,5 ; -4,7]	-5
Casque (monaural)	-5,3	[-5,6 ; -5]	-5,2

Tableau 5 : moyenne, IC95% autour de la moyenne et médiane des SIB50 en dB RSB pour les listes en CL et au casque

Première constatation : la norme en CL est égale à la norme au casque monaural

Il est remarquable de constater que les valeurs moyennes au casque et en CL sont très proches : différence de 0,2 dB, non statistiquement significative, ni cliniquement pertinente. La même différence de 0,2 dB existe entre les médianes des SIB50 dans les deux conditions. Les intervalles de confiance à 95% autour de la moyenne reflètent une faible variabilité des données autour de la moyenne, et fournissent donc un encadrement très utile en pratique. Nous reviendrons sur l'importance de donner un encadrement à la valeur moyenne dans la discussion.

Comparaison avec les résultats de [8]

Aucun des intervalles de confiance du Tableau 5 ne contient la valeur – 6 couramment utilisée comme norme. Pour la condition “casque”, même transducteur que dans [8], nous trouvons une valeur moyenne de -5,3, a priori “différente” de la valeur de -6 (différence de 0,7 dB). Afin de les comparer statistiquement, nous effectuons un T-test de comparaison à une valeur de référence, qui donne un résultat “statistiquement significatif” (p << 0,001). Pour la condition CL, nous trouvons une différence encore plus statistiquement significative, avec un écart de 0,9 dB RSB, ce qui nous semble non négligeable en clinique (voir la partie 4). Nous concluons donc que la norme issue de [8] et celle issue de notre étude sont statistiquement différentes. L'interprétation clinique sera plus largement discutée dans la partie 4.

› Étude de la norme établie en champ libre

Effet de la cabine sur le SIB50 en CL

Comme les tests ont été réalisés dans 4 cabines, il convient d'étudier un potentiel biais introduit par le fait qu'il n'y a pas qu'une cabine. Nous reprenons les valeurs de SIB50 CL en les catégorisant selon la variable “Cabine”. Les valeurs sont rassemblées dans le tableau.

	SIB50 CL			
	Cab 1	Cab 2	Cab 3	Cab 4
Valide	10	10	14	10
Médiane	-4.7	-5.3	-4.9	-5.2
Moyenne	-4.7	-5.3	-4.9	-5.7
IC supérieur de la moyenne 95%	-3.7	-4.2	-4.4	-4.8
IC inférieur de la moyenne 95%	-5.6	-6.4	-5.4	-6.6
Écart type	1.4	1.5	0.9	1.3
Minimum	-7.3	-7.9	-7.2	-8.5
Maximum	-2.7	-3.5	-3.4	-4.5

Tableau 6 : Statistiques descriptives des SIB50 CL (dB RSB) en fonction des 4 cabines de test

Afin d'étudier l'effet “cabine”, nous réalisons une ANOVA non paramétrique à 1 facteur qui comporte 4 modalités : cab 1, cab 2, cab 3 et cab 4. Il y a en effet beaucoup moins de 30 sujets dans chaque cabine, donc évaluer la normalité des distributions des SIB50 a peu de sens. Le test de Kruskal-Wallis donne une p-value de 0,28, donc largement supérieure à 0,05. On peut donc considérer qu'il n'y a pas d'effet de la cabine sur le SIB50 en CL, et que la norme établie pour le SIB50 en CL peut être comprise au sens d'une seule cabine.

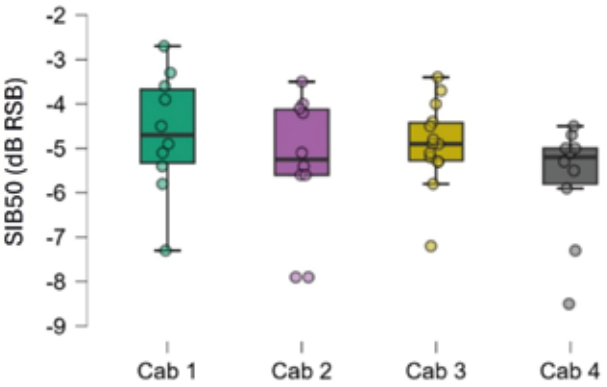


Figure 6 : Boîtes à moustaches des SIB50 en CL catégorisés par le numéro de cabine

Nous remarquons que dans chaque cabine, sur un petit nombre de sujets, il y a toujours un voire 2 sujets qui surperforment (SIB50 entre -7,2 et -8,5 dB). Nous n'avons pas trouvé d'explication à ces surperformances, dont les valeurs se rapprochent davantage des références établies pour le FraMatrix en CL en bruit diffus (voir [3]).

DISCUSSION

La population que nous avons étudiée comporte 44 normo-entendants, soit plus de 2 fois plus de sujets que dans l'étude de Jansen 2012 [8]. De plus, notre échantillon a été testé dans des conditions de passation conformes à la pratique courante de l'audioprothésiste, ce qui n'est pas le cas de l'étude [8]. En CL, nous obtenons un SIB50 moyen de -5,1 dB et un IC95% autour de la moyenne de [-5,5 ; -4,7] dB, et une médiane de -5 dB. L'étude [8] conduit à un SIB50 moyen de -6 dB et un IC95% autour de la moyenne de [-6,28 ; -5,72] dB (médiane non mentionnée dans l'article [8]).

En moyenne (et en médiane), nos sujets ont une moins bonne performance que dans [8]. Avec un bruit à 65 dB SPL, la population de [8] comprend 50% des mots à une intensité de 59 dB SPL, alors que notre population comprend 50% des mots à une intensité de 59,9 dB SPL. Nous avons vu que cette différence est statistiquement significative.

Quels facteurs peuvent être à l'origine de cette différence ?

› Ecart de calibration

Cette différence pourrait être due à une calibration légèrement différente entre le transducteur utilisé dans [8] et les transducteurs de nos différentes cabines, puisqu'il est impossible d'obtenir une calibration au dB près (voir [12] et [13]).

Cette possibilité peut surprendre au premier abord, car un écart de calibration impliquerait autant le signal de parole que celui du bruit, préservant ainsi le RSB. Donc, même avec un léger décalage dû à la calibration, le SIB50 devrait être le même dans les deux études. Cependant, le RSB n'est pas la seule métrique qui influence le score au FraMatrix. Pour un RSB donné, les performances dans le bruit peuvent différer en fonction de l'intensité du signal et du bruit. Ce ne sont pas les mêmes fibres du nerf auditif qui sont stimulées en fonction de l'intensité [7], ce qui pourrait affecter les résultats exprimés en RSB. De plus, l'audibilité a un grand rôle à jouer dans le score final puisque le FraMatrix à niveau de bruit fixe implique que le niveau de parole varie

pour modifier le RSB. Prenons l'exemple d'un patient fictif avec une surdité plate à 40 dB HL. Si le bruit est fixé à 65 dB SPL, ce patient pourrait avoir un SIB50 de 0 dB RSB. En revanche, il lui serait probablement impossible d'avoir un SIB50 à 0 dB RSB si le niveau du bruit était fixé à 50 dB SPL, puisqu'il ne pourrait même pas percevoir le signal de parole à 50 dB SPL. Dans notre problématique, on pourrait se dire que ce facteur d'audibilité n'entre pas en compte concernant les valeurs de SIB50 récoltées (dans [8] et notre étude) puisque l'intensité de la parole, autour de 60 dB SPL est de toute façon bien au-dessus des seuils d'audition des populations normoentendantes testées. Cependant, il se pourrait que certains indices acoustiques des signaux de parole, par exemple certaines harmoniques aiguës, ne soient détectables que proches des seuils d'audition de nos patients.

› Les différences de protocole entre l'étude de Jansen 2012 [8] et notre étude

Rappelons les deux principales différences entre les conditions de passation utilisées pour établir la norme dans [8] et celles utilisées dans la pratique courante de l'audioprothésiste :

- 1/ Administration au casque [8], tandis que l'audioprothésiste préfère une administration en CL (100% des audioprothésistes interrogés via notre questionnaire confirment cette pratique).
- 2/ Norme établie après 40 listes dans [8], tandis que l'audioprothésiste retient en général le score obtenu après la passation de 3 doubles listes.

En comparant nos résultats de SIB50 au casque monaural sur l'oreille avec la meilleure audibilité avec ceux en CL, nous n'observons pas de différence statistiquement significative : moyenne de -5,3 dB au casque (médiane de -5,2 dB) vs moyenne de -5,1 dB en CL (médiane de -5 dB). Il ne semble donc pas que le transducteur utilisé pour établir notre référence (haut-parleur) soit à l'origine du moins bon score de SIB50 comparé à celui de Jansen 2012 [8]. De plus, s'il devait y avoir un tel effet, on l'aurait attendu dans l'autre sens : passer d'une stimulation d'AVB monaurale à une stimulation binaurale devrait permettre le démasquage binaural, censé améliorer la compréhension dans le bruit [5].

La différence entre le nombre de listes utilisées dans [8] et dans notre étude pourrait expliquer l'écart constaté entre les deux normes. En effet, les participants de [8] sont bien plus entraînés que les nôtres (passation de 40 listes vs 6 à 8 dans notre étude). Rappelons que l'étude [8] a dans un premier temps évalué l'effet d'entraînement en faisant passer 6 doubles listes aux sujets. Ne trouvant plus d'évolution significative du score entre la 3ème double liste et la 6ème double liste, les auteurs concluent que l'effet d'apprentissage s'arrête après la passation de la 3ème double liste (voir la Figure 1). Cependant, cela ne montre pas forcément que cet effet d'apprentissage n'est plus présent pour les 28 listes qui suivirent pour établir la norme. De plus, rappelons que FraMatrix est composé de 28 listes prédéfinies. Dans l'étude [8], lors de la passation des 28 listes aux 4 RSB fixes pour tracer la courbe psychométrique (voir notre détail dans l'introduction), les participants ont forcément retrouvé certaines listes de phrases déjà utilisées lors de la première phase de test. On peut donc légitimement se poser la question de la suppléance mentale tant ces sujets ont entendu de phrases.

Il nous paraît plus pertinent de comparer notre norme à la valeur trouvée dans [8] pour la 3ème double liste, lors de leur première phase de test visant à mesurer la reproductibilité (Figure 1). On remarque que cette valeur est aux alentours de -5,4 dB, ce qui se rapproche davantage de notre norme, et est plus cohérent avec le fait qu'un effet d'apprentissage soit à l'origine des meilleurs résultats de [8].

En résumé, on ne peut pas exclure la possibilité que la différence statistiquement significative entre la norme de Jansen et notre norme soit due à un écart de calibration. Plus probablement, elle peut être due à un entraînement différent de nos deux populations.

› Pertinence clinique de notre nouvelle référence

Cet article conduit à l'adoption d'une nouvelle valeur pour la norme du FraMatrix : -5,1 dB RSB, en CL (HP unique délivrant voix et bruit en face du sujet). Cela représente un écart de 0,9 dB par rapport à la valeur de -6 dB utilisée par tous.

Nous avons montré que cet écart est statistiquement significatif. On rappelle au lecteur intéressé qu'une différence peut être statistiquement significative pour plusieurs raisons :

- la valeur de la différence est effectivement "grande" ; c'est ce que nous discutons ci-dessous
- le nombre de sujets est "grand" (ici nous avons 44 sujets, donc plus de 30),
- les valeurs de la série sont peu dispersées (c'est le cas, comme en attestent les intervalles de confiance autour de la moyenne)

Au-delà d'une significativité statistique, en tant que professionnels de l'audition et de l'appareillage, nous devons questionner l'interprétation clinique d'une telle différence. Pour ce faire, nous n'avons qu'un argument : la transposition de dB RSB en pourcentage de compréhension. Il existe peu de valeurs rapportées dans la littérature sur la pente au SIB50 chez le normo-entendant. Pour FraMatrix, elle est de 14%/dB [8]. Ainsi, une augmentation du SIB50 de 1 dB se traduit par une diminution du score d'intelligibilité à ce RSB de 14%. Pour la VRB, la pente est même plus importante, puisqu'elle vaut 19,3 %/dB [6][9]. La différence de 0,9 dB établie entre notre norme et celle de Jansen nous pousse donc à dire qu'elle est cliniquement significative : les NE sont en moyenne moins bons de $0,9 \times 14 = 12,9\%$, ce qui nous semble cliniquement non négligeable pour un score de compréhension.

La valeur de 14%/dB a certes été relevée dans [8], dont nous questionnons les conditions de test, mais nous avons retrouvé une valeur très proche dans le mémoire d'audioprothèse de Nolwenn Bedfert [2], également réalisé sous la direction du comité scientifique d'Audilab. Le résultat rapporté est une pente de 13,2%/dB (écart-type de 2,7 %/dB), chez 56 sujets normo-entendants.

CONCLUSION

Cette étude est née d'un questionnement sur la validité de la norme au FraMatrix utilisée par tous, que ce soit comme référence dans des articles scientifiques, dans l'affichage des audiomètres proposant le test FraMatrix, ou encore pour statuer sur une dégradation uniquement dans le bruit selon le critère n°3 du décret 2018. Une lecture attentive de l'article de Jansen et al. 2012 [8] révèle que la norme a été établie dans des conditions qui ne sont pas celles de l'audioprothésiste, qu'il s'agisse du nombre de listes ou du transducteur. Notre étude, menée chez 44 sujets normo-entendants, nous conduit à des résultats légèrement différents, que nous rassemblons ci-dessous :

- Il n'y a pas de différence (statistique et clinique) entre les valeurs moyennes de SIB50 entre le casque monaural ou le champ libre (mono-HP au plafond), et elles valent respectivement :
 - Casque monaural : -5,3 dB RSB
 - CL S0N0 : -5,1 dB RSB
- Il n'y a pas de différence (statistique et clinique) entre les valeurs médianes de SIB50 entre le casque monaural ou le champ libre (mono-HP au plafond), et elles valent respectivement :
 - Casque monaural : -5,2 dB RSB
 - CL S0N0 : -5 dB RSB
- En CL S0N0, la valeur actuellement utilisée de -6 dB RSB doit donc être remplacée par -5,1 dB RSB (moyenne) ou -5,3 dB RSB (médiane).
- Pour statuer sur une différence de 3 dB RSB par rapport à la "norme", il est important d'accepter une tolérance. Ainsi, nous recommandons d'utiliser comme valeur de référence la moyenne accompagnée de l'intervalle de confiance à 95% calculé sur 44 sujets : [-5,5 ; -4,7] dB RSB, en CL S0N0.
- En toute rigueur, l'indication n°3 du décret 2018 portant sur une oreille, la différence de 3 dB doit être comparée à la norme établie au casque monaural, avec l'intervalle de confiance à 95% calculé sur 44 sujets : [-5,6 ; -5] dB RSB.

RÉFÉRENCES

1. de Baglion de la Dufferie J. Scores au Framatrix chez le normo-entendant : comparaison entre le champ libre et le casque. École de Fougères. Oct. 2024
2. Bedfert N. Normalisation des listes fermées au test Framatrix. Mémoire d'audioprothèse, École de Fougères. Oct. 2024
3. Bestel J, Legris E, Rembaud F, Mom T, Galvin JJ 3rd. Speech understanding in diffuse steady noise in typically hearing and hard of hearing listeners. PLoS One. 2022 Sep 14;17(9):e0274435. doi: 10.1371/journal.pone.0274435. PMID: 36103551; PMCID: PMC9473430.
4. Bestel J, Pressnitzer D, Robier M, Rembaud F, Renard C, Leclercq F, Vincent C. Reference Data for a Quick Speech-in-Noise Hearing Test in the French Language. Audiol Neurotol. 2024;29(5):382-397. doi: 10.1159/000537768. Epub 2024 Mar 18. PMID: 38498993; PMCID: PMC11446326.
5. Culling J.F., Lavandier M. 2021. Binaural unmasking and spatial release from masking. Springer Nature. 73, 209 – 241.
6. Decambron M, Leclercq F, Renard C, Vincent C. Audiométrie vocale dans le bruit : valeurs normales par classe d'âge. Annales françaises d'Oto-rhino-laryngologie et de Pathologie Cervico-faciale. avr 2022;139(2):63 6.
7. Heil P., Peterson A.J. 2015. Basic response properties of auditory nerve fibers: a review. Cell and Tissue Research. 361, 129 – 158.
8. Jansen S, Luts H, Wagener K.C, Kollmeier B, Del Rio M et al 2012. Comparison of three types of French speech-in-noise tests: A multi-center study. Int J Audiol, 51, 164–173.
9. Joly CA, Reynard P, Mezzi K, Bakhos D, Bergeron F, Bonnard D, Borel S, Bouccara D et al., Guidelines of the French Society of Otorhinolaryngology-Head and Neck Surgery (SFORL) and the French Society of Audiology (SFA) for Speech-in-Noise Testing in Adults. Eur Ann Otorhinolaryngol Head Neck Dis. 2022 Jan;139(1):21-27. doi: 10.1016/j.anorl.2021.05.005. Epub 2021 Jun 14. PMID: 34140263.
10. Kollmeier B, Warzybok A, Hochmuth S, Zokoll MA, Uslar V, Brand T, et al. The multilingual matrix test: Principles, applications, and comparison across languages: A review. Int J Audiol. 2015;54 Suppl 2:3 16.
11. Wagener K.C., Josvassen J.L. & Ardenkjar R. 2003. Design, optimization and evaluation of a Danish sentence test in noise. Int J Audiol, 42, 10–17.
12. Acoustique – Méthodes d'essais audiométriques – Partie 1 : audiométrie à sons purs en conduction aérienne et en conduction osseuse <https://www.boutique.afnor.org/fr-fr/norme/nf-en-iso-82531/acoustique-methodes-dessais-audiometriques-partie-1-audiometrie-a-sons-purs/fa148362/36856>
13. Acoustique – Méthodes d'essais audiométriques – Partie 2 : audiométrie en champ acoustique avec des sons purs et des bruits à bande étroite comme signaux d'essai <https://www.boutique.afnor.org/fr-fr/norme/nf-en-iso-82532/acoustique-methodes-dessais-audiometriques-partie-2-audiometrie-en-champ-ac/fa160086/34957>
14. Arrêté du 14 novembre 2018 portant modification des modalités de prise en charge des aides auditives et prestations associées au chapitre 3 du titre II de la liste des produits et prestations prévue à l'article L. 165-1 du code de la sécurité sociale – Légifrance. [<https://www.legifrance.gouv.fr/jorf/id/JORFTEXT000037615111>] (<https://www.legifrance.gouv.fr/jorf/id/JORFTEXT000037615111>)

Le comité scientifique d'Audilab

De gauche à droite : Julie BESTEL (responsable scientifique),
Mathieu ROBIER, Martin CHAVANT, François DEJEAN et Cécile CHRISTIN.



**PARTAGEONS
AUTOUR DE NOS MÉTIERS**

Audilab
Vivez comme vous l'entendez

