



AVERTISSEMENT

Ce document est le fruit d'un long travail approuvé par le jury de soutenance et mis à disposition de l'ensemble de la communauté universitaire élargie.

Il est soumis à la propriété intellectuelle de l'auteur. Ceci implique une obligation de citation et de référencement lors de l'utilisation de ce document.

D'autre part, toute contrefaçon, plagiat, reproduction illicite encourt une poursuite pénale.

Contact : ddoc-memoires-contact@univ-lorraine.fr

LIENS

Code de la Propriété Intellectuelle. articles L 122. 4

Code de la Propriété Intellectuelle. articles L 335.2- L 335.10

http://www.cfcopies.com/V2/leg/leg_droi.php

<http://www.culture.gouv.fr/culture/infos-pratiques/droits/protection.htm>



UNIVERSITÉ
DE LORRAINE



Université de Lorraine
Faculté de Pharmacie de Nancy

Corrélation entre le Speech Intelligibility Index (SII) et le test syllabique de Frank LEFEVRE

Mémoire soutenu en vue de l'obtention du Diplôme d'Etat d'Audioprothésiste

par

LE GALL Camille

Novembre 2015

Maître de mémoire : LAURENT Stéphane

Remerciements

Tout d'abord, je tiens à remercier chaleureusement Mr Stéphane LAURENT, mon maître de mémoire, pour sa gentillesse, sa disponibilité et ses conseils pour la réalisation de ce mémoire. Sa vision de la profession et ses connaissances m'ont énormément apporté et je lui en suis très reconnaissant.

Je remercie aussi Clémentine MAHE, pour sa gentillesse, et les patients du Laboratoire Centre Bretagne Audition, pour leur participation à cette étude.

Je souhaite remercier toute l'équipe enseignante du D.E d'Audioprothésiste de Nancy pour la qualité de leur enseignement, et plus particulièrement Mr Joël DUCOURNEAU pour sa disponibilité et son investissement dans la formation.

Je tiens aussi à saluer mes camarades de classe, grâce à eux j'ai passé les meilleures années de toute ma scolarité. J'en garderai des souvenirs impérissables.

Je remercie également mes parents et ma famille, qui m'ont toujours soutenu et aidé dans mes projets.

Enfin je remercie ma compagne, qui m'a aidé et encouragé durant la rédaction de ce mémoire.

Sommaire

Introduction	1
I. Rappels théoriques	2
I. A. Le Speech Intelligibility Index (SII).....	2
I. A. 1. Avant-propos	2
I. A. 2. Calcul du SII.....	3
I. A. 3. SII et compréhension.....	11
I. B. La surdité.....	13
I. B. 1. Définition.....	13
I. B. 2. Les différents types de surdité	13
I. B. 3. Les différents grades de surdité	14
I. B. 4. Pathologies	14
I. C. Le déclin cognitif chez le sujet âgé	19
I. D. Rappels de phonétique.....	21
I. D. 1. Définition.....	21
I. D. 2. Les phonèmes	22
I. E. Synthèse des rappels.....	24
II. Etude clinique.....	25
II. A. Objectifs	25
II. B. Protocole.....	25
II. B. 1. Matériel	25
II. B. 2. Otoscopie.....	26
II. B. 3. Audiométrie SPL	26
II. B. 4. Nettoyage des aides auditives et réglages.....	29
II. B. 5. Test de SPAN	31
II. B. 6. Audiométrie vocale	32
II. B. 7. Mesure du SII	35
II. C. Sujets testés	36
II. D. Résultats de l'étude	39
II. D. 1. Notions de statistique	40
II. D. 2. Age, heure de port et année d'appareillage	41
II. D. 3. Corrélation entre SII et test syllabique de Frank LEFEVRE.....	51
III. Hypothèses pour expliquer la discordance entre le SII et l'intelligibilité	59
III. A. L'impact de la surdité sur le SII.....	59
III. B. SII et appareillage auditif	62

III. C.	Limites de l'appareillage.....	64
III. D.	Limites de mesure du SII.....	65
IV.	Intérêts et limites du SII pour l'audioprothésiste	66
	Conclusion.....	69
	Bibliographie.....	70
	Table des illustrations.....	73
	Annexes.....	75
	Annexe 1: Valeurs de l'indice "I"	75
	Annexe 2 : Matériel vocal utilisé pour le calcul du SII.....	78
	Annexe 3 : Patients ayant une surdité moyenne de groupe 1	80
	Annexe 4 : Patients ayant une surdité moyenne de groupe 2	81
	Annexe 5 : Patients ayant une surdité sévère de groupe 1.....	83
	Annexe 6 : Patients ayant une surdité sévère de groupe 2.....	84

Introduction

Aujourd'hui, l'intelligibilité des patients est testée par l'intermédiaire de tests vocaux dans le silence ou dans le bruit. Ceci, dans le but de mettre en évidence leur capacité à comprendre un discours.

Dans le cas de l'audioprothèse, l'audiométrie vocale permet aussi de vérifier l'efficacité prothétique de l'appareillage, et entre autres, de comparer les bénéfices qu'apporte un type d'aide auditive par rapport à un autre.

Seulement est-il possible d'estimer l'intelligibilité avec aides auditives d'un patient sans participation de sa part ?

La chaîne de mesure *Affinity 2.0*, grâce à son module Visible Speech, nous donne une valeur du SII (*Speech Intelligibility Index*) par la mesure In Vivo.

Le SII, couramment utilisé en acoustique, permet, en d'autres mots, de donner un "pourcentage de chance" d'intelligibilité pour le patient.

Nous pouvons alors nous demander s'il y a une corrélation entre le SII et la compréhension réelle du patient.

C'est donc à travers ce mémoire de fin d'étude du Diplôme d'Etat d'Audioprothésiste que nous tenterons de trouver une réponse à cette interrogation.

Pour cela, nous présenterons tout d'abord le SII ainsi que les différents éléments nécessaires à cette étude. Nous continuerons par introduire et expliquer le protocole de l'étude clinique mise en place. Enfin, nous analyserons les résultats obtenus et tenterons de les exploiter.

I. Rappels théoriques

Pour la lecture et la compréhension de ce mémoire, il est nécessaire de poser des bases théoriques sur les différents éléments constituant l'étude. Nous allons donc détailler le *Speech Intelligibility Index* (SII) et la façon dont il est obtenu. Nous présenterons les principales causes de la surdité et notamment la presbyacousie, ainsi que le déclin cognitif chez le sujet âgé. Nous allons aussi introduire quelques notions de phonétique afin de mieux cerner les modalités de l'audiométrie vocale.

I. A. Le Speech Intelligibility Index (SII)

I. A. 1. Avant-propos

Le Speech Intelligibility Index (SII) est une évolution de l'indice d'articulation. Ce dernier fut développé dans les laboratoires *BELL* par French et Steinberg en 1947 [1] et servait en premier lieu à mesurer l'audibilité d'un message en sortie de ligne téléphonique.

L'audibilité étant la proportion d'un message sonore pouvant être entendu, elle dépend du niveau d'émission, du niveau de bruit ambiant, mais aussi du seuil d'audition du sujet.

Le Speech Intelligibility Index (SII) est une mesure physique qui nous donne un pourcentage d'audibilité pondérée d'un signal de parole à long terme. Cet outil permet donc de quantifier les "chances" d'intelligibilité d'un sujet pour un discours émis selon certaines conditions et caractéristiques que nous détaillerons ultérieurement. Il possède la même base de calcul que l'indice d'articulation (AI) mais tout en incluant d'autres paramètres [2] comme une pondération des bandes fréquences utilisées, en fonction de leur importance pour la compréhension, la réverbération du local, le son masquant, le niveau d'émission du message vocal, le matériel vocal utilisé (listes de mots, de phrases...), une perte d'audition...

La valeur du SII varie entre 0 (0%) et 1 (100%) :

- 0, l'audibilité du message est nulle et ne permettra aucune intelligibilité pour le sujet,
- 1, l'audibilité du message est parfaite et le sujet pourra prétendre à une très bonne compréhension du message.

Le SII est couramment utilisé en acoustique pour partager efficacement un message ou, au contraire, en préserver la confidentialité.

Par exemple [3] :

- dans une salle de réunion, les travaux d'acoustiques auront pour but d'obtenir un indice au plus proche de 1,
- dans un *Open Space*, les acousticiens essayeront d'avoir un indice faible pour que les conversations restent les plus confidentielles possibles.

En audiologie, le SII peut désormais être obtenu par l'intermédiaire des chaînes de mesures récentes avec la mesure In Vivo. Elles donneront un indice calculé au tympan du patient.

Cet élément sera détaillé ultérieurement.

I. A. 2. Calcul du SII

Principe :

Le Speech Intelligibility Index est régi par la norme américaine ANSI S3.5-1997 éditée en 1997 par l'Acoustical Society Of America [4].

La formule (1) du SII est la suivante :

$$SII = \sum_{i=1}^n I_i A_i \quad (1)$$

Le spectre du signal émis est divisé par octave, tiers d'octave ou en bandes critiques d'indice i . Chacune de ces bandes est pondérée d'un facteur "d'importance" pour la compréhension du message.

Nous allons maintenant détailler les différents éléments de cette formule [2].

– Le facteur " I "

Il représente l'importance de chaque bande de fréquence pour la compréhension du message.

Sa valeur est donnée par les tableaux 1 à 4 de la norme ANSI S3.5 1997. Les variations de la valeur de I se font selon la pertinence de chaque bande de fréquence dans la compréhension du message et en fonction du type de bandes de fréquence utilisé (octave, tiers d'octave...). C'est ce point qui fait la grande différence entre le SII et l'Indice d'Articulation (IA). Ce dernier considère que chaque bande de fréquence contribue de manière égale à la compréhension, alors que le SII donne plus d'importance à certaines bandes de fréquence par rapport à d'autre.

Le tableau 1 présente les indices d'importance pour des bandes de fréquence correspondants aux bandes critiques [4]. (Voir annexe 1)

Band no.	Critical band			Standard speech spectrum level for stated vocal effort, dB				Reference internal noise spectrum level dB	Free-field to eardrum transfer function dB
	Center freq Hz	Band limits Hz	Band importance	Normal	Raised	Loud	Shout		
1	150	100-200	0.0103	31.44	34.06	34.21	28.69	1.50	0.60
2	250	200-300	0.0261	34.75	38.98	41.55	42.50	-3.90	1.00
3	350	300-400	0.0419	34.14	38.62	43.68	47.14	-7.20	1.40
4	450	400-510	0.0577	34.58	39.84	44.08	48.46	-8.90	1.40
5	570	510-630	0.0577	33.17	39.44	45.34	50.17	-10.30	1.90
6	700	630-770	0.0577	30.64	37.99	45.22	51.68	-11.40	2.80
7	840	770-920	0.0577	27.59	35.85	43.60	51.43	-12.00	3.00
8	1000	920-1080	0.0577	25.01	33.86	42.16	51.31	-12.50	2.60
9	1170	1080-1270	0.0577	23.52	32.56	41.07	49.40	-13.20	2.60
10	1370	1270-1480	0.0577	22.28	30.91	39.68	49.03	-14.00	3.80
11	1600	1480-1720	0.0577	20.15	28.58	37.70	47.65	-15.40	6.10
12	1850	1720-2000	0.0577	18.29	26.37	35.62	45.47	-16.90	10.50
13	2150	2000-2320	0.0577	16.37	24.34	33.17	43.13	-18.80	13.80
14	2500	2320-2700	0.0577	13.80	22.35	30.98	40.80	-21.20	16.80
15	2900	2700-3150	0.0577	12.21	21.04	29.01	39.15	-23.20	15.80
16	3400	3150-3700	0.0577	11.09	19.56	27.71	37.30	-24.90	14.90
17	4000	3700-4400	0.0577	9.33	18.78	25.41	34.41	-25.90	14.30
18	4800	4400-5300	0.0460	5.84	12.14	19.20	29.01	-24.20	12.40
19	5800	5300-6400	0.0343	3.47	9.04	15.37	25.17	-19.00	7.90
20	7000	6400-7700	0.0226	1.78	6.36	12.61	22.08	-11.70	4.30
21	8500	7700-9500	0.0110	-0.14	3.44	9.62	18.76	-6.00	0.50
Overall SPL, dB				62.35	68.34	74.85	82.30		

Tableau 1 : Informations nécessaires aux calculs du SII en configuration "bande critique" [4]

Dans la quatrième colonne se trouve l'indice d'importance, qui présente de fortes valeurs pour les bandes ayant une fréquence centrale de 450 Hz et 4000 Hz.

La "valeur" des bandes de fréquence donnée dans ces tableaux est à prendre en compte si aucun matériel vocal utilisé n'est précisé, c'est à dire si le signal utilisé pour calculer le SII ne correspond pas à des spécificités précises. Si un matériel vocal est renseigné, nous verrons quelles en sont les conséquences ultérieurement.

– Le facteur "A"

Il représente la proportion du spectre audible au-dessus du seuil d'audition ou du bruit de masquage.

La méthode de calcul du SII part du principe que la dynamique du message vocal se situe 15 dB de part et d'autre du spectre à long terme, soit une dynamique de 30 dB. En tenant compte du niveau de bruit de masquage ou de la perte d'audition, nous obtenons la formule (2) [2] [4] suivante :

$$A_i = \frac{(\text{niveau de bruit ou perte auditive}) + 15}{30} \quad (2)$$

Le niveau de bruit correspond à celui enregistré dans le local. Il correspond à tout bruit pouvant entraver l'audibilité du message vocal. Nous pouvons prendre pour exemple un bruit de type "cocktail party". A cela peut s'ajouter le bruit dû à la réverbération du local et le bruit se trouvant dans le message vocal (ces données se trouvent dans la neuvième colonne du tableau 1 " *Reference internal noise spectrum level*").

La valeur de "*A*" varie de 0 à 1.

Une valeur de "*A*" égale ou proche de 0 correspond à une absence de signal sonore au-dessus du bruit de masquage ou du seuil,

Lorsque cette valeur est égale ou proche de 1, l'audibilité du message est totale dans la bande de fréquence concernée,

– L'indice "*i*"

Il représente l'indice de chaque bande de fréquence et varie selon la manière dont est divisé le spectre (octave, tiers d'octave...) [2].

Outre cette formule de base (1), d'autres éléments sont à prendre en compte dans le calcul, pour les normo-entendants et les malentendants.

I. A. 2. a. Application aux sujets normo- et malentendants

– Le facteur de distorsion L

Le calcul du SII doit prendre en compte certains paramètres, comme l'augmentation du niveau de la voix qui fait apparaître de la distorsion, matérialisé par le facteur L.

Le facteur de distorsion "L" est donné par la formule (4) suivante [4]:

$$L_i = 1 - \frac{(E'_i - U_i - 10)}{160} \quad (3)$$

Où :

- E'_i : Niveau moyen de la parole dans chaque bande de fréquence,
- U_i : Niveau standard de parole pour un effort vocal normal donné dans les tableaux 1 à 4 de la norme ANSI.

La valeur du facteur L appliquée ne peut excéder 1 [4].

I. A. 2. b. Applications aux sujets malentendants

L'application du SII au sujet malentendant demande quelques modifications.

– Le facteur de distorsion dû à la perte d'audition en conduction osseuse J

La perte d'audition est seulement considérée comme un facteur limitant l'information perçue.

Selon la norme produite par l'ANSI en 1997, seule une modification du facteur de distorsion "L" est à prendre en compte. Elle introduit un élément " J_i ", représentant la part de la perte d'audition due à un facteur transmissionnel [4]. C'est à dire, une surdité provoquée par une anomalie au niveau de l'oreille externe ou moyenne. L'oreille interne, elle, n'est pas touchée.

Nous obtenons alors [4] :

$$L_i = 1 - \frac{(E'_i - U_i - 10 - J_i)}{160} \quad (4)$$

Ce facteur (4) est ensuite à incorporer dans le calcul du SII (1) tel que:

$$SII = \sum_{i=1}^n I_i \times A_i \times L_i \quad (5)$$

– **Le facteur de désensibilisation S**

Les distorsions dues aux facteurs supraliminaires ne sont pas prises en compte dans la version ANSI S3.5-1997, seule l'augmentation du seuil d'audition influe sur le calcul du SII.

Cependant une étude réalisée par Sherbecoe & Studebaker en 2003 [5], propose un critère de désensibilisation lié à la dégénérescence du système auditif et cognitif (nous explorerons ces deux points ultérieurement). Ce dernier est donné par la formule (7) suivante [2] :

$$S = 1 - \left(\frac{PTA}{108,3072} \right)^3 \quad (6)$$

où PTA (*Pure Tone Average*) correspond à la perte tonale moyenne entre 1000 Hz et 8000 Hz.

Ce facteur est rajouté dans la formule (6) du SII tel que :

$$SII = \sum_{i=1}^n I_i \times A_i \times L_i \times S \quad (7)$$

I. A. 2. c. Conditions de calcul du SII

Selon la norme ANSI S3.5-1997, le calcul du SII doit se faire sous certaines conditions :

- les sources de signal sonore et de bruit doivent être distinctes, omnidirectionnelles et dirigées vers le patient,
- La mesure du SII ne peut se faire qu'en monaurale, avec ou sans bruit,
- Le résultat du SII peut différer selon le matériel vocal utilisé, comme des listes de phrases, des syllabes dépourvues de sens. En effet, l'indice d'importance des

fréquences "I" change suivant le matériel que nous utilisons [4]. Ces informations sont données dans les tableaux de la norme ANSI S3.5-1997. (Voir Annexe 2)

En voici un exemple:

Band No.	Center Freq, Hz	NNS ^a	CID-22 ^b	NU6 ^c	DRT ^d	Short Passages ^e	SPIN ^f
1	150	0.0000	0.0507	0.0234	0.0122	0.0192	0.0130
2	250	0.0230	0.0677	0.0368	0.0553	0.0312	0.0478
3	350	0.0385	0.0641	0.0520	0.0581	0.0926	0.0451
4	450	0.0410	0.0552	0.0672	0.0672	0.1031	0.0470
5	570	0.0433	0.0474	0.0638	0.0680	0.0735	0.0523
6	700	0.0472	0.0468	0.0566	0.0667	0.0611	0.0591
7	840	0.0473	0.0466	0.0503	0.0587	0.0495	0.0591
8	1000	0.0470	0.0502	0.0465	0.0547	0.0440	0.0503
9	1170	0.0517	0.0586	0.0539	0.0563	0.0440	0.0503
10	1370	0.0537	0.0591	0.0576	0.0575	0.0490	0.0556
11	1600	0.0582	0.0586	0.0642	0.0625	0.0486	0.0699
12	1850	0.0679	0.0609	0.0741	0.0598	0.0493	0.0625
13	2150	0.0745	0.0596	0.0709	0.0555	0.0490	0.0602
14	2500	0.0750	0.0618	0.0621	0.0521	0.0547	0.0684
15	2900	0.0685	0.0501	0.0553	0.0480	0.0555	0.0638
16	3400	0.0662	0.0439	0.0505	0.0443	0.0493	0.0605
17	4000	0.0636	0.0370	0.0417	0.0356	0.0359	0.0534
18	4800	0.0607	0.0268	0.0291	0.0280	0.0387	0.0394
19	5800	0.0511	0.0201	0.0186	0.0237	0.0256	0.0291
20	7000	0.0216	0.0186	0.0141	0.0205	0.0219	0.0132
21	8500	0.0000	0.0162	0.0113	0.0153	0.0043	0.0000

^aNNS (various nonsense syllable tests where most of the English phonemes occur equally often), ^bCID-W22 (PB-words), ^cNU6 monosyllables, ^dDRT (Diagnostic Rhyme Test), ^eshort passages of easy reading material, ^fSPIN monosyllables

Tableau 2 : Indice d'importance de chaque bande critique en fonction du matériel vocal utilisé [4]

Ce tableau donne l'indice d'importance de chaque bande critique suivant le matériel vocal utilisé lors des tests d'intelligibilité. L'origine du SII étant américaine, ces tests sont en anglais.

- Le NNS, est un test vocal utilisant des syllabes dépourvues de sens avec les phonèmes les plus utilisés dans la langue anglaise,
- Le CID-22, représente des listes de mots phonétiquement équilibré,
- Le NU6, est lui constitué de mots monosyllabiques,
- Le DRT, pour Diagnostic Rhyme Test est une épreuve d'audiométrie vocale utilisant des mots monosyllabiques de structure consonne - voyelle - consonne. (CVC),
- Le "short passage" correspond à des phrases courtes simples,
- Le SPIN, est un test constitué de mots monosyllabiques, il est à utiliser exclusivement en présence de bruit.

Il est donc indispensable de renseigner le matériel vocal utilisé pour les mesures afin d'avoir un SII calculé plus précis.

I. A. 2. d. Calcul du SII par la mesure In Vivo

La chaîne de mesure *Affinity 2.0* de la marque *Interacoustic* permet aujourd'hui de calculer le SII directement au niveau du tympan du patient, par l'intermédiaire de la *Mesure In Vivo*.



Figure 1 : Affinity 2.0 [6]

Après avoir validé l'audiogramme SPL (*Sound Pressure Level*) du patient dans le logiciel, le module Visible Speech nous donne une valeur du SII au tympan avec et sans appareil, par l'intermédiaire de la *Mesure In Vivo*.

⇒ Rappelons le principe de la *Mesure In Vivo* (MIV) :

Les chaînes de mesures actuelles permettent de réaliser des mesures directement dans l'oreille du patient, en périphérie du tympan [7].

Le matériel utilisé est constitué :

- d'un haut-parleur, nécessaire à l'émission du signal test,
- d'un microphone de référence, qui capte le niveau sonore à l'entrée à l'oreille et qui permet de réguler le niveau de sortie du haut-parleur, afin d'avoir un niveau sonore constant à l'oreille du patient,
- d'un microphone relié à une sonde placée à la périphérie du tympan,
- un système d'acquisition des données (la chaîne de mesure).

Pour réaliser les mesures, un signal sonore est émis par le haut-parleur, en champ libre. Il peut être de différentes natures, tout dépend de ce que nous voulons mesurer.

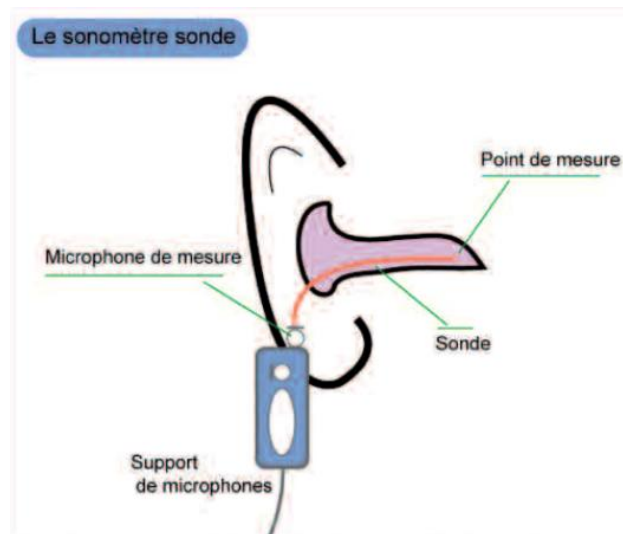


Figure 2 : Placement de la sonde In Vivo [7]

La MIV permet [7]:

- de visualiser la signature acoustique de l'oreille. En d'autre terme, le gain naturel de l'oreille suivant la fréquence,
- de vérifier le gain et les niveaux de sorties donnés par l'aide auditive, afin de contrôler les réglages,
- de comparer les aides auditives entre elles pour en observer les bénéfices et les inconvénients.

La chaîne de mesure Affinity réalise la mesure du SII en relevant les niveaux d'intensité sonore du signal test au-dessus des seuils des patients et applique la formule précédemment citée.

NB: Nous ne disposons que de très peu d'informations sur la manière dont est calculé le SII dans cette chaîne de mesure, il nous est donc impossible d'en exploiter les paramètres pour notre étude.

I. A. 3.SII et compréhension

Le SII fut l'objet de plusieurs recherches visant à étudier la corrélation entre ce dernier et la compréhension réelle des sujets, principalement chez des sujets normo-entendants.

Ainsi, Sherbecoe & Studebaker & Gilmore [9], on mesuré la corrélation entre le SII et la compréhension réelle de cobayes normo-entendants, en fonction de différents tests vocaux.

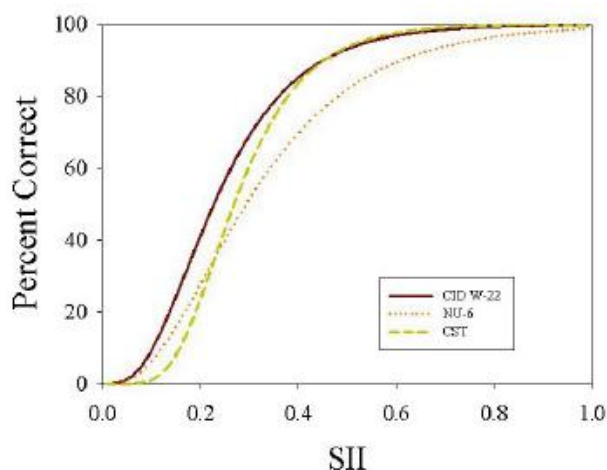


Figure 3 : Intelligibilité en fonction du SII [9] [10]

NU-6: mots monosyllabiques

CID W22: Liste de mots conventionnels phonétiquement équilibrés

CST: Test utilisant des listes de phrases

D'après le graphique de la figure 3, nous remarquons que pour un SII de 0,5, le score d'intelligibilité est compris entre 80 et 90%.

Il existe tout de même des variations de résultats en fonction du matériel vocal utilisé. A partir d'un SII de 0,4, les tests CID-W22 et CST ont une courbe de score semblable, tandis que le test NU6 a des scores d'intelligibilité plus faibles. Les tests de mots monosyllabiques seraient donc moins intelligibles par le patient normo-entendant. Cela pourrait s'expliquer par le fait que les mots monosyllabiques peuvent ne pas permettre au patient d'utiliser de suppléance mentale.

Dans une autre étude réalisée par Sherbecoe & Studebaker [11], l'intelligibilité de 72 sujets malentendants est testée avec des listes de phrases de type CST sans lecture labiale, puis comparée avec l'indice d'articulation (AI) calculé dans chacun des cas. En extrapolant, le

SII et l'indice d'articulation étant très proches, nous pouvons considérer ces résultats et les exploiter dans l'étude du SII.

Résultats :

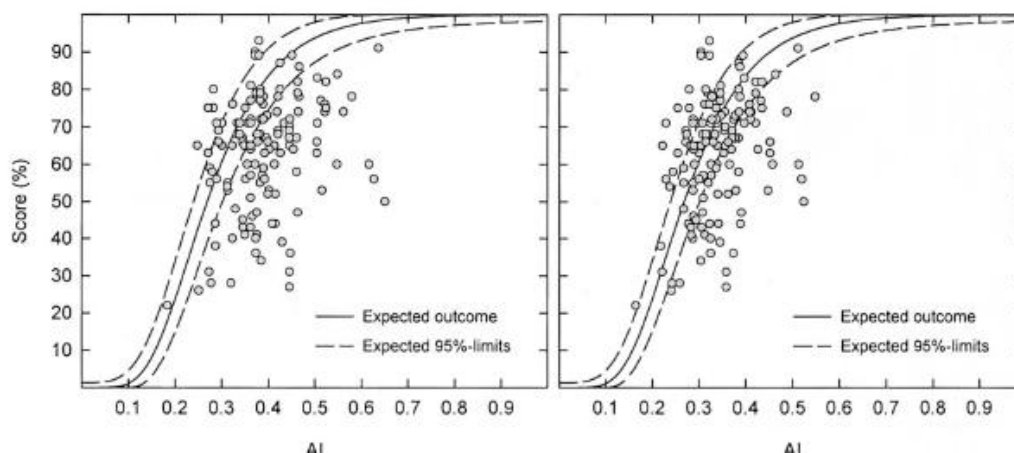


Figure 4 : Intelligibilité en fonction de l'indice d'articulation chez des sujets malentendants [8]

Graphique de gauche : résultats obtenus sans facteur de désensibilisation

Graphique de droite : résultats obtenues avec facteur de désensibilisation

Les différences entre les deux graphiques de la figure 4 résident dans le fait que le calcul de l'indice d'articulation du graphique de droite a été pondéré par un facteur de désensibilisation (vu précédemment) et un facteur de distorsion lié au niveau d'émission de la parole.

Nous remarquons qu'en utilisant ces deux facteurs de corrections, les scores de compréhension obtenus chez les sujets malentendants ont tendance à se rapprocher des valeurs que nous pouvons retrouver chez les normo-entendants.

Ce qui montre que l'âge du patient, sa perte d'audition ainsi que son état cognitif peuvent jouer un rôle dans la compréhension, et donc dans les "prédictions" données par l'indice d'articulation (donc le SII).

Malgré cela, nous constatons des disparités importantes entre les individus au niveau de l'intelligibilité, pour des indices d'articulations semblables.

Ces résultats ont été obtenus sur des individus malentendants non appareillés et avec des listes de phrases. Il y a donc intervention de la suppléance mentale et l'influence des aides auditives n'est pas étudiée.

Il serait donc intéressant de vérifier, grâce à notre étude, si nous observons les mêmes scores sur des sujets appareillés avec des listes de mots monosyllabiques.

Avant cela, faisons un rappel sur la surdité et le déclin cognitif chez la personne âgée, qui sont les principaux facteurs de dégradation de la compréhension.

Nous pourrions ensuite élaborer un protocole qui nous permettra d'étudier s'il y a une corrélation ou non entre le SII et le sujet malentendant appareillé.

NB: Peu d'études ont été réalisées sur le SII chez le sujet malentendant, c'est pourquoi nous ne disposons que de peu de travaux bibliographiques sur lesquels nous pouvons nous référer.

I. B. La surdité

Nous allons ici expliquer succinctement les différents types de surdités.

I. B. 1. Définition

Définition de la surdité [12] :

La surdité correspond à la perte partielle ou totale de l'audition. Elle est caractérisée par une hausse des seuils auditifs, c'est à dire le niveau minimal de perception des sons.

I. B. 2. Les différents types de surdité

Nous distinguons trois types de surdité :

- Surdité de transmission : cette pathologie est due à une anomalie ou à un dysfonctionnement de l'oreille externe ou moyenne, avec une entrave au passage du son vers l'oreille interne [12].
- Surdité de perception : ce type de perte est caractérisé par des lésions au niveau de l'oreille interne, c'est à dire de la cochlée (surdité de perception endocochléaire) ou des voies nerveuses (surdité de perception rétrocochléaire). Il s'agit généralement d'une perte des cellules ciliées et de lésions au niveau des neurones. Les sons transmis par l'oreille moyenne et l'oreille externe ne peuvent donc plus être perçus [12].

- Surdité mixte : cette pathologie est due à la fois à une surdité de perception et à une surdité de transmission [12].

I. B. 3. Les différents grades de surdité

Les différents grades de surdité, selon le BIAP (Bureau International d'Audio-Phonologie), sont calculés selon la moyenne des seuils de l'audiométrie tonale en décibel HL (*Hearing Level*) sur les fréquences 500, 1000, 2000 et 4000 Hz.

- Surdité légère: perte tonale moyenne comprise entre 21 et 40 dB HL,
- Surdité moyenne: perte tonale moyenne comprise entre 41 et 55 dB HL (groupe 1) et entre 56 et 70 dB HL (groupe 2),
- Surdité sévère: perte tonale moyenne comprise entre 71 et 80 dB HL (groupe 1) et entre 81 et 90 dB HL (groupe 2),
- Surdité profonde: perte tonale moyenne comprise entre 91 et 100 dB HL (groupe 1), entre 101 et 110 dB HL (groupe 2) et entre 111 et 120 dB HL (groupe 3),
- Cophose: perte tonale moyenne supérieure à 120 dB HL.

Nous allons maintenant détailler succinctement quelques pathologies pouvant entraîner une perte d'audition.

I. B. 4. Pathologies

I. B. 4. a. Les surdités génétiques

Les surdités génétiques sont dues à une anomalie génétique héréditaire (transmise par les parents) ou congénitale (présente à la naissance).

Elles peuvent être isolées (deux tiers des surdités génétiques) ou syndromiques (un tiers des surdités génétiques) et provoquent des surdités plus ou moins importantes, et sont dues à des anomalies au niveau de l'oreille interne, moyenne ou externe.

Dans le cas de surdités syndromiques, nous pouvons citer quelques exemples [13] :

- *Le syndrome de Franceschetti*, qui provoque une anomalie de l'oreille externe et moyenne et donc une surdité de type transmissionnel jusqu'à 60dB HL de perte moyenne,
- *Le syndrome de Wardenburg*, qui provoque une surdité uni- ou bilatérale de type perceptionnel avec une perte variable allant de légère à profonde,
- *Le syndrome d'Usher* qui induit une surdité de type perceptionnel légère à profonde.

I. B. 4. b. Les surdités brusques accidentelles

Ce type de surdité apparaît lors d'une exposition à un bruit de fort niveau (supérieur à 120 dB) ou lors d'un accident de pression (barotraumatisme) ou "blast" [14]. Cela provoque une destruction des cellules ciliées de l'oreille interne, responsables de la transduction mécano-sensorielle qui est réalisée au niveau de l'organe de Corti, d'où la perte d'audition.

Les pertes d'audition induites sont de degrés variables, allant de la perte légère à la cophose.

I. B. 4. c. Agents oto-toxiques

L'exposition à des agents oto-toxiques peuvent provoquer des pertes d'audition.

Nous pensons, par exemple, à des agents cochléotoxiques comme les antibiotiques aminoglycosidiques, des antitumoraux utilisés en chimiothérapie, les diurétiques de l'anse, des solvants aromatiques comme le toluène et le styrène [15].

Ces agents font partie de notre quotidien et provoquent ou aggravent généralement la perte d'audition chez le patient.

I. B. 4. d. Autres pathologies

D'autres pathologies peuvent être responsables d'une perte d'audition.

Nous pouvons citer en exemple, l'otite d'oreille moyenne, qui est une inflammation d'un liquide présent dans la caisse du tympan, due à un dysfonctionnement de la trompe d'Eustache. Son impact sur l'audition varie selon sa gravité, et peut provoquer des surdités allant jusqu'à 60 dB HL. Dans certains cas, des otites d'oreille externe peuvent engendrer la même perte d'audition si elles obstruent le conduit auditif externe.

D'autres pathologies peuvent aussi être évoquées comme [14] :

- la fracture du rocher, qui est l'os formant l'oreille interne. Une fracture de ce dernier peut entraîner une surdité allant jusqu'à la cophose,
- un cholestéatome, qui est une tumeur au niveau de l'oreille moyenne, et qui peut à terme entraîner une destruction de l'oreille moyenne et une déformation importante de l'oreille externe,
- une otospongiose (ostéodystrophie de la capsule otique) qui provoque une ankylose de la chaîne des osselets, et donc une surdité de transmission,
- une ossification de la cochlée,
- une atteinte du nerf auditif [12],
- un bouchon de cérumen obstruant le conduit auditif externe.

I. B. 4. e. La presbyacousie

La presbyacousie est une atteinte de l'audition liée à l'âge. Elle est à prédominance perceptionnelle.

Elle touche dans un premier temps les fréquences aiguës et s'aggrave avec le temps en atteignant les fréquences moyennes puis graves [12].

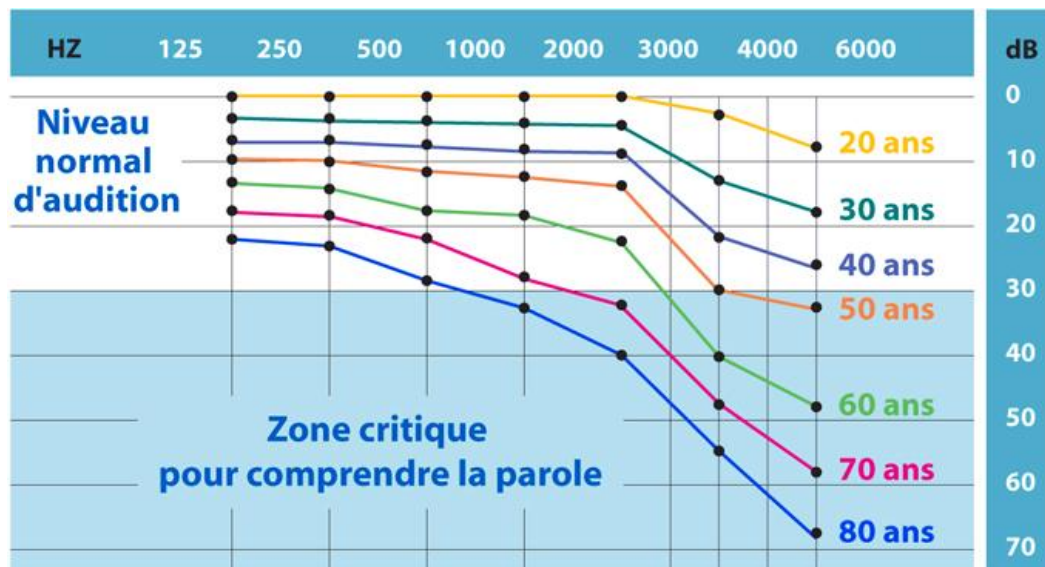


Figure 5 : Perte d'audition en fonction de l'âge [16]

Les patients qui présentent une presbyacousie constituent la majeure partie de la patientèle de l'audioprothésiste. Dans cette étude clinique, les patients testés présentaient pour la plupart des courbes d'audition de ce type, c'est pourquoi les caractéristiques de cette pathologie seront à prendre en compte dans l'analyse de nos résultats.

Il existe trois "types" de presbyacousie [17], qui chacun affectent l'audition du patient de manière différente :

- *La presbyacousie sensorielle* : Elle se caractérise par une perte des cellules ciliées externes de la cochlée (CCE), surtout à la base de la cochlée où sont codées les hautes fréquences. Ces cellules sont indispensables à la transduction mécano-sensorielle du message hydromécanique en message nerveux.

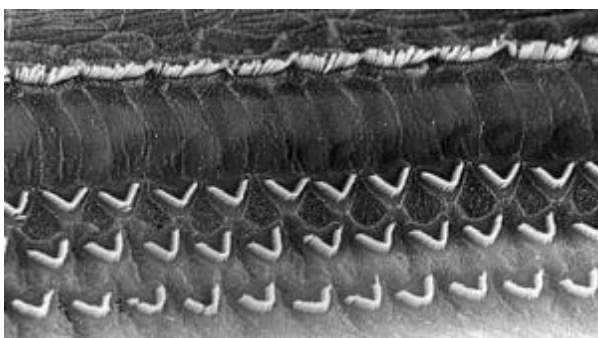


Figure 7 : Cellules ciliées intactes [19]



Figure 6 : Cellules ciliées endommagées [19]

Le décodage fréquentiel de l'oreille se fait par l'intermédiaire des filtres auditifs ou bandes critiques. Celles-ci peuvent être assimilées à des filtres passe-bande de type 1/3 d'octave. [18]

Ces filtres permettent au sujet de discriminer deux sons de fréquences proches et donc d'avoir une meilleure résolution fréquentielle, cette dernière étant nécessaire à la perception des structures fines de la parole et donc à la compréhension.

Lorsqu'il y a une surdité, la perte des cellules ciliées externes (avec ou sans les cellules ciliées internes (CCI)), ces filtres auditifs s'élargissent, ce qui altère la discrimination fréquentielle.

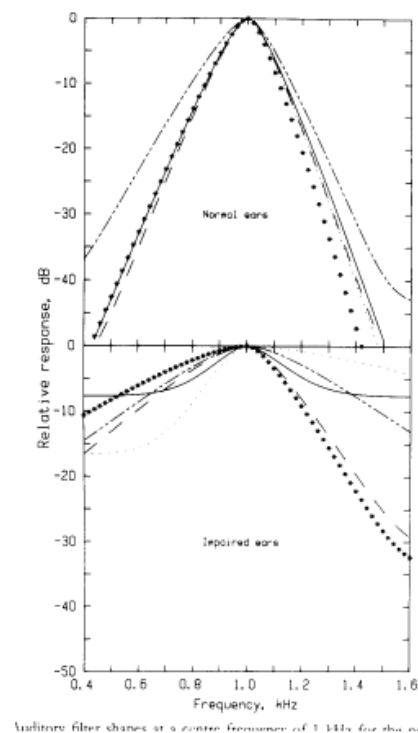


Figure 8 : Elargissement des filtres auditifs du malentendant [20]

- *La presbyacousie neurale*: Elle caractérise la perte des voies nerveuses afférentes. La transmission du message nerveux transportant l'information sonore se fait plus difficilement, ce qui altère l'intégration du message par le patient.
- *La presbyacousie striale ou métabolique*: Elle représente la perte d'ions potassium (K^+) dans l'endolymphe, due à des lésions de la strie vasculaire dans l'organe de l'organe de Corti (structure interne de la cochlée). Ces ions sont indispensables au bon fonctionnement des mécanismes régis par les cellules ciliées.

I. C. Le déclin cognitif chez le sujet âgé

Chez le patient âgé, outre la surdité, le vieillissement cognitif est à prendre en compte dans les troubles de l'intelligibilité. C'est ce que nous allons tenter d'expliquer.

La cognition est l'ensemble des facultés mentales nécessaires à l'acquisition, au traitement et à l'enregistrement des connaissances, ainsi que leur réutilisation. Elle dépend de l'état physiologique du cerveau. Ce dernier évolue et s'adapte constamment aux stimulations qu'il reçoit et se réorganise, c'est ce que nous appelons la plasticité cérébrale.

Cependant, l'âge avançant, les capacités cognitives des individus ont tendance à décliner.

En effet le vieillissement du système nerveux s'effectue à plusieurs niveaux [21] : baisse du volume du cerveau et du nombre des neurones, diminution de la taille des neurones, perte de l'efficacité des connexions synaptiques, diminution de la quantité de neurotransmetteurs.

La transmission du message nerveux est donc plus difficile et plus lente.

Ces modifications physiologiques se traduisent chez la personne âgée par un ralentissement au niveau du traitement et du stockage de l'information. Les informations sont moins bien évaluées et triées. Pour le sujet, traiter deux informations à la fois deviendra de plus en plus difficile. C'est pourquoi, en plus de la surdité, le déclin cognitif affecte le traitement des sons de la parole, et donc des mots.

Le patient malentendant aura plus de difficulté à discerner les différents composants du mot et en tirer le maximum d'information. Dans un environnement bruyant, ce constat est encore plus visible. En effet, l'afflux d'informations peut "surcharger" le patient et l'empêcher de traiter plusieurs données à la fois.

La sélection et le traitement de l'information venant de son interlocuteur se fera donc plus difficilement.

Néanmoins il est important de faire la différence entre déclin cognitif dit "normal" provoqué par le vieillissement physiologique et l'altération des capacités cognitives due à une pathologie. Nous parlons alors de démence.

"La démence étant un déficit acquis de l'intelligence, de la pensée, lié à des lésions organiques cérébrales. C'est un processus pathologique irréversible" [22].

Nous pouvons citer en exemple : la maladie d 'Alzheimer.

C'est une maladie évolutive qui se traduit par :

- des troubles du comportement,
- une perte de l'orientation,
- une altération de la praxie, qui regroupe l'ensemble des automatismes qui régissent notre vie quotidienne (utiliser des objets, dessiner...),
- des troubles de gnosies, qui caractérisent les fonctions de reconnaissance, de manipulation, les règles du contact social,
- une altération du raisonnement et du jugement.

Tous ces troubles sont la conséquence du trait fondamental de cette maladie qui est la perte de la mémoire.

Au niveau de la compréhension, cette perte de la mémoire entraîne une perte de la reconnaissance des mots, ou des erreurs de classes (la "voiture" devient "camion").

L'appauvrissement du langage et les troubles d'intégration augmentent considérablement les erreurs de compréhension chez le sujet atteint de ce genre de pathologie, en plus de la surdité, s'il y en a une.

Le déclin cognitif est donc à prendre dans les troubles de l'intelligibilité chez le sujet.

I. D. Rappels de phonétique

Après avoir effectué un rappel sur les surdités, nous allons maintenant présenter des notions fondamentales de phonétique, qui seront utiles pour la lecture de ce mémoire.

I. D. 1. Définition

La phonétique correspond à la science de la production des sons de la parole [23].

Dès lors que nous étudions les sons de la parole, il est nécessaire de les transcrire. Pour ce faire, l'alphabet phonétique international (API) est utilisé. Dans ce cas, un son correspond à un symbole, et un symbole, à un son.

L'API de la langue française est composé de 36 phonèmes, qui correspondent à la plus petite unité distinctive isolée par segmentation de la chaîne parlée. Ces phonèmes sont divisés en trois catégories : 16 voyelles, 17 consonnes et 3 semi-voyelles.

• Consonnes :	• Voyelles
• /p/ par	/i/ lit
• /t/ tard	/e/ pré
• /k/ col	/ɛ/ verte
• /b/ bon	/a/ bas
• /d/ don	/y/ flûte
• /g/ gare	/ø/ peu
• /m/ ma	/œ/ peur
• /n/ nid	/ə/ je (schwa)
• /ŋ/ parking	/u/ loup
• /ʒ/ agneau (ou /nj/)	/o/ do, beau
• /f/ fort	/ɔ/ porte
• /s/ son	/ɔ̃/ bon
• /ʃ/ chat	/ɑ̃/ temps
• /v/ vous	/ɛ̃/ fin
• /z/ zest	/œ̃/ un
• /ʒ/ jour, girafe	

Figure 9 : Alphabet Phonétique International [23]

I. D. 2. Les phonèmes

Chaque catégorie de phonèmes est distinguée par un aspect vibratoire, temporel et fréquentiel.

L'aspect temporel est caractérisé par la présence de formants. Ils peuvent varier en fonction de la fréquence fondamentale F_0 de chaque individu. Elle correspond à la fréquence de vibration des cordes vocales au nombre de vibrations par unité de temps.

L'aspect vibratoire est caractérisé par le voisement d'un phonème. Dès lors qu'il y a présence d'un voisement, les cordes vocales vibrent et le son est périodique.

I. D. 2. a. Les voyelles

Les voyelles sont caractérisées par une source de voisement. Ce sont donc des sons voisés intenses, de longues durées et de basses fréquences. Ils sont composés de trois formants qui permettent de les distinguer. Chaque formant correspond à un renforcement harmoniques produit par les multiples cavités qui composent le passage de l'air : F_1 (pharynx), F_2 (cavité buccale), F_3 (fosses nasales).

Les voyelles sont différenciées selon deux sous catégories :

- les voyelles orales : La représentation de cette sous-catégorie peut se faire selon le premier et le deuxième formant, appelée triangle vocalique.

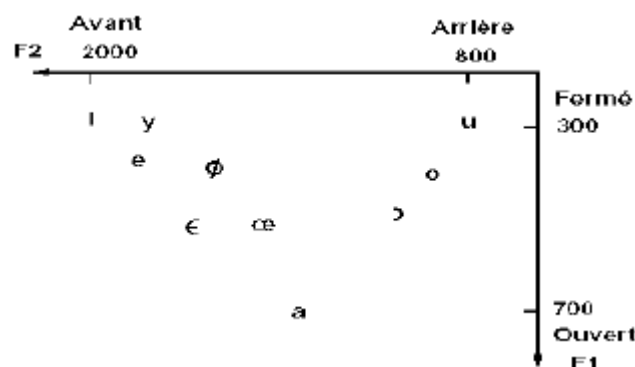


Figure 10 : Triangle vocalique [23]

- les voyelles nasales : Cette sous-catégorie est caractérisée par le passage de l'air par la cavité nasale. Cette particularité génère des formants et des anti-formants. Ces derniers éliminent certains formants provenant de la cavité buccale et du pharynx.

I. D. 2. b. Les consonnes

Les consonnes sont des sons de durées courtes, de faibles intensités et de fréquences hautes. Elles sont divisées en trois sous-catégories :

- les fricatives (non voisées $[f]$, $[s]$, $[ʃ]$, et voisées $[v]$, $[z]$, $[ʒ]$) : lors de la production du son, le passage de l'air n'est pas interrompu mais le passage est obstrué,
- les occlusives (non voisées $[p]$, $[t]$, $[k]$, et voisées $[b]$, $[d]$, $[g]$) : lors de la production du son, le passage de l'air est interrompu et le conduit vocal est fermé,
- les nasales ($[m]$, $[n]$, $[ŋ]$).

Les consonnes occlusives et fricatives voisées sont caractérisées par un bruit fort et une périodicité. Les consonnes occlusives et fricatives non voisées sont caractérisées par un bruit, mais pas de périodicité.

I. D. 2. c. Les semi-voyelles (ou semi-consonnes)

Ces phonèmes sont à mi-chemin entre la voyelle et la consonne. Ils n'ont donc pas de spectre fréquentiel bien défini parce que celui-ci dépend de l'association des phonèmes adjacents employés.

Etant donné que les voyelles ont une intensité plus importante que les consonnes (différence de 20 dB), les consonnes sont masquées par les voyelles.

Cette répartition, en fonction du spectre fréquentiel et de l'intensité, peut être schématisée par la banane vocale, représentée ci-dessous :

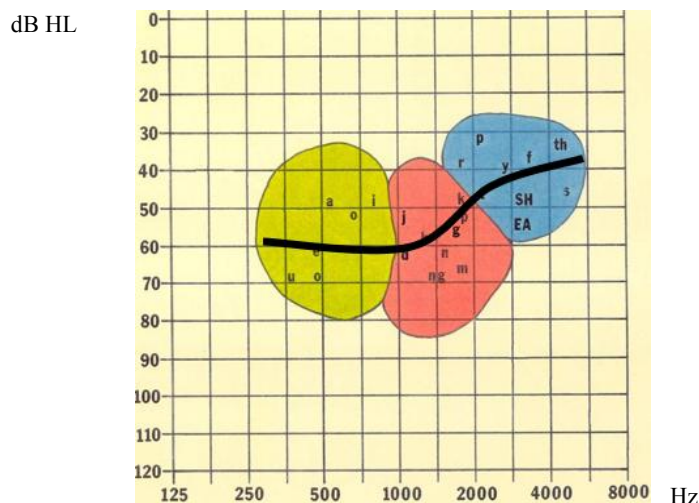


Figure 11 : Représentation de la banane vocale [23]

I. E. Synthèse des rappels

A travers de ces rappels théoriques nous avons décrit le SII, la manière dont il est calculé, et son objectif.

En conséquence nous avons exploré ce qui pouvait entraver la compréhension, c'est à dire la surdité, en approfondissant la presbycusie, et les troubles cognitifs.

Nous avons aussi abordé des notions de base en phonétique afin de mieux appréhender les aspects de l'audiométrie vocale et du test syllabique de Frank LEFEVRE, que nous aborderons dans le prochain chapitre.

Notre problématique est de savoir s'il y a une corrélation entre le SII et l'intelligibilité réelle chez le patient malentendant appareillé. Nous allons désormais mettre en place un protocole expérimental pour tenter d'avoir des éléments de réponses.

Dans la prochaine partie de ce mémoire, nous allons donc construire notre protocole d'étude en détaillant chacun des éléments.

II. Etude clinique

II. A. Objectifs

Dans un laboratoire d'audioprothèse, l'évaluation de l'intelligibilité avec appareils se fait obligatoirement par l'intermédiaire d'une audiométrie vocale.

Cependant, nous avons vu avec le SII qu'il est aussi possible d'estimer l'intelligibilité d'une personne normo-entendante sans sa participation.

Il serait intéressant de savoir si cette estimation pourrait aussi être possible chez le sujet malentendant, qui plus est s'il est appareillé.

Pour cela nous devons mettre en place un protocole afin de répondre à cette question.

Le but de ce dernier sera de mesurer l'intelligibilité du patient du sujet malentendant appareillé, ainsi que le SII calculé en périphérie du tympan.

Une étude comparative de ces deux valeurs sera ensuite réalisée.

II. B. Protocole

II. B. 1. Matériel

Pour réaliser nos mesures, nous disposons de:

- Une chaîne de mesure *Aurical Plus* avec une module In Vivo qui servira pour réaliser l'audiogramme du patient, les réglages et la vérification de ses aides auditives,
- Un système de 6 haut-parleurs pour les réglages des aides auditives et la mesure de l'intelligibilité en champs libre,
- Une chaîne de mesure *Affinity 2.0* pour la mesure du SII,
- Le logiciel *Audyx* pour la passation des tests vocaux.

II. B. 2. Otoscopie

Il est important de procéder à une otoscopie avant de commencer les tests pour vérifier l'intégrité du tympan, l'absence d'otite moyenne ou externe, ou de tout élément obstruant le conduit auditif comme un bouchon de cérumen.

L'état local du conduit auditif conditionne la réalisation d'une audiométrie valide et la possibilité ou non d'utiliser la mesure in vivo.

II. B. 3. Audiométrie SPL

La mesure du SII se fait grâce à des mesures au tympan, il est donc primordial que les seuils auditifs du patient soient donnés en dB SPL et non pas en dB HL (Hearing Level).

Faisons le point sur ces deux notions :

- Le décibel SPL (Sound Pression Level) est obtenu par la formule [24]:

$$L_{SPL} = 10 \log \left(\frac{P_{eff}}{P_0} \right)^2 \text{ (dB SPL)} \quad (8)$$

avec :

- L = valeur de l'intensité sonore en décibel SPL
- P_{eff} = pression efficace mesurée (Pascal (Pa))
- P_0 = pression acoustique efficace de référence (20 μ Pa)

Le 0 dB SPL équivaut au seuil d'audibilité de l'être humain normo-entendant pour un son ayant une fréquence de 1000 Hz et de pression 20 μ Pa.

Il s'agit là du dB SPL physique. Pour tenir compte de la non linéarité de l'oreille en fréquence et en intensité, il est nécessaire de pondérer cette valeur.

Les courbes isosoniques correspondent aux sons procurant une même sensation d'intensité à 1000 Hz et sont données en Phones (Ph).

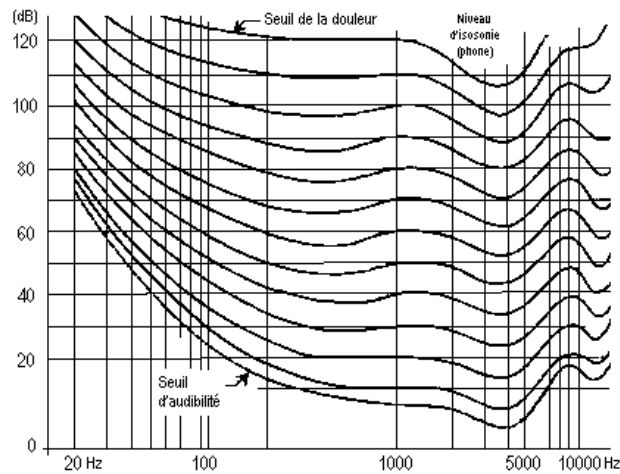


Figure 12 : Courbes isosoniques [25]

Nous obtenons alors un audiogramme SPL pour un normo-entendant: figure 13

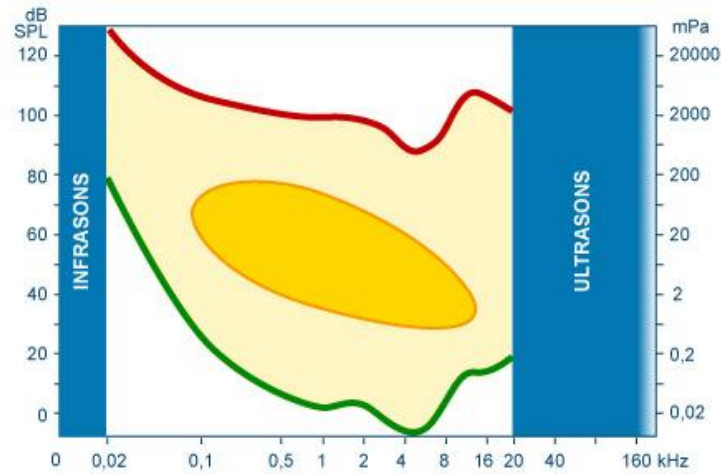


Figure 13 : Champ auditif du normo-entendant en dB SPL [26]

- En audiologie, la mesure des seuils d'audition et l'intelligibilité sont fréquemment réalisés en dB HL (Hearing Level).

Le calcul du dB HL est basé sur l'audiogramme SPL du normo-entendant, sur lequel les seuils sont ramenés à 0 pour servir de base.

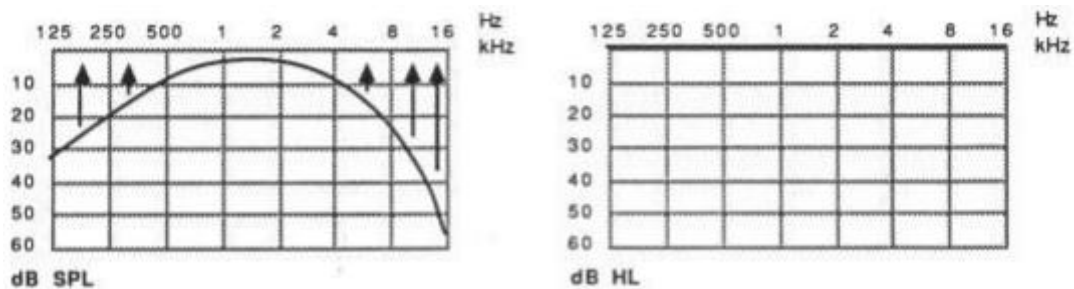


Figure 14 : Passage du dB SPL en dB HL [27]

Pour notre étude, nous réaliserons nos mesures de seuils d'audition exclusivement en dB SPL car cette dernière apporte beaucoup d'avantage :

- Les seuils en SPL donnent une vision beaucoup plus fidèle de l'audition du patient,
- La mesure In Vivo donne des valeurs en dB SPL, il est donc préférable que toutes les mesures réalisées en amont soient dans la même unité,
- L'audioprothésiste visualise l'effet exact de ses réglages par rapport aux seuils de son patient,
- La conversion du dB HL en SPL par les logiciels d'audiométrie est souvent source d'erreur car elle se base sur des données statistiques, et ne prend pas en compte les données interindividuelles.

Pour réaliser une audiométrie en dB SPL, il est nécessaire de réaliser l'audiométrie avec des inserts.

Pour s'assurer de l'étanchéité parfaite de la mousse au niveau du conduit du patient, une procédure faisant intervenir la mesure In Vivo est obligatoire.

Tout d'abord, le praticien place une sonde In Vivo à la périphérie du tympan du patient. Nous procédons alors à une mesure du gain de l'oreille REUG (*Real Ear Unaided Gain*). Au même moment, le praticien place l'insert dans le conduit du patient. Une bonne étanchéité est atteinte lorsque le gain de l'oreille devient négatif à partir du 500 Hz. Après ces manipulations, une calibration SPL est réalisée dans l'oreille du patient. Une fois faite des deux côtés, l'audiométrie peut commencer.

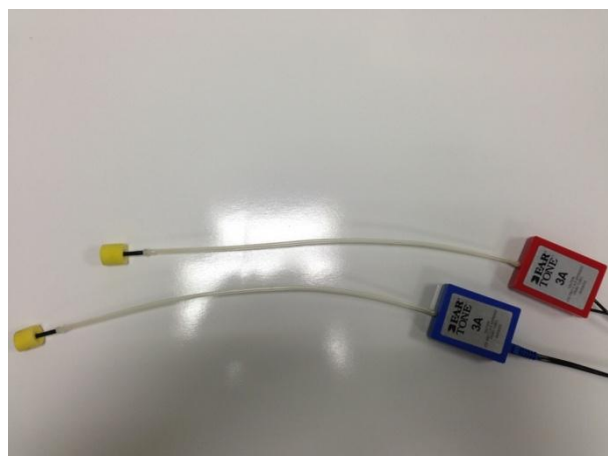


Figure 15 : Inserts en mousse Ear 3A

Cette procédure ne peut se faire qu'avec certaines chaînes de mesure (*Aurical Plus*), et si celles-ci ne sont pas à disposition du praticien, une mesure du RECD (*Real Ear to Coupler Difference*) [28] peut aussi convenir. Il s'agit de faire la différence de pression en décibel entre l'oreille du patient et un coupleur 2cm^3 , pour chaque fréquence et pour un même signal. Cela permet d'obtenir des seuils en dB SPL à partir de la mesure en dB HL. Cette technique conserve donc les caractéristiques interindividuelles de chaque patient.

L'audiométrie tonale mesure :

- les seuils d'audition,
- les niveaux de confort (*Most Comfortable Level* MCL), c'est à dire l'intensité à laquelle le patient ressent un confort d'écoute,
- les niveaux d'inconfort (*Uncomfortable Level* UCL), qui représente l'intensité pour laquelle les sons sont trop forts, mais sous le seuil de douleur du patient.

Ces trois éléments permettent de :

- connaître la dynamique résiduelle du patient pour appréhender plus facilement les difficultés de ce dernier,
- vérifier qu'il n'y ait pas de variations de son audition au cours du temps,
- donner une base de réglages.

II. B. 4. Nettoyage des aides auditives et réglages

Avant de passer aux tests, les aides auditives du patient doivent être nettoyées et contrôlées pour vérifier leur bon fonctionnement. Il est donc nécessaire d'effectuer :

- Une vérification des entrées microphones et de la sortie écouteur,
- Une vérification de la pile,
- Un contrôle de l'embout,
- Un contrôle de sonorité au stéthoscope.

Les niveaux de sortie de l'aide auditive seront vérifiés directement dans l'oreille du patient par l'intermédiaire de la mesure In Vivo.

Les réglages des appareils sont calqués sur la même méthode pour tous les patients. En voici les bases :

- L'amplification des sons faibles se cale sur les seuils du patient en ciblant les fréquences 500, 750, 1k, 1,5k, 2k et 2,5 Hz,
- L'amplification des sons moyens suit la même logique en se calant cette fois-ci sur les niveaux de confort du malentendant,
- Le niveau de sortie des sons forts doit lui être réglé de façon à ne pas dépasser les niveaux d'inconforts.

Toutes ces amplifications se font sur plusieurs semaines et tiennent compte des doléances du patient. Le réglage définitif peut être différent des valeurs théoriquement attendues (au-dessus ou en-dessous).

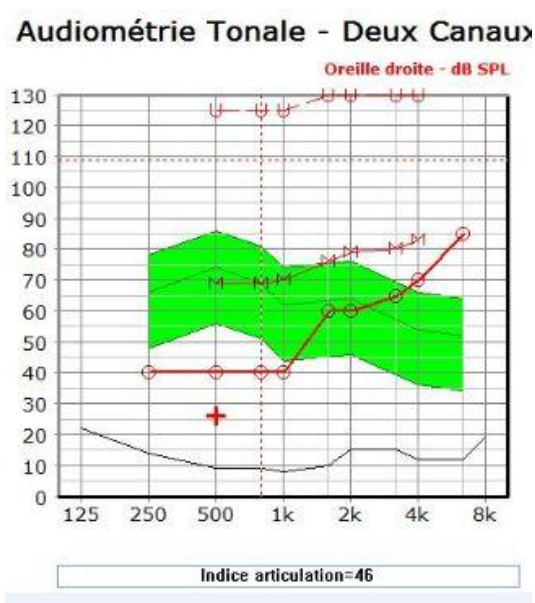


Figure 16 : Audiogramme avec seuil d'audition, seuil de confort (MCL) et seuil d'inconfort (UCL)



Figure 17 : Courbes de réponse de l'aide auditive dont les réglages sont basés sur l'audiogramme ci-contre

Cette méthode de réglage fut celle utilisée pour notre étude clinique. Cependant, elle ne constitue en rien une référence. D'autres méthodologies (NAL NL 1 et 2, DSL...) sont également applicables. Le point important est que la même technique de réglage soit appliquée à tous les sujets pour avoir la même base de travail et éviter des disparités trop importantes.

II. B. 5. Test de SPAN

Lors de l'entrevue avec le patient, il peut arriver que le patient présente les symptômes de troubles cognitifs. Nous pouvons prendre pour exemple des difficultés à appliquer les consignes, des troubles de l'orientation ou des difficultés à trouver ses mots.

Pour contrôler l'état cognitif du sujet, le praticien peut faire passer un test de SPAN au patient [29]. Ce test permet d'évaluer la qualité de la mémoire immédiate du patient.

Pour cela, le testeur fait répéter des séries de chiffres au patient à un niveau supraliminaire, sans lecture labiale. Le sujet doit alors répéter au moins 7 chiffres, avec au maximum 2 erreurs, au bout de 2 tentatives.

Exemple:

5 8 2	6 4 3 9	4 2 7 3 1	6 1 9 4 7 3	5 9 1 7 4 2 8
6 9 4	7 2 8 6	7 5 8 3 6	3 9 2 4 8 7	4 1 7 9 3 8 6

Si le nombre de chiffres répétés est inférieur à 5, des troubles de mémoire immédiate peuvent être suspectés.

Pour les tests d'intelligibilité, le patient doit montrer des capacités cognitives dites "normales", c'est à dire en adéquation avec son âge et sa surdité.

Si ce n'est pas le cas, la compréhension qui sera évaluée ne sera pas représentative de la population de malentendant "normaux" et les statistiques pourraient être faussées.

Si, durant l'étude clinique, un sujet ne réussit pas le test, il faut donc abandonner la suite du protocole.

Ce test a été utilisé dans de très rares cas, et nous n'avons dû exclure qu'un seul patient durant l'étude.

II. B. 6. Audiométrie vocale

Dans cette partie, nous allons rappeler les principes de l'audiométrie vocale et en quoi consiste le test syllabique de Frank LEFEVRE que nous allons utiliser.

L'audiométrie vocale a pour but de mesurer qualitativement l'intelligibilité d'un patient. Elle permet de faire un état des lieux de la fonction auditive du sujet à percevoir les sons de la parole, d'analyser les effets d'une aide auditive, de comparer les bénéfices des différentes prothèses.

En poussant l'analyse plus loin, l'audiométrie vocale, si elle est comparée à l'audiométrie tonale, peut révéler certaines informations.

Par exemple si le patient possède une compréhension inférieure à ce qu'il devrait avoir par rapport à sa surdité, nous pouvons en déduire que des distorsions supraliminales (atteinte de la cochlée ou des voies auditives centrales) sont présentes. L'appareillage risque alors de se faire plus difficilement.

Le matériel vocal varie selon les tests utilisés : mots, phrases, logatomes (mots dénués en sens pour éviter la suppléance mentale) ou encore des chiffres. L'unité d'erreur varie entre le mot, la phrase, le chiffre ou le phonème.

Détaillons maintenant le test que nous allons utiliser :

Frank LEFEVRE, audioprothésiste et docteur en phonétique, est le concepteur du test syllabique qui porte son nom [30].

Celui-ci, créé en 2004, est constitué de 7 listes de 20 syllabes répétées trois fois, avec une structure CV (Consonne-Voyelle). Les listes sont de complexités égales et finissent toujours par des syllabes avec un niveau de difficulté moins important pour ne pas décourager le patient.

La répétition successive d'une même syllabe à trois reprises permet une meilleure exploitation de l'enveloppe temporelle par le sujet et donc d'éviter les confusions. Pour qu'une erreur soit prise en compte, le malentendant doit la répéter au moins une fois sur les trois. L'unité d'erreur est donc le phonème.

L'utilisation des syllabes permet d'éviter toute suppléance mentale et rend le test plus fiable et très reproductible. En effet, les tests utilisant des logatomes comme le test phonétique

de J.P. Dupret ou celui de J.C. Lafon peuvent faire intervenir la suppléance mentale du patient par confusion phonétique avec des mots signifiants.

Afin de se rapprocher au maximum d'un signal de parole normale, les listes syllabiques n'ont pas été ajustées à une même valeur RMS (valeur efficace) pour conserver les variations d'intensité entre les syllabes.

gé	jou	pa	cha	ché	ba	pé
chau	bé	té	bain	bou	chou	dau
ti	quin	si	qui	ni	fin	guon
fan	chi	zain	dou	tain	vi	fi
pain	mu	lon	van	zeu	pau	sau
vou	za	tou	mau	pan	neu	va
sa	peu	beu	nu	kau	ton	zé
deu	gau	fu	pon	son	sé	jain
bon	non	vau	gueu	vu	du	queu
lu	tan	mé	lé	fa	jan	la
mi	fau	quan	teu	mon	main	nau
cou	li	bi	sain	dan	lou	tu
zo	vé	dain	gi	gain	zi	dé
nain	su	chan	lan	jo	kon	chon
gué	don	ju	zu	leu	gu	bu
pu	nan	na	qué	zou	né	mou
gan	vain	gou	bau	chu	ga	fou
ceu	feu	cheu	fon	fé	tau	nan
von	pou	zon	nou	qua	san	veu
ma	da	lau	ja	ban	jeu	ta
Phonèmes /40 erronés	Phonèmes /40 erronés	Phonèmes /40 erronés	Phonèmes /40 erronés	Phonèmes /40 erronés	Phonèmes /40 erronés	Phonèmes /40 erronés

Tableau 3: Listes du test syllabique de Frank LEFEVRE [30]

Le choix de ce test vocal dans cette étude clinique se justifie par les différents points mentionnés précédemment mais également par son utilisation quotidienne dans le laboratoire d'audioprothèse dans lequel les tests ont été réalisés. Les sujets testés étaient ainsi déjà familiarisés avec l'exercice, ce qui évitait toute erreur due à une mauvaise compréhension des consignes.

Avant de commencer l'audiométrie vocale, comme pour la mesure du SII, il est primordial de vérifier le bon fonctionnement des aides auditives par l'intermédiaire de la mesure In Vivo ou par passage en chaîne de mesure.

Le praticien devra vérifier que les courbes de réponses données par les prothèses coïncident avec les données enregistrées précédemment.

Pour cette étude, l'audiométrie vocale se fait à une intensité d'émission de 65 dB SPL en champ libre avec les 2 premières listes du test syllabique de Frank LEFEVRE, sans lecture labiale. Ce niveau d'émission a été choisi pour représenter au mieux le niveau de parole normale lors d'une conversation qui se situe entre 60 et 70 dB.



Figure 18 : Cabine d'examen avec système de haut-parleurs pour les mesures en champ libre

Le patient est appareillé et le test se fait oreille par oreille. Pour cibler une oreille après l'autre, il peut être nécessaire d'assourdir l'oreille controlatérale avec un bruit de masque de type "Speech Noise".

Les tests vocaux ont été réalisés avec le logiciel *Audyx*, développé par Yves LASRY, audioprothésiste. Cet outil regroupe la totalité des tests audiométriques vocaux et tonaux que nous pouvons faire en champ libre.

De par sa conception, il facilite la passation des épreuves en permettant de noter avec précision les phonèmes erronés. Le temps de l'examen diminue grandement, ce qui permet de ne pas trop fatiguer le patient.



Figure 19 : Passation du test syllabique de Frank Lefèvre avec le logiciel Audyx

II. B. 7. Mesure du SII

Une fois l'audiométrie vocale effectuée, nous pouvons procéder à la mesure du SII.

La mesure du SII avec la chaîne de mesure Affinity 2.0 se fait par l'intermédiaire de la mesure In Vivo.

Voici la procédure :

Le praticien rentre l'audiogramme du sujet dans le logiciel et place les sondes In Vivo en périphérie des tympans. Il faut alors effectuer une procédure de calibration dite "Open Fit" pour calibrer chaque sonde.

A la suite de ces manipulations, les aides auditives peuvent être mises en place.

La mesure du SII est donnée par le module "*Visible Speech*", qui nous donne des valeurs calculées avec et sans appareils auditifs à partir d'un signal émis en champ libre. Pour notre étude, le niveau d'émission sera de 65 dB SPL comme pour l'audiométrie vocale et le signal sera l'ISTS.

L'International Speech Test Signal ou ISTS est un signal formé par 21 locutrices récitant un texte dans 6 langues différentes. Ce signal a été créé pour représenter au mieux un signal de parole sur un long terme, c'est à dire les différents traits acoustiques du son de la parole comme les crêtes et les silences.

De plus, l'ISTS est conçu de telle sorte que les modulations de toutes les bandes de fréquences soient en phase. Ce critère est considéré par les algorithmes de certaines aides auditives comme un indice de présence de parole. Pour des tests avec aides auditives, les résultats obtenus lors des mesures seront proches de ceux obtenus en condition réelle [31]. Pour nos mesures, la durée d'émission est d'environ 12 secondes au minimum, jusqu'à que la valeur du SII donnée ne varie plus [11].

Par souci de rigueur, nous avons aussi utilisé un signal obtenu grâce à une liste de test syllabique de Frank LEFEVRE, en coupant les pauses entre les items. Nous avons diffusé ce dernier de manière continue, mais la différence de valeur avec l'ISTS n'était que de plus ou moins 1% par rapport au SII. Nous avons donc choisi de poursuivre les tests avec l'ISTS.

Exemple du signal construit avec une des listes du test syllabique de Frank LEFEVRE :
gé-gé-gé - (pause) - chau-chau-chau - (pause) - ti-ti-ti - (pause) - fan-fan-fan ...
⇒ gé-gé-gé-chau-chau-chau-ti-ti-ti-fan-fan-fan...

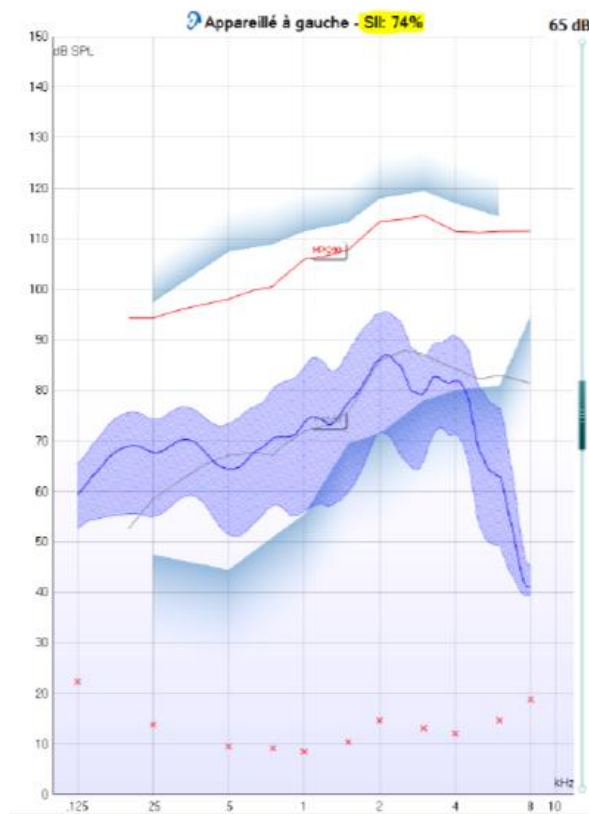


Figure 20 : Mesure du SII avec la chaîne de mesure Affinity [2]

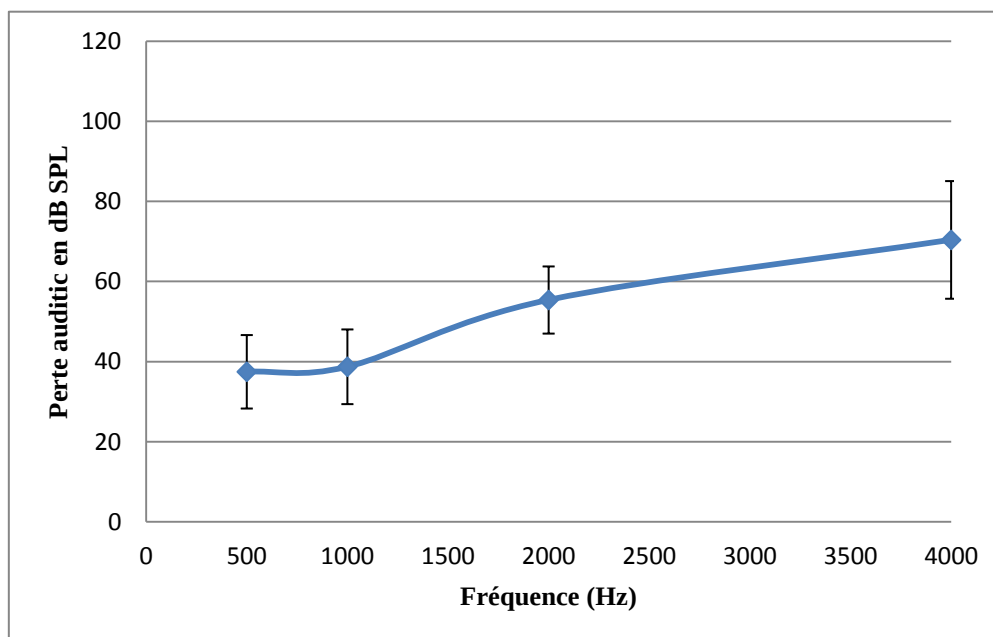
II. C. Sujets testés

Cette étude clinique fut réalisée dans le laboratoire d'audioprothèse Centre Bretagne Audition à Gourin, se situant dans le Morbihan (56) et compte environ 4000 habitants. Ce laboratoire est dirigé par Mr Stéphane LAURENT, audioprothésiste et président du Collège National d'Audioprothèse.

Pour cette étude, 43 patients ont été testés, avec des âges allant de 53 à 85 ans et une moyenne de 74,5 ans. Il y a 22 femmes pour 21 hommes.

Les surdités représentées ont été comptabilisées oreille par oreille et classifiées selon les recommandations du BIAP (Bureau International Audio-Phonologie). Leur audiogramme moyen est aussi représenté :

- 12 surdités moyennes de groupe 1 (Perte tonale moyenne allant de 41 à 55 dB),

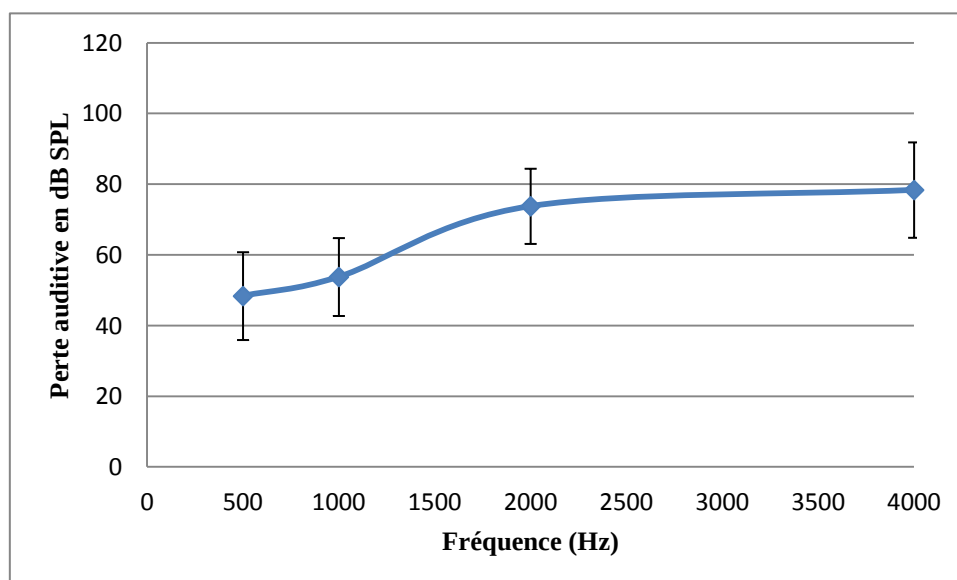


Graphique 1 : Audiogramme moyen pour des surdités moyennes de groupe 1

Fréquence (Hz)	500	1000	2000	4000
Perte moyenne (dB SPL)	37,50	38,75	55,42	70,42
Ecart type (dB SPL)	9,17	9,32	8,38	14,69

Tableau 4: Valeurs de l'audiogramme moyen pour des surdités moyennes de groupe 1

- 36 surdités moyennes de groupe 2 (Perte tonale moyenne allant de 56 à 70 dB),

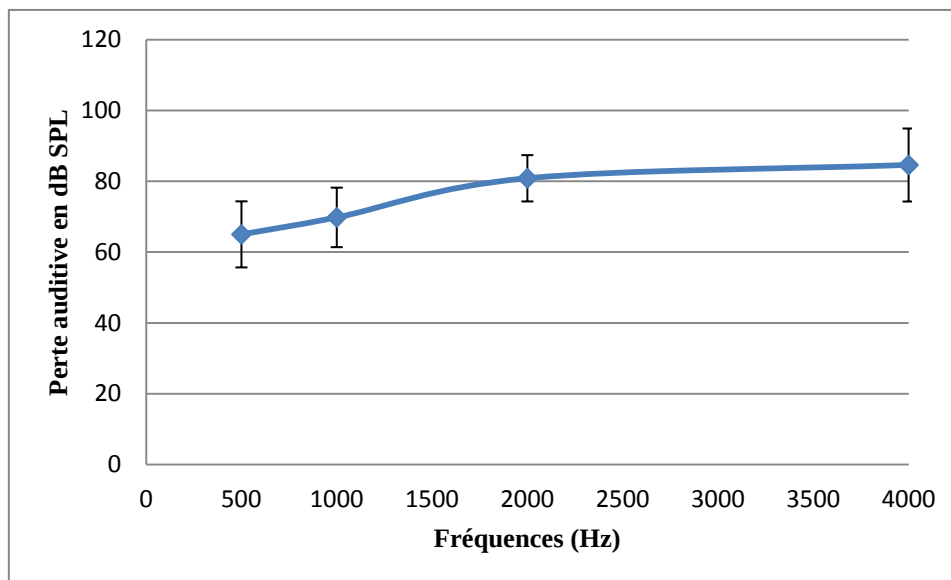


Graphique 2 : Audiogramme moyen pour des surdités moyennes de groupe 2

Fréquence (Hz)	500	1000	2000	4000
Perte moyenne (dB SPL)	48,38	53,78	73,78	78,38
Ecart type (dB SPL)	12,42	11,02	10,63	13,49

Tableau 5 : Valeurs de l'audiogramme moyen pour des surdités moyennes de groupe 2

- 19 surdités sévères de groupe 1 (Perte tonale moyenne allant de 71 à 80 dB),

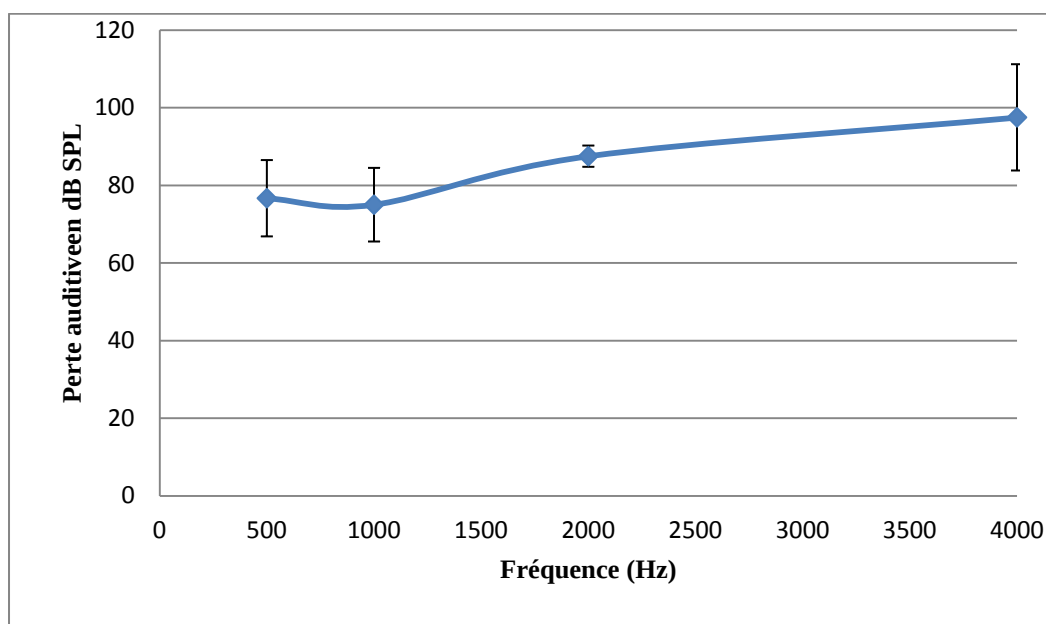


Graphique 3 : Audiogramme moyen pour des surdités sévères de groupe 1

Fréquence (Hz)	500	1000	2000	4000
Perte moyenne (dB SPL)	65,00	69,79	80,83	84,58
Ecart type (dB SPL)	9,33	8,40	6,54	10,31

Tableau 6 : Valeurs de l'audiogramme moyen pour des surdités sévères de groupe 1

- 5 surdités sévères de groupe 2 (Perte tonale moyenne allant de 81 à 90 dB)



Graphique 4 : Audiogramme moyen pour des surdités sévères de groupe 2

Fréquence (Hz)	500	1000	2000	4000
Perte moyenne (dB SPL)	76,67	75,00	87,50	97,50
Ecart type (dB SPL)	9,83	9,49	2,74	13,69

Tableau 7 : Valeurs de l'audiogramme moyen pour des surdités sévères de groupe 2

Nous constatons que l'ensemble des surdités présentes dans cette population ont un profil de type presbycusique. Cette remarque sera donc à prendre en compte dans la suite de nos investigations.

Les aides auditives portées par les patients sont variables :

- contour d'oreille classique,
- appareillage type "open": contour tube fin et aides auditives à écouteur déporté,
- intra auriculaire.

II. D. Résultats de l'étude

Cette étude clinique a été réalisée pour déterminer s'il y a, ou non, une corrélation entre le SII et le test syllabique de Frank LEFEVRE.

Il est aussi intéressant de vérifier s'il peut aussi y avoir une corrélation entre le SII et l'âge du patient, son nombre d'années d'appareillage et son nombre d'heures de port quotidien.

Ces 3 points seront étudiés en préambule.

NB: Il est important de préciser que certaines informations ont été impossibles à collecter. En effet, certains patients n'ont pas effectué leur premier appareillage dans le laboratoire d'étude, leur historique est donc incomplet et il est difficile de savoir précisément depuis quand ils sont appareillés. Nous avons été confrontés au même problème pour les heures de port, d'autant plus si les aides auditives ne possèdent pas de *Data Logging* (historique de fonctionnement).

II. D. 1. Notions de statistique

Notre étude comporte des données statistiques et il est important d'exposer quelques notions de base en statistique pour la suite de la lecture.

Coefficient de corrélation linéaire: Cet élément nous donne le degré (fort, moyen, faible...) et le sens (positif ou négatif) de la relation qui lie deux variables (âge et SII, résultats au test syllabique et SII...).

Ce coefficient varie de -1 à +1.

- ⇒ +1 il y a un lien très fort entre les deux variables, la relation est dite croissante, c'est à dire que les deux variables varient dans le même sens,
- ⇒ -1, le lien entre les deux variables est également très fort mais les deux variables progressent dans le sens contraire.

Sa formule mathématique demande quelques définitions [32]:

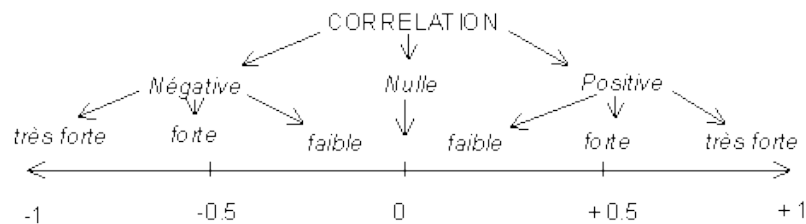
- Soit X et Y deux suites de variables,
- N le nombre total d'individu dans la population,
- x_i et y_i les différentes valeurs de X et Y,
- $\bar{x}$ et $\bar{y}$, les moyennes de ces deux variables,
- la covariance entre ces deux variables est donné par la formule :

$$\text{Covariance (X;Y)} = \frac{1}{N} \times \sum_{i=1}^n (x_i - \bar{x})(y_i - \bar{y}) \quad (9)$$

Le coefficient de corrélation est donné par la formule :

$$\text{Coefficient de corrélation: } \frac{\text{covariance}(X;Y)}{\text{écart type } X \times \text{écart type } Y} \quad (10)$$

Nous trouvons ci-dessous un schéma récapitulatif expliquant le coefficient de corrélation:



Graphique 21 : Schéma récapitulatif du coefficient de corrélation [32]

L'écart type traduit la dispersion des valeurs autour de la moyenne. Nous considérons que :

- plus l'écart type est faible, plus les résultats sont homogènes,
- plus l'écart type est grand, plus les résultats sont dispersés autour de la moyenne.

La médiane correspond à la valeur qui divise notre distribution en deux parties égales. En d'autres mots, 50% des valeurs de notre distribution se situent en-dessous de la médiane et 50% se situent au-dessus de celle-ci.

Le premier quartile correspond à la valeur en-dessous de laquelle se situent 25% des valeurs de notre distribution.

Le troisième quartile correspond à la valeur en-dessous de laquelle se situent 75% des valeurs de notre distribution.

II. D. 2. Age, heure de port et année d'appareillage

Dans cette partie, nous allons tenter de savoir si l'âge, le nombre d'heures de port de l'aide d'auditive et le nombre d'année d'appareillage ont une influence sur le SII.

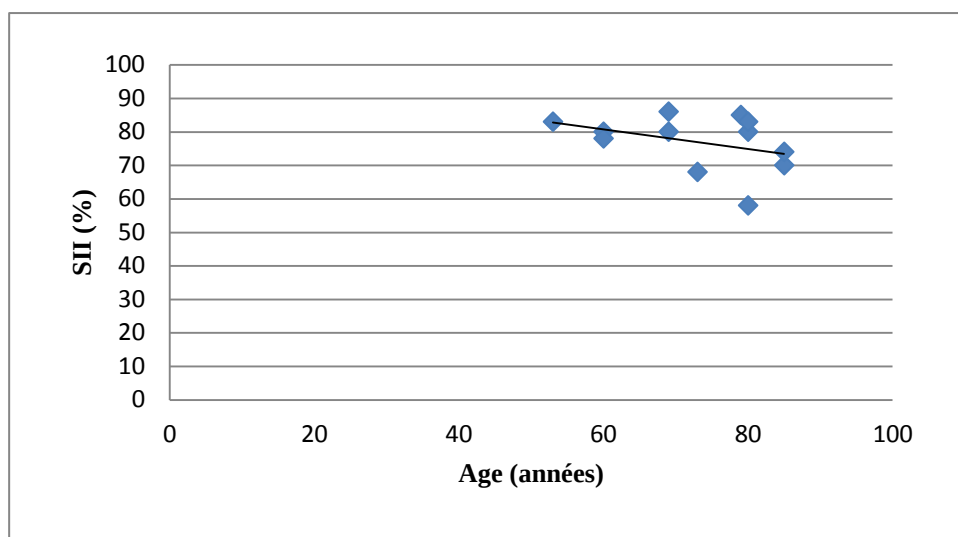
Cette étude se fera par type de surdité (moyenne groupe 1, moyenne groupe 2...) selon les critères du BIAP. Cependant, pour les besoins de l'étude, nous avons réalisé nos audiométries en dB SPL et non HL. La classification des surdités se fera donc en dB SPL.

II. D. 2. a. SII et Age

Comme dit précédemment, l'âge des patients testés varie entre 53 et 85 ans avec une moyenne d'âge de 74,5 ans.

Nous avons collecté le SII de chaque oreille et observé s'il y a un lien entre l'âge du patient et le *Speech Intelligibility Index*.

⇒ Surdités moyennes de groupe 1 :



Graphique 5 : Corrélation entre Age et SII pour des surdités moyennes de groupe 1 appareillées

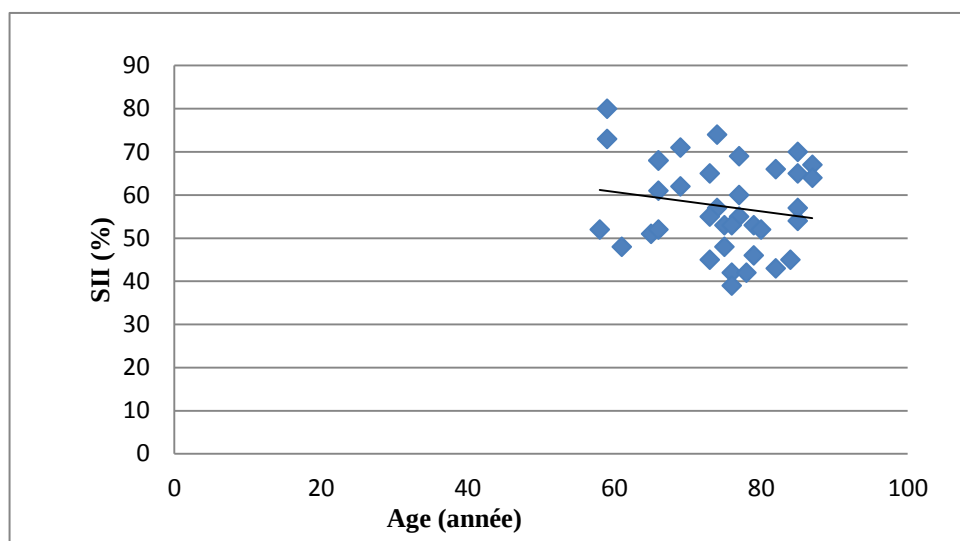
Le coefficient de corrélation linéaire entre le SII et l'âge du patient pour des surdités moyennes de groupe 1 vaut **-0,38**.

D'après le schéma récapitulatif du coefficient de corrélation illustré précédemment, nous observons que la corrélation est négative et faible, car elle est située entre 0 et -0,5.

Nous pouvons donc en déduire qu'il n'y a pas de corrélation entre l'âge du patient et le SII pour des surdités moyennes de groupe 1 appareillées.

Nous allons maintenant observer ce qu'il en est pour les autres surdités :

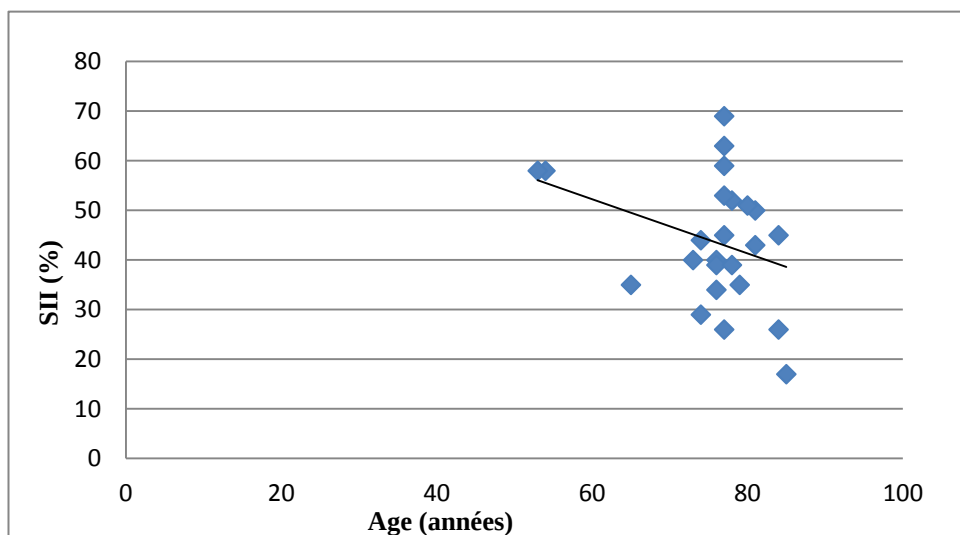
⇒ Surdités moyennes de groupe 2 :



Graphique 6 : Corrélation entre Age et SII pour des surdités moyennes de groupe 2 appareillées

Le coefficient de corrélation linéaire entre le SII et l'âge du patient pour des surdités moyennes de groupe 2 vaut **-0,18.**

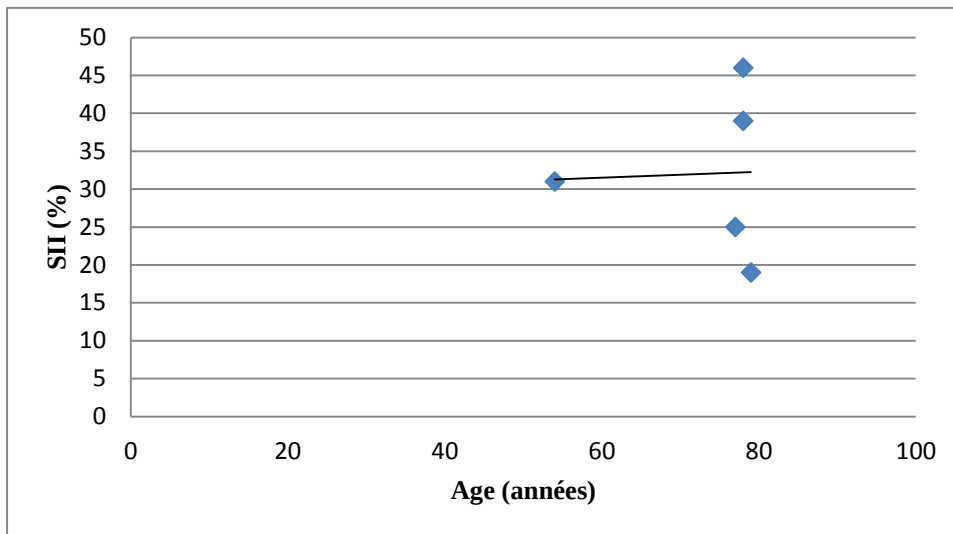
⇒ Surdités sévères de groupe 1 :



Graphique 7 : Corrélation entre Age et SII pour des surdités sévères de groupe 1 appareillées

Le coefficient de corrélation linéaire entre le SII et l'âge du patient pour des surdités sévères de groupe 1 vaut **-0,34.**

⇒ Surdités sévères de groupe 2 :



Graphique 8 : Corrélation entre Age et SII pour des surdités sévères de groupe 2 appareillées

Le coefficient de corrélation linéaire entre le SII et l'âge du patient pour des surdités sévères de groupe 2 vaut **0,04**.

D'après ces résultats, nous constatons qu'il n'y a une corrélation très faible entre l'âge du patient et le SII collecté dans chacune de ses oreilles.

En effet, les coefficients de corrélation sont faibles et négatifs pour les surdités moyenne de groupe 1 (-0.38) et sévère de groupe 1(-0.34), et très faible pour les surdités moyennes groupe 2 (-0.18) et sévères groupe 2 (0.04).

Nous pouvons émettre quelques hypothèses afin d'expliquer ce phénomène :

Nous savons que l'audition a tendance à diminuer avec l'âge, mais cette diminution est très variable d'un individu à un autre. Le degré de perte d'audition n'est pas toujours le même et les bandes de fréquences atteintes varient également. Il s'agit d'une variabilité inter-individuelle.

Or le SII, dans sa formule vue précédemment, utilise un indice d'importance par bande de fréquence. Le résultat final aura donc tendance à fluctuer selon les plages fréquentielles atteintes.

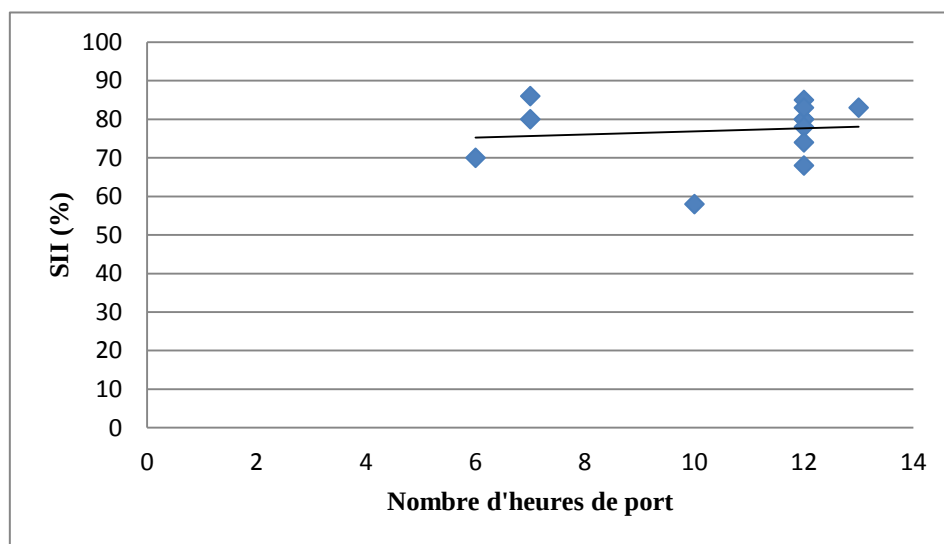
L'âge de l'individu n'a donc pas d'impact direct sur le SII, dans cette étude.

Cependant pour avoir des conclusions plus fiables, ces tests devraient se poursuivre sur un nombre beaucoup plus important de patient.

II. D. 2. b. SII et nombre d'heures de port des aides auditives

Nous avons collecté le SII de chaque oreille et observé s'il y a un lien entre le nombre d'heures de port des aides auditives du patient et le Speech Intelligibility Index mesuré dans ses oreilles. Ces données furent récupérées soit en consultant le Data Logging des prothèses auditives soit en questionnant le patient.

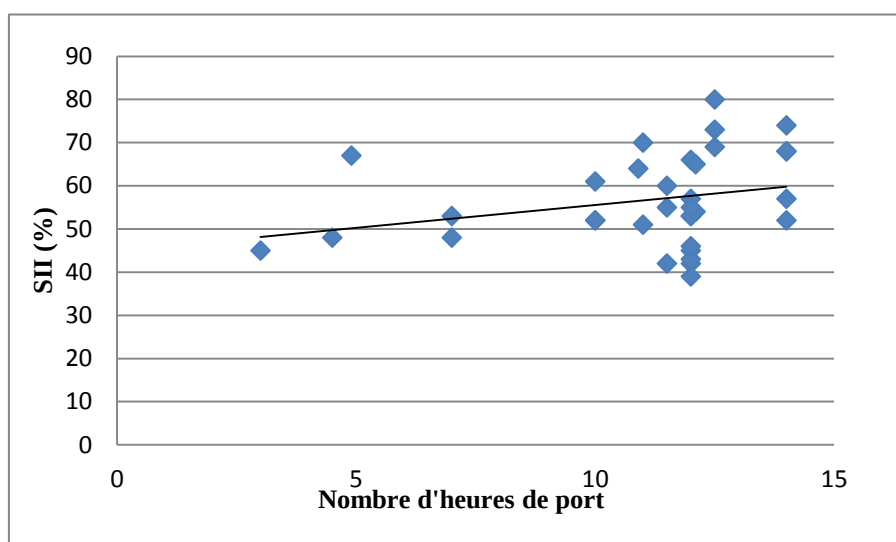
⇒ Surdités moyennes de groupe 1 :



Graphique 9 : Corrélation entre le nombre d'heures de port et SII pour des surdités moyennes de groupe 1

Le coefficient de corrélation linéaire entre le SII et le nombre d'heures de port du patient pour des surdités moyennes de groupe 1 vaut **0,12.**

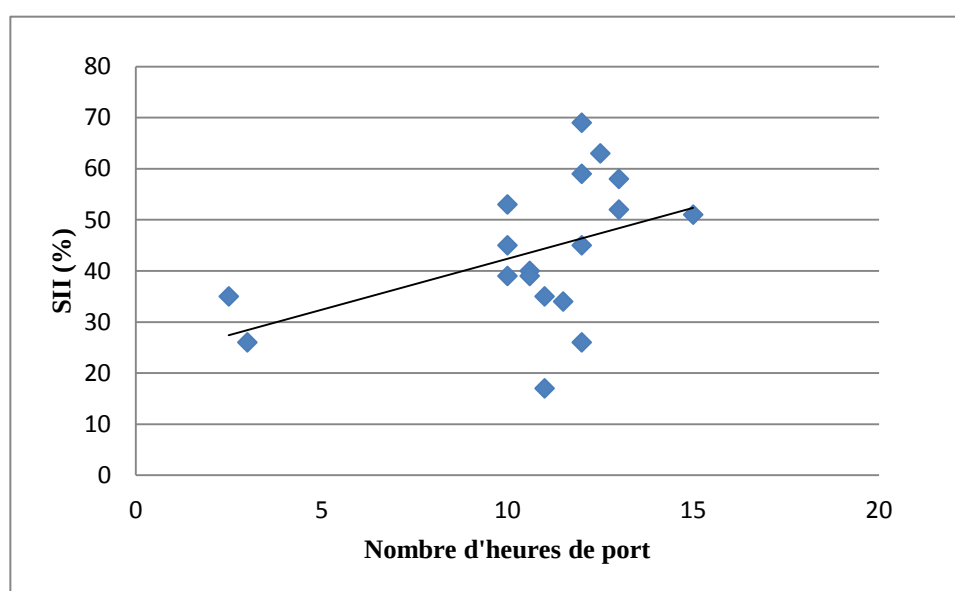
⇒ Surdités moyennes de groupe 2 :



Graphique 10 : Corrélation entre le nombre d'heures de port et SII pour des surdités moyennes de groupe 2

Le coefficient de corrélation linéaire entre le SII et le nombre d'heures de port du patient pour des surdités moyennes de groupe 2 vaut 0,27.

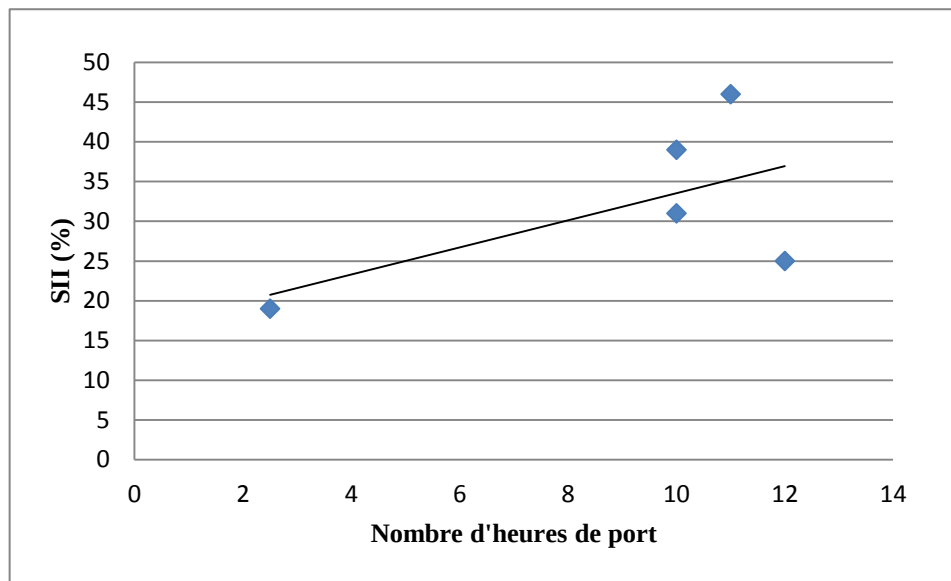
⇒ Surdités sévères de groupe 1 :



Graphique 11 : Corrélation entre le nombre d'heures de port et SII pour des surdités sévères de groupe 1

Le coefficient de corrélation linéaire entre le SII et le nombre d'heures de port du patient pour des surdités sévères de groupe 1 vaut 0,45.

⇒ Surdités sévères de groupe 2 :



Graphique 12 : Corrélation entre le nombre d'heures de port et SII pour des surdités sévères de groupe 2

Le coefficient de corrélation linéaire entre le SII et le nombre d'heures de port du patient pour des surdités sévères de groupe 2 vaut **0,60**.

D'après ces résultats, nous constatons que le coefficient de corrélation entre le SII et le nombre d'heure de port augmente avec la perte d'audition.

Cependant cette corrélation n'est significative que pour les surdités sévères.

Or le groupe des surdités sévères groupe 2 ne dispose pas d'un nombre d'oreilles testées suffisant (6 oreilles) pour avoir un véritable "poids" dans notre étude.

De plus, nous ne disposons pas de relevés réellement fiables, car les informations données par le *Data Logging* des aides auditives sont sujets à de nombreux facteurs d'erreurs : bugs, aide auditive laissée allumée sans être portée...

Et les réponses données par les patients ne peuvent pas être d'une grande fiabilité. Nous ne pouvons donc qu'évoquer une tendance qu'à le SII a augmenté avec le nombre d'heures de port.

L'exploitation de ces observations soulève une autre interrogation :

L'augmentation du nombre d'heures d'appareillage permettrait-il une conservation, voir une amélioration du SII ?

Cela voudrait dire que les seuils auditifs des patients auraient tendance à se stabiliser ou à augmenter avec le temps de port.

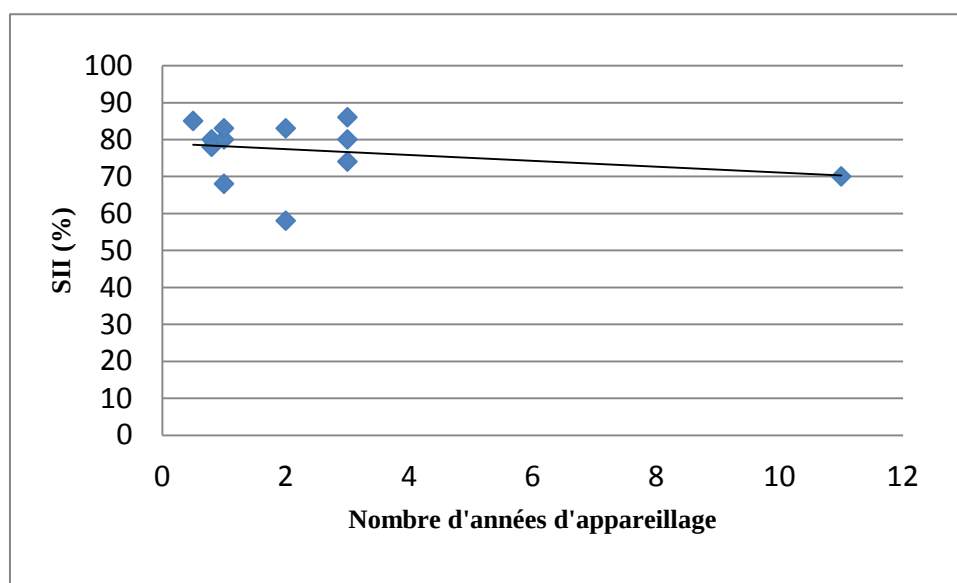
Cette question pourrait faire l'objet d'une autre étude avec un plus grand nombre de sujets, et des investigations dans d'autres domaines.

II. D. 2. c. SII et nombre d'années d'appareillage

Comme pour le nombre d'heures de port, il est intéressant de corréler le nombre d'année d'appareillage et le SII.

Voici les résultats obtenus

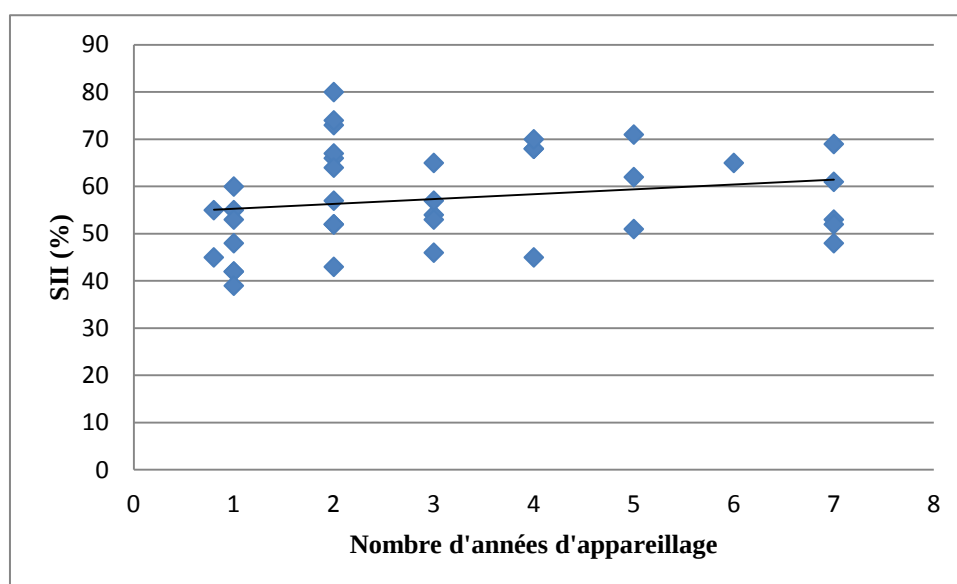
⇒ Surdités moyennes de groupe 1 :



Graphique 13 : Corrélation entre le nombre d'années d'appareillage et SII pour des surdités moyennes de groupe 1

Le coefficient de corrélation entre le SII et le nombre d'année d'appareillage pour les surdités moyennes de groupe 1 est: **-0,28**

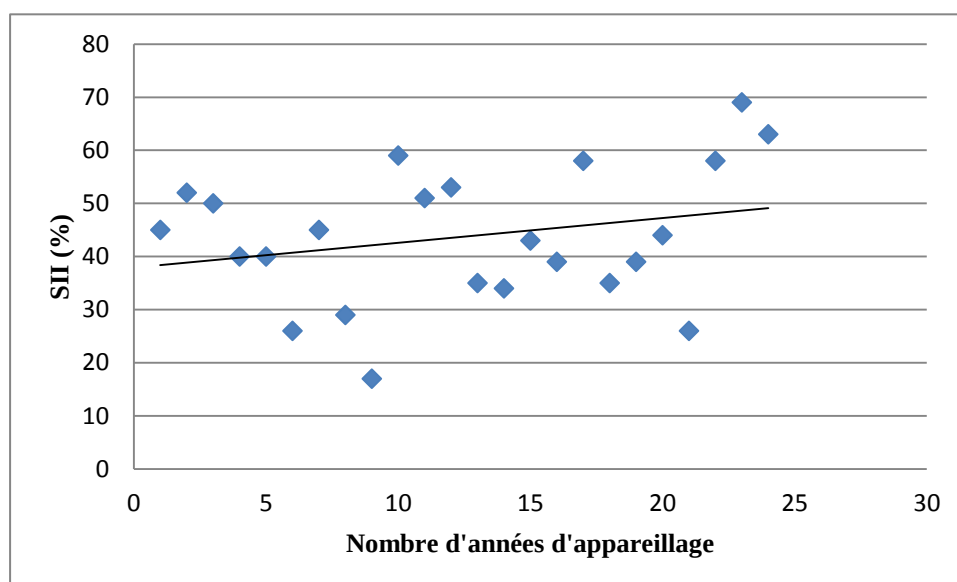
⇒ Surdités moyennes de groupe 2 :



Graphique 14 : Corrélation entre le nombre d'années d'appareillage et SII pour des surdités moyennes de groupe 2

Le coefficient de corrélation entre le SII et le nombre d'année d'appareillage pour les surdités moyennes de groupe 2 est: **0,20.**

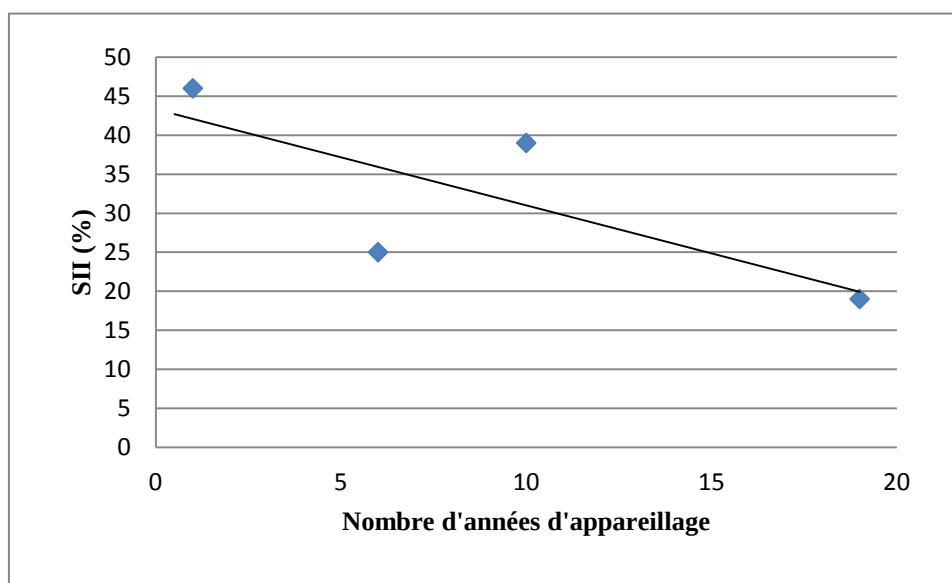
⇒ Surdités sévères de groupe 1 :



Graphique 15 : Corrélation entre le nombre d'années d'appareillage et SII pour des surdités sévères de groupe 1

Le coefficient de corrélation entre le SII et le nombre d'année d'appareillage pour les surdités sévères de groupe 1 est: **0,16.**

⇒ Surdités sévères de groupe 2 :



Graphique 16 : Corrélation entre le nombre d'années d'appareillage et SII pour des surdités sévères de groupe 2

Le coefficient de corrélation entre le SII et le nombre d'année d'appareillage pour les surdités sévères de groupe 1 est: -0,72.

Nous observons que les coefficients de corrélation entre le SII et le nombre d'années d'appareillage sont faibles pour les surdités allant de moyennes groupe 1 à sévères groupe 2. Il n'y a donc pas de corrélation entre le SII et le nombre d'année d'appareillage pour ces surdités.

En ce qui concerne les surdités sévères de groupe 2, nous avons un coefficient de corrélation fort et négatif de -0,72. Ce qui montre que pour ce type de surdité, le SII diminue avec le nombre d'années d'appareillage. Ce résultat peut paraître logique car nous savons que l'audition a tendance à se dégrader avec le temps, et ce malgré les aides auditives, car celles-ci ne permettent pas de tout corriger.

Malheureusement, au vu du peu d'oreilles testées dans ce groupe, nous ne pouvons donc pas émettre de conclusion fiable et précise.

II. D. 3. Corrélation entre SII et test syllabique de Frank LEFEVRE

Nous allons désormais nous intéresser aux résultats obtenus au test syllabique de Frank LEFEVRE corrélé au SII mesuré au tympan.

Les résultats seront classés selon les surdités comme précédemment. Les valeurs de SII obtenues seront ordonnées par classes (ex: 10 à 20%, 20 à 30 %...) et corrélées avec les scores obtenus au test syllabique pour chacune de ces classes.

Pour commenter les résultats obtenus lors de l'analyse de la corrélation entre le SII et le test syllabique de Frank LEFEVRE, nous avons utilisé le graphique du type « boîte à moustache » pour obtenir le profil essentiel d'une série statistique quantitative et comparer les résultats en fonction des données obtenues au test syllabique de Frank LEFEVRE et au SII.

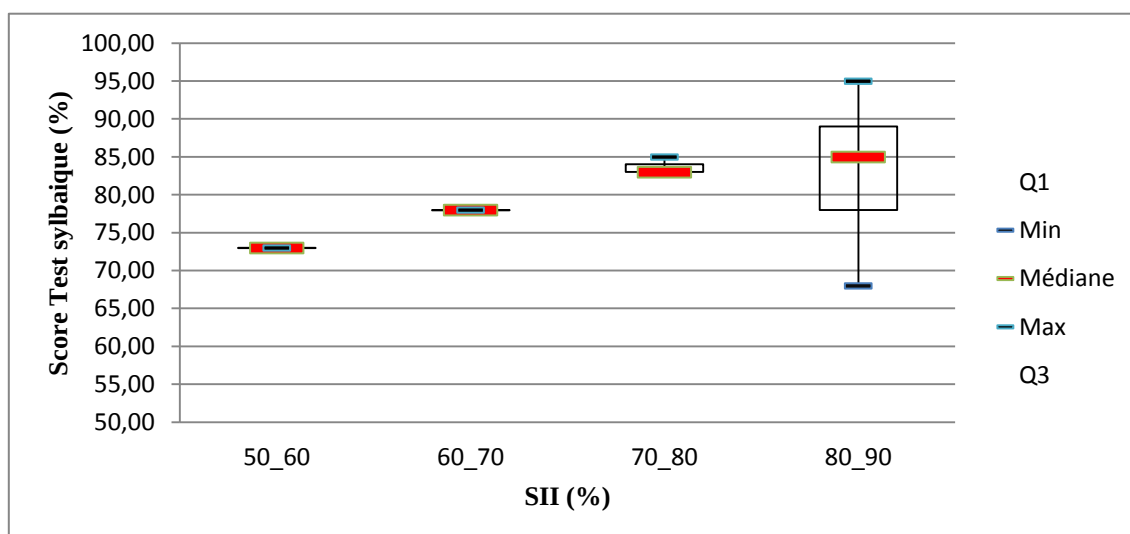
Ce type de graphique utilise la médiane, le premier quartile noté Q1, le troisième quartile noté Q3, ainsi que la valeur minimale et maximale d'une distribution.

Les valeurs minimale et maximale représentent les scores minimum et maximum au test syllabique.

Les extrémités de la boîte sont illustrées par la valeur minimale et maximale de la distribution. La boîte est délimitée par le premier et le troisième quartile, et est coupée par la médiane.

La définition de ces éléments est donnée au paragraphe **II D 1**.

II. D. 3. a. Surdités moyennes de groupe 1



Graphique 17 : Corrélation entre SII et test syllabique pour des surdités moyennes de groupe 1

SII (%)	50_60	60_70	70_80	80_90
Scores test syllabique				
Nombre d'oreilles testées	1	1	3	7
Min	73,00	78,00	83,00	68,00
Q1	73,00	78,00	83,00	78,00
Médiane	73,00	78,00	83,00	85,00
Q3	73,00	78,00	84,00	89,00
Max	73,00	78,00	85,00	95,00
Moyenne	0,00	0,00	83,67	83,14
Ecart type	0,00	0,00	1,15	9,17

Tableau 8 : Valeurs du graphique 17

Le coefficient de corrélation entre le SII et le test syllabique pour les surdités moyennes de groupe 1 est de **0,45**.

D'après ces résultats, nous observons que les scores au test syllabique ont tendance à augmenter de pair avec le SII, comme le confirme le coefficient de corrélation de 0,45. Ce résultat est prévisible car l'intelligibilité augmente avec l'audibilité, or plus le SII est important plus l'audibilité est grande.

Cependant, ce coefficient de corrélation reste moyen et il y existe une grande disparité entre les résultats théoriquement attendus et ceux relevés sur ces sujets.

Contrairement aux individus normo-entendants, ces patients n'atteignent jamais 90% d'intelligibilité pour un SII proche de 50%. Avec un SII très élevé, les scores d'intelligibilité

sont très corrects (au-delà de 80%) mais il existe de grandes différences entre les sujets. En témoigne, pour un SII compris entre 80 et 90%, il y a un écart type de 9,17. Ce qui montre que pour des SII proches, les patients ont des scores au test syllabique qui divergent d'environ 9% autour de la moyenne qui est de 83%.

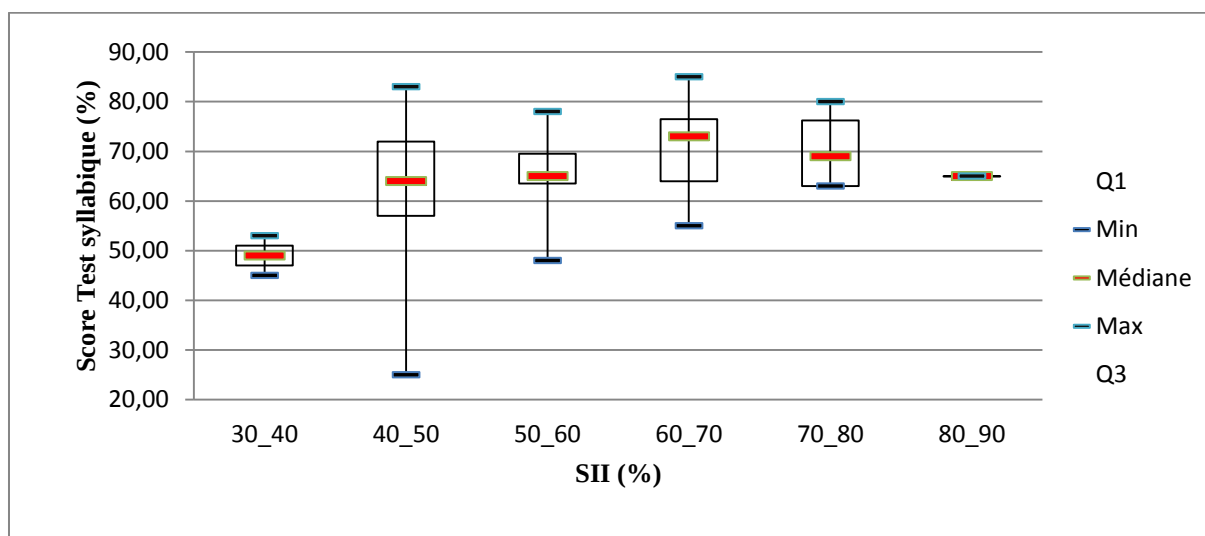
Au regard de ces observations, nous constatons que même avec une excellente audibilité donnée par les aides auditives, les patients n'ont pas tous les mêmes capacités d'intégration des informations.

Toutefois, ces résultats sont à analyser avec une certaine réserve car l'étude a été effectuée sur un faible nombre d'oreille et certaines classes de SII ne comportent qu'une seule oreille testée.

Nous avons fait ces observations pour des surdités moyennes de groupe 1.

Nous allons maintenant analyser les résultats obtenus pour des surdités moyennes de groupe 2.

II. D. 3. b. Surdités moyennes de groupe 2



Graphique 18 : Corrélation entre SII et test syllabique pour des surdités moyennes de groupe 2

SII	30_40	40_50	50_60	60_70	70_80	80_90
Scores test syllabique						
Nombre d'oreilles testées	2,00	8,00	10,00	11,00	4,00	1,00
Minimum	45,00	25,00	48,00	55,00	63,00	65,00
Q1	47,00	57,00	63,50	64,00	63,00	65,00
Médiane	49,00	64,00	65,00	73,00	69,00	65,00
Q3	51,00	72,00	69,50	76,50	76,25	65,00
Maximum	53,00	83,00	78,00	85,00	80,00	65,00
Moyenne	49,00	61,50	65,20	70,73	70,25	65,00
Ecart type	5,66	18,28	7,79	8,93	8,62	0,00

Tableau 9 : Valeurs du graphique 18

Le coefficient de corrélation entre le SII et le test syllabique pour les surdités moyennes de groupe 2 est de **0,44**.

Nous constatons, comme pour les surdités moyennes de groupe 1, que les scores au test syllabique ont tendance à augmenter avec le SII, comme le confirme le coefficient de corrélation de 0,44, similaire à celui des surdités moyennes de groupe 1. Ce coefficient quantifie le rapport de croissance entre les deux mesures étudiées dans cette partie de l'étude.

De plus, nous observons des écarts types compris entre 5,6 et 18,28 sur toutes les classes du SII, sauf :

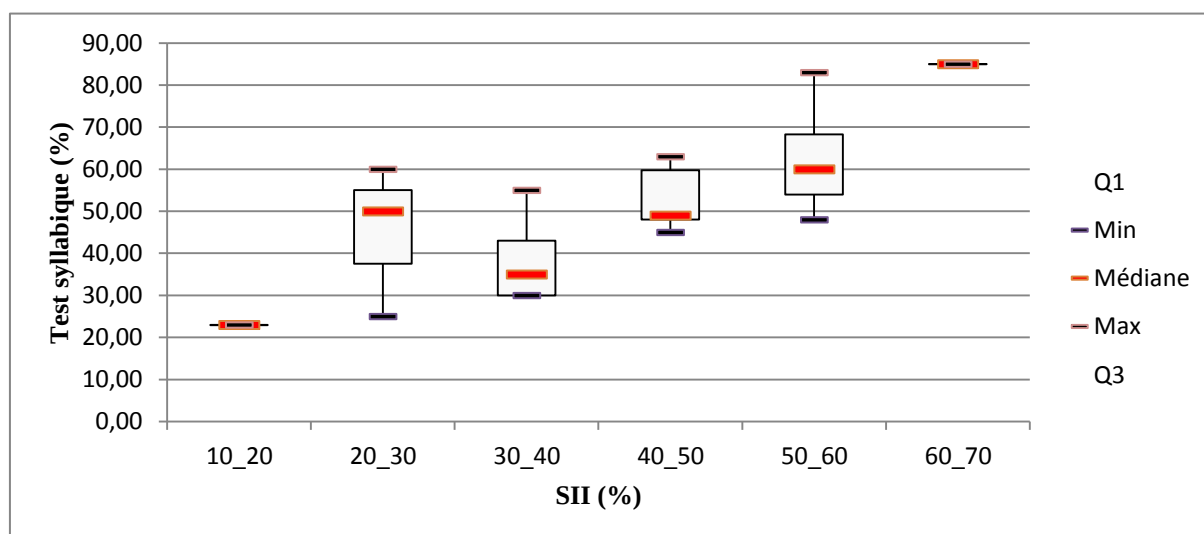
- Pour la classe 40-50%, qui a un écart type plus important. Cet écart est probablement dû à une erreur de mesure ou des mauvaises réponses données par les patients,
- Pour la classe 80-90%, qui a un écart type nul car elle ne comporte qu'un seul individu. Nous considérons donc que cette classe n'est pas représentative.

Au niveau des scores d'intelligibilité, nous pouvons faire le même constat que dans l'analyse précédente, aucun individu ne parvient à obtenir 90 % d'intelligibilité pour un SII supérieur ou égale à 50%. Les scores d'intelligibilité sont eux aussi légèrement moins bons, avec en moyenne 10% d'erreur en plus, ce qui coïncide avec une surdité plus importante.

La présence de ces écarts types importants illustre une nouvelle fois la grande disparité entre les individus ayant le même type de surdité.

Intéressons-nous désormais aux surdités sévères de groupe 1 et 2.

II. D. 3. c. Surdités sévères de groupe 1



Graphique 19 : Corrélation entre SII et test syllabique pour des surdités sévères de groupe 1

SII	10_20	20_30	30_40	40_50	50_60	60_70
Scores test syllabique						
Nombre d'oreilles testées	1,00	3,00	5,00	6,00	6,00	1,00
Minimum	23,00	25,00	30,00	45,00	48,00	85,00
Q1	23,00	37,50	30,00	48,00	54,00	85,00
Médiane	23,00	50,00	35,00	49,00	60,00	85,00
Q3	23,00	55,00	43,00	59,75	68,25	85,00
Maximum	23,00	60,00	55,00	63,00	83,00	85,00
Moyenne	23,00	45,00	38,60	52,83	62,33	85,00
Ecart type	0,00	18,03	10,60	8,04	12,71	0,00

Tableau 10 : Valeurs du graphique 19

Le coefficient de corrélation entre le SII et le test syllabique de Frank LEFEVRE pour des surdités sévères de groupe 1 est de **0,69**.

Ce coefficient indique une corrélation forte entre les deux variables, l'intelligibilité au test syllabique de Frank LEFEVRE a donc tendance à augmenter avec le SII.

Cependant certaines valeurs présentent des discordances.

Nous constatons que pour des oreilles ayant un SII compris entre 30 et 40%, nous obtenons une moyenne des scores au test syllabique plus faible que pour des oreilles ayant un SII compris entre 20 et 30%.

Il peut s'agir d'un accident de mesure ou d'un patient particulièrement performant comme le montre la valeur du maximum (60%) atteint pour le groupe ayant un SII entre 20 et 30%. Cette hypothèse est appuyée par la valeur de l'écart type qui est très élevé (18%) pour ce groupe.

Pour les groupes ayant un SII allant de 40 à 50% et 50 à 60%, nous observons que les scores au test syllabique augmentent avec le SII, ce qui montre que l'intelligibilité augmente avec l'audibilité.

Les groupes ayant un SII compris entre 10 à 20% et 60 à 70% sont peu exploitables car ils ne comportent qu'une seule oreille. Nous remarquons tout de même un score au test syllabique plus faible que les autres groupes pour le groupe 10 à 20% et plus important pour le groupe 60 à 70%.

Néanmoins, nous observons que l'intelligibilité a tendance à augmenter avec le SII.

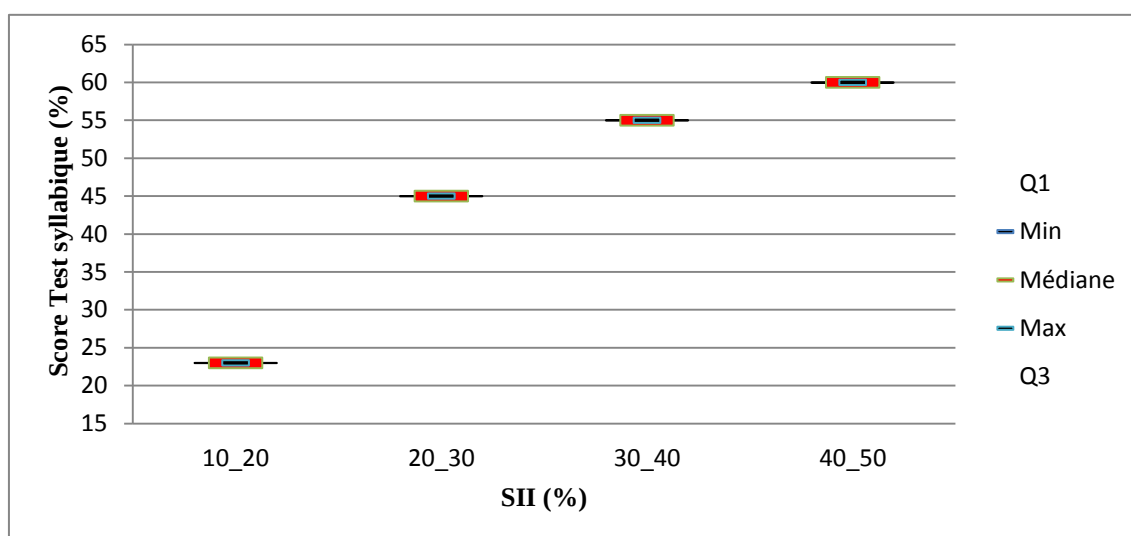
Toutefois, nous observons le même constat que pour les surdités précédentes, un SII aux alentours de 50 % ne permet pas d'obtenir une intelligibilité de 90 à 100%

Par ailleurs la moyenne des scores d'intelligibilité décroît au fur et à mesure que la surdité augmente. En comparaison, pour des valeurs de SII similaires, nous obtenons en moyenne, 10,3% d'erreur en plus pour des surdités sévères groupe 1 par rapport à des surdités moyennes de groupe 2.

Ce qui montre que, même appareillés, les patients ayant une surdité sévère de groupe 1 ont une intelligibilité inférieure aux patients ayant une surdité moyenne.

L'appareillage ne suffit donc pas à combler totalement la perte d'audition.

II. D. 3. d. Surdités sévères de groupe 2



Graphique 20 : Corrélation entre SII et test syllabique pour des surdités sévères de groupe 2

SII (%)	10_20	20_30	30_40	40_50
Nombre d'oreilles testées	1	1	2	1
Minimum	23	45	55	60
Q1	23	45	55	60
Médiane	23	45	55	60
Q3	23	45	55	60
Maximum	23	45	55	60
Moyenne	23	45	55	60
Ecart type	0	0	0	0

Tableau 11 : Valeurs du graphique 20

Le coefficient de corrélation entre le SII et le test syllabique de Frank LEFEVRE pour des surdités sévères de groupe 1 est de **0,87**.

Malgré le faible nombre de sujet, nous pouvons tout de même analyser ces résultats.

Nous observons que les scores d'intelligibilité augmentent avec le SII, comme en atteste le coefficient de corrélation de 0,87.

Comme pour les autres types de surdité, nous remarquons que pour un SII proche de 50%, les scores d'intelligibilités de 90 à 100% ne sont pas atteints.

Nous pouvons aussi noter que pour ces 5 oreilles testées, malgré l'appareillage, nous n'obtenons pas de SII supérieur à 50%. Ce qui montre bien que pour des surdités importantes, il est difficile d'obtenir un SII élevé avec des aides auditives conventionnelles. Pour que ces résultats soient concluants, il est serait nécessaire d'avoir un nombre de sujets beaucoup plus important.

II. D. 3. e. Synthèse des résultats

Nous avons réalisé l'étude corrélant SII et test syllabique de Frank LEFEVRE et certaines observations peuvent s'en dégager.

Tout d'abord, nous constatons que les scores d'intelligibilité au test syllabique de Frank LEFEVRE augmentent lorsque le SII augmente. Ceci était pressenti car lorsque l'audibilité augmente, l'intelligibilité augmente aussi.

Cependant, nous observons des disparités avec les résultats obtenus avec des sujets normo-entendants (voir chapitre I, figure 5). En effet, pour un SII proche de 50%, aucun sujet ne fut capable de donner 90% de bonnes réponses au test syllabique.

De plus, pour des valeurs de SII proches, il existe des différences d'intelligibilité importantes entre les patients, ce qui montre que pour un message ayant la même audibilité, l'intelligibilité varie selon les sujets. L'intégration des informations est donc interindividuelle.

D'après cette étude, nous observons que plus le degré de surdité est important, plus le SII devient faible et plus l'intelligibilité se dégrade. Ce qui pourrait être logique car plus la surdité est importante, plus il est difficile de la corriger avec des aides auditives conventionnelles.

On peut alors se demander à quoi sont dus ces résultats et pourquoi différent-ils de ceux des individus normo-entendants ?

C'est à quoi nous allons tenter de répondre dans le prochain chapitre.

III. Hypothèses pour expliquer la discordance entre le SII et l'intelligibilité

Les discordances que nous observons entre le SII et l'intelligibilité réelle chez le sujet malentendant appareillé, et celui obtenu chez le sujet normo-entendant peuvent s'expliquer par de multiples raisons. Dans cette partie, nous en exposerons un certain nombre.

III. A. L'impact de la surdité sur le SII

Dans la première partie de ce mémoire, nous avons détaillé ce qu'est la surdité, et quelles en sont les principales caractéristiques.

Nous allons présenter brièvement l'impact de la surdité sur la compréhension, et tenter de savoir si cela a un impact sur les prédictions données par le SII.

D'après les résultats obtenus dans l'étude clinique, nous avons remarqué des discordances avec ceux obtenus sur des individus normo-entendants (voir figure 3). En effet, le SII calculé pour les différents types de surdités donne une surestimation des chances d'intelligibilité pour le patient.

Or, nous avons des sujets présentant, pour la plupart, des profils de surdité de type presbycusique.

Nous pouvons donc formuler quelques hypothèses.

Nous l'avons dit précédemment, la perte d'audition altère l'audibilité du message pour le patient, ce qui réduit son intelligibilité. La perte de certaines zones fréquentielles rend difficile ou impossible la perception de certains phonèmes essentiels à la compréhension du message vocal.

Cette étude a été réalisée sur des sujets appareillées, les aides auditives ont donc amplifié et optimisé le signal de parole en fonction de la perte auditive du patient et de sa dynamique résiduelle.

Cependant, les différents facteurs de la presbycusie présentés précédemment, comme la perte des cellules ciliées et l'élargissement des filtres auditifs, affectent

A cause de cette perte de la perception des consonnes, les personnes atteintes de cette surdité ont des difficultés de compréhension de la parole car les consonnes sont les sons de la parole qui donnent le plus d'informations pour la compréhension. Par exemple, sur le graphique, nous remarquons que les phonèmes [p], [f], ou [t] qui se situent dans les fréquences élevées sont susceptibles de ne plus être perçus en cas de presbyacousie. Au contraire les phonèmes [a], [o] et [i], qui se situent dans les graves ont plus de chance d'être encore entendus.

La surdité est donc très certainement responsable des écarts entre l'intelligibilité théoriquement attendue avec le SII et les valeurs réellement mesurées.

Un autre facteur est aussi à prendre en compte, celui du déclin cognitif.

Nous en avons parlé dans le premier chapitre, chez le sujet âgé, le facteur cognitif est à prendre en compte dans le niveau d'intelligibilité du patient.

En effet, les modifications physiologiques de ce vieillissement cognitif se traduisent par un ralentissement du traitement et de l'intégration de l'information. C'est ce qui pourrait expliquer, avec la surdité, les discordances obtenues entre "l'estimation" donnée par le SII et l'intelligibilité réelle.

La surdité diminuerait la qualité du message vocal perçu et le déclin cognitif, le traitement de l'information.

C'est pourquoi, comme cité dans la première partie de ce document, certains chercheurs ont proposé un facteur de désensibilisation lié à la perte d'audition et du déclin cognitif (Voir équation (6) page 7).

Mais ce ralentissement cognitif n'est pas transposable d'un individu à l'autre. En effet, certains sujet montreront plus de difficultés que d'autres, cela s'explique par les réserves cognitives de chacun et la manière dont est entretenue leur plasticité cérébrale (activités intellectuelles et sollicitation de la mémoire...).

De plus, la mise en place de stratégies de compensation par le malentendant [21] peut aider à pallier à ces déficits, comme une focalisation plus importante sur le contexte du message vocal ou sur la lecture labiale pour améliorer la compréhension.

La surdité et le facteur cognitif sont donc à prendre en compte dans l'analyse de nos résultats. Or, notre étude porte sur des sujets malentendants appareillés. Nous allons donc nous pencher sur l'impact que peut avoir l'aide auditive sur les observations que nous avons faites.

III. B. SII et appareillage auditif

Les aides auditives actuelles améliorent de plus en plus l'audibilité du message, et favorisent donc l'intelligibilité. Cela s'explique par différents points.

Tout d'abord, il y a une augmentation de la qualité des algorithmes de traitements de signal permettant une meilleure sélectivité de la parole, notamment dans le bruit, avec une conservation accrue de son enveloppe temporelle et de sa structure fine, nécessaire à la compréhension.

Aujourd'hui, certains fabricants d'aides auditives annoncent jusqu'à une amélioration de 10 dB du rapport signal sur bruit en milieu bruyant (données à prendre avec précaution).

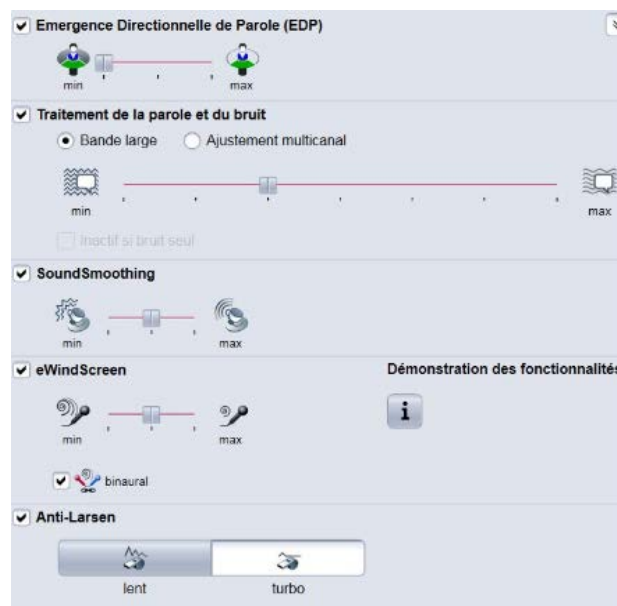


Figure 23 : Réglages des traitements du signal

La performance des microphones est aussi optimisée, avec les microphones directionnels adaptatifs qui ciblent plus efficacement la source du signal en s'adaptant à son azimut.

La multiplication des canaux de réglages donnent l'opportunité à l'audioprothésiste de corriger plus finement la courbe d'audition du malentendant. De même, pour les canaux de compression qui permettent d'introduire l'environnement sonore dans la dynamique résiduelle du patient, en faisant varier l'amplification suivant le niveau d'entrée.

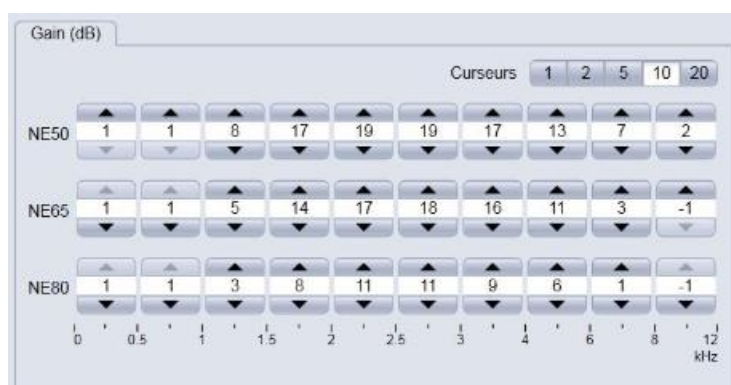


Figure 24 : Réglages de la compression

Enfin, la communication binaurale entre les deux appareils influe sur la directionnalité des microphones des deux aides auditives pour une meilleure focalisation vers la source du signal de parole.

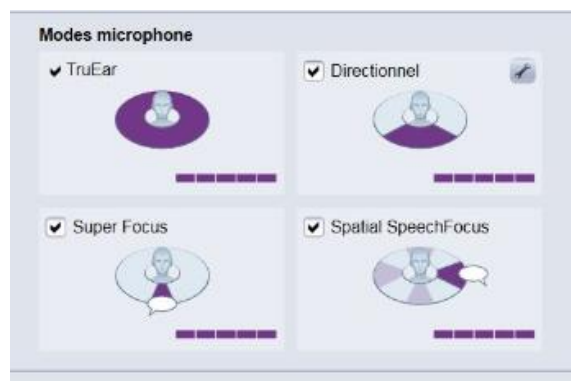


Figure 25 : Réglages des microphones directionnels

Tout ces éléments permettent de redonner de l'audibilité au patient, en accord avec sa perte d'audition. C'est ainsi que des individus ayant des pertes moyennes à sévères peuvent encore avoir des SII supérieurs à 50%, comme nous l'avons vu dans notre étude clinique, et prétendre à une intelligibilité socialement efficace.

Cependant, il faut prendre en compte le fait que les aides auditives peuvent aussi dénaturer la qualité du signal sonore. Des taux de compression trop importants ou une utilisation abusive des traitements de signal peuvent porter atteinte à l'intelligibilité du patient et provoquer des confusions phonémiques. A cela, s'ajoutent les distorsions engendrées par le traitement électronique du son, qui accentue les risques de confusions.

Dans un objectif de restitution de l'audibilité, le SII est donc un bon indice. C'est pour cela que bon nombre d'algorithmes présents dans les aides auditives prennent en compte le SII dans leurs calculs [11].

Les aides auditives rendent une audibilité mais, comme nous l'avons vu précédemment, cela n'est qu'une partie des éléments nécessaires à une bonne intelligibilité.

Nous allons désormais tenter d'expliquer en quoi les limites de l'appareillage peuvent avoir des conséquences sur le SII.

III. C.Limites de l'appareillage

L'appareillage du patient malentendant ne se fait pas toujours de manière parfaite.

En effet, si l'audioprothésiste est responsable du choix prothétique et de ses réglages, il doit conjuguer avec les doléances de son patient. Au cours de l'étude, il ne fut pas rare de faire face à des appareillages non optimisés par défaut de puissance ou de couplage anatomo-prothétique. Certains patients ont vu leur surdité évoluer et leurs aides auditives n'étaient plus suffisamment puissantes pour corriger leur perte d'audition. Malheureusement, certains ne concèdent pas à renouveler leurs prothèses, pour des modèles plus adaptés, ce qui empêche l'audioprothésiste de corriger convenablement leur surdité.

Le même problème se pose au niveau du couplage acoustique.

Beaucoup de patients, qui ont commencé leur adaptation en configuration dite "ouverte" et qui ont subi une chute de leur audition, refusent la mise en place d'embouts ou de tubes de diamètres plus importants. Il est donc difficile d'augmenter le gain de l'aide auditive, ou alors cela provoque un fort risque de larsen.

Dans ce cas, la correction des fréquences importantes pour la compréhension, les fréquences aiguës, devient extrêmement difficile.

C'est pour cela que, dans notre étude, certains sujets qui devraient avoir une meilleure optimisation de leur appareillage, ont un SII et une intelligibilité moins importante par rapport à d'autres.

De même, pour pouvoir apprécier l'impact de la valeur du SII mesurée sur l'évolution de l'intelligibilité dans le temps, des paramètres doivent être respectés.

En effet, au même titre que de les porter le plus possible, le patient devra correctement placer son embout pour pouvoir bénéficier de toute la puissance de son aide auditive. C'est seulement dans ce cas que le travail de rééducation auditive, et de simulation de la plasticité cérébrale pourront se faire de manière optimale.

Si l'embout est régulièrement mal placé, la valeur du SII "quotidien" sera différente de celui observé en laboratoire.

Nous venons d'étudier quels effets pouvaient avoir les aides auditives sur la corrélation entre le SII et l'intelligibilité mesurée chez le malentendant appareillé.

Au-delà des paramètres physiologiques et acoustiques, d'autres éléments peuvent intervenir dans les écarts entre le SII et les erreurs de compréhension.

Nous allons tenter de donner quelques causes plausibles.

III. D.Limites de mesure du SII

La mesure du SII a été décrite précédemment dans ce mémoire. Mais comme toute mesure physique réalisée sur du vivant, certaines limites peuvent être atteintes :

- Les scores d'intelligibilité peuvent dépendre de l'état de fatigue du sujet. Si ce dernier est fatigué, la répétition des mots se fera plus difficilement. La corrélation entre le SII et l'intelligibilité mesurée est alors faussée,

- Des avaries sur les aides auditives, passées inaperçues aux yeux de l'audioprothésiste et des procédures de contrôles peuvent aussi altérer la qualité des mesures (Coupures intermittentes...),
- Des erreurs survenues en amont de la mesure du SII peuvent aussi rentrer en compte, comme par exemple des erreurs de compréhension de consigne qui faussent la mesure de l'audiogramme ou de l'audiométrie vocale,
- La mesure des seuils d'auditions avec les inserts est subjective. Or le SII est obtenu en calculant l'émergence de la parole au-dessus des seuils. Si ceux-ci sont erronés, alors le calcul du SII est faux. Ce qui engendrerait des valeurs de SII qui surestimeraient ou sous-estimeraient les scores de compréhension.

En conclusion, les écarts observés entre les résultats obtenus chez les sujets normo-entendants (voir figure 3) et les sujets malentendants appareillés, peuvent être dus :

- aux caractéristiques de la surdité du sujet testé, et de la façon dont elle réduira l'audibilité du patient,
- à l'état cognitif de ce dernier, qui sera déterminant dans l'intégration des informations par le malentendant,
- aux aides auditives, qui redonnent une audibilité mais ne peuvent ni corriger les lésions de la cochlée, ni l'état cognitif du patient,
- L'appareillage ne peut pas être toujours parfaitement optimisé, et ce pour de multiples raisons (couplages acoustiques défectueux, manque de puissance de l'aide auditive...)
- Des erreurs de mesures peuvent survenir (mesure des seuils subjectifs...).

L'ensemble de ces investigations a eu pour but d'expérimenter l'application du SII au sujet malentendant appareillé. Nous pouvons désormais nous poser la question de savoir en quoi cet outil pourrait être utile dans le quotidien de l'audioprothésiste.

IV. Intérêts et limites du SII pour l'audioprothésiste

L'utilisation du SII par l'audioprothésiste peut avoir un intérêt certain pour de multiples raisons.

D'un point de vue prothétique, la mesure du SII permet à l'audioprothésiste d'évaluer l'audibilité qu'il restitue au patient à travers ses réglages. Le praticien pourra tenter d'obtenir un SII le plus élevé possible tout en ayant pour limite de garder un confort d'écoute pour le patient.

Il pourra ainsi comparer différents réglages ou types d'appareils auditifs par une mesure acoustique qui ne sollicite pas le patient.

Dans un milieu bruyant, l'efficacité des débruiteurs pourra être testée. L'influence des traitements du signal sera visible si la valeur du SII varie au cours de l'émission d'un bruit.

D'un point de vue pratique, pour des patients polyhandicapés ne pouvant pas participer à des audiométries vocales ou alors difficilement, l'utilisation du SII peut s'avérer utile. En effet, malgré le fait que l'intelligibilité réelle ne puisse pas être mesurée, l'audioprothésiste pourra tout de même évaluer l'audibilité et donc les "chances" d'intelligibilité qu'il donne au patient avec ses prothèses auditives.

Dans l'optique d'une évaluation des facultés cognitives du patient, le SII pourrait être un bon indicateur : si le patient a un SII fort et une intelligibilité faible, cela voudrait dire que malgré une bonne audibilité, le message vocal n'est pas correctement intégré par ce dernier. Il serait alors possible de faire un premier constat sur l'état cognitif du patient.

Cet outil a tout de même certaines limites.

Comme nous l'avons observé au cours de notre étude clinique, le rapport entre le SII et l'intelligibilité réelle est très variable. Des facteurs dépendant de la gravité de la surdité et de l'état cognitif du patient font qu'il est difficile de prévoir précisément quels seront les scores d'intelligibilité du patient.

De plus il serait peu recommandable de baser l'adaptation prothétique uniquement sur le SII. L'optimisation des réglages doit obligatoirement passer par un contrôle de l'intelligibilité mesurée.

Le SII étant calculé que pour une oreille à la fois, nous étudions donc l'intelligibilité donnée que par une seule oreille. Or nous savons que pour que la compréhension soit maximale, l'écoute doit se faire en stéréophonie. La mesure du SII est donc à considérer avec précaution pour estimer l'intelligibilité du patient avec ses deux oreilles.

A cela s'ajoute l'apport de la lecture labiale, qui peut apporter un énorme bénéfice au patient malentendant.

Le SII est donc un bon outil donnant à l'audioprothésiste un moyen de contrôle supplémentaire sur ses réglages et sur leur optimisation. Cependant c'est une information à considérer avec précaution car l'application du SII au sujet malentendant donne des résultats variables.

Conclusion

L'objet de ce mémoire était d'étudier la corrélation entre le Speech Intelligibility INdex (SII) et le test syllabique de Frank LEFEVRE.

D'après l'étude clinique menée, nous observons qu'il existe de fortes discordances entre les résultats obtenus chez des sujets normo-entendants et ceux observés avec des sujets malentendants appareillés. Pour une même audibilité, les individus malentendants présentent des écarts de compréhension importants.

Nous pouvons en déduire que l'audibilité n'est pas le seul facteur rentrant en jeu dans la compréhension du sujet malentendant, malgré le port des aides auditives.

L'état physiologique de l'oreille, la santé cognitive du sujet et les paramètres acoustiques de l'appareillage occupent une place prépondérante dans l'interprétation de ces résultats.

Il est tout de même intéressant pour l'audioprothésiste de maîtriser cet outil afin de compléter ses investigations et améliorer ses réglages. Tout en considérant le SII avec précaution.

Il serait très intéressant de poursuivre cette étude sur un très grand nombre de patients afin d'établir un modèle prédictif fiable, corrélant SII et intelligibilité réelle chez le sujet malentendant appareillé.

D'autres tests complémentaires pourraient être faits, en reprenant ce protocole en y intégrant l'apport de la lecture labiale, pour mesurer l'intelligibilité du patient au plus proche de sa vie quotidienne.

Bibliographie

- [1] FONTAN L., De la mesure de l'intelligibilité à l'évaluation de la compréhension de la parole pathologique en situation de communication, thèse en vue de l'obtention du doctorat de l'université de Toulouse, Université Toulouse 2 Le Mirail, 2012, page 23
- [2] DELERCE X, GOBLET C, Intelligibilité prédite, intelligibilité perçue, première partie, le SII(Speech Intelligibility Index) en audioprothèse, Les cahiers de l'audition, volume 26,n°3, mai/ juin 2013, pages 28-32
- [3] BRADLEY J.S., Acoustique des bureaux à aire ouverte, Solution constructive, n°63, Octobre 2004
- [4] ANSI S3.5-1997, "American National Standard Methods for Calculation of the Speech Intelligibility Index" American National Standards Institute, New York
- [5] SHERBECOE R.L., & STUDEBAKER G.A., Audibility Index predictions of normal-hearing and hearing-impaired listeners 's performance on the connected speech test. Ear and hearing, volume 24, n°1, année 2003, pages 71-78
- [6] <http://www.deltason.com/>, consulté le 10/09/2015
- [7] GIRAULT A., Cours d'audioprothèse, D. E. d'Audioprothésiste 2^{ième} année, Faculté de Pharmacie de Nancy, 2013-2014
- [8] <http://www.audition-grenoble.fr/>, consulté le 10/09/2015
- [9] SHERBECOE R.L, STUDEBAKER G.A, GILMORE C: Frequency importance and transfer functions for the Auditec of St.Louis recording of the NU-6 word test. J Sp Hear Res 1993; volume 36, n°4, pages 799-807
- [10] HORNSBY W.Y. B, The Speech Intelligibility Index: What is it and what's is it good for? The Hearing Journal, volume 57, n°10, octobre 2004, pages 10-17

- [11] SHERBECOE R.L, & STUDEBAKER G.A: Audibility-index function for the connected speech test, Ear Hear, volume 23, n°5, 2002, pages 85-398
- [12] Dr PARIETTI-WINKLER C., Cours d'Audiologie, D.E d'Audioprothésiste 1^{ière} année, Faculté de Pharmacie de Nancy, 2012-2013
- [13] Dr MONTAUT B., Cours d'Audiologie, D.E d'Audioprothésiste 1^{ière} année, Faculté de Pharmacie de Nancy, 2012-2013
- [14] Dr ELUECQUE H., Cours d'Audiologie, D.E d'Audioprothésiste 1^{ière} année, Faculté de Pharmacie de Nancy, 2012-2013
- [15] CAMPO P., Cours de Physiologie de l'audition, D.E d'Audioprothésiste 1^{ière} année, Faculté de Pharmacie de Nancy, 2012-2013
- [16] <http://www.lookfordiagnosis.com/>, consulté le 20/08/2015
- [17] CAMPO P., Troubles de l'audition liés à l'exposition professionnelle au bruit et à des agents chimiques, EMC Pathologie professionnelle et de l'environnement, Volume7, n°4, Octobre 2012, pages 1-8
- [18] DUCOURNEAU J., Cours de psychoacoustique, D.E d'Audioprothésiste 3^{ième} année, Faculté de Pharmacie de Nancy, 2014-2015
- [19] <http://www.cochlea.org/>, consulté le 20/08/2015
- [20] SELDRAN F., COLLET L., GALLEGU S., Index d'articulation, audibilité, modèle prédictifs et concordance entre audiométrie tonale et vocale, Les cahiers de l'audition, Volume 26, n°1, Janvier/Février 2013, pages 22-29
- [21] SKA B., JOANETTE Y., Vieillessement normal et cognition, Médecine/Science, volume 22, n°3, mars 2006, pages 284-287

- [22] OWSTROWSKI M., Cours sur le vieillissement pathologique, D.E d'Audioprothésiste 2^{ième} année, Faculté de Pharmacie de Nancy, 2013-2014
- [23] BONNEAU A., Cours de phonétique, D.E d'Audioprothésiste 2^{ième} année, Faculté de Pharmacie de Nancy, 2013-2014
- [24] DUCOURNEAU J., Cours d'acoustique, D.E d'Audioprothésiste 2^{ième} année, Faculté de Pharmacie de Nancy, 2013-2014
- [25] <http://studiotrankilou.free.fr/>, consulté le 15/09/2015
- [26] <http://www.cochlea.eu/son/psychoacoustique>, consulté le 15/09/2015
- [27] DABAN N., Comparaison entre la mesure du RECD et l'audiométrie in situ dans le cadre de la méthodologie DSL, mémoire de fin d'étude au D.E d'Audioprothésiste, Faculté de pharmacie de Nancy, 2013, page 4
- [28] GIRAULT A., La RECD, D. E. d'Audioprothésiste 3^{ième} année, Faculté de Pharmacie de Nancy, 2015
- [29] SPAN, Précis d'audioprothèse tome 1, Collège National d'Audioprothèse, 2007, page 240
- [30] LEFEVRE F., A.T.E.C: comparaison audiolgique d'enveloppes temporelles pour l'analyse des confusions phonétiques, Les cahiers de l'audition, Volume 22, n°5, Septembre/Octobre 2009, pages 7-10
- [31] DELERCE X., GAULT A, Signaux de test et mesure in vivo, Audio Infos, n°165, novembre 2011, pages 2-9
- [32] <http://grasland.script.univ-paris-diderot.fr/>, Chapitre 6 : La corrélation, consulté le 05/08/2015

Table des illustrations

Tableau 1 : Informations nécessaires aux calculs du SII en configuration "bande critique" [4]	4
Tableau 2 : Indice d'importance de chaque bande critique en fonction du matériel vocal utilisé [4]	8
Tableau 3: Listes du test syllabique de Frank LEFEVRE [30]	33
Tableau 4: Valeurs de l'audiogramme moyen pour des surdités moyennes de groupe 1	37
Tableau 5 : Valeurs de l'audiogramme moyen pour des surdités moyennes de groupe 2	38
Tableau 6 : Valeurs de l'audiogramme moyen pour des surdités sévères de groupe 1	38
Tableau 7 : Valeurs de l'audiogramme moyen pour des surdités sévères de groupe 2	39
Tableau 8 : Valeurs du graphique 17	52
Tableau 9 : Valeurs du graphique 18	54
Tableau 10 : Valeurs du graphique 19	55
Tableau 11 : Valeurs du graphique 20	57
Figure 1 : Affinity 2.0 [6]	9
Figure 2 : Placement de la sonde In Vivo [7]	10
Figure 3 : Intelligibilité en fonction du SII [9] [10]	11
Figure 4 : Intelligibilité en fonction de l'indice d'articulation chez des sujets malentendants [8] Graphique de gauche : résultats obtenus sans facteur de désensibilisation Graphique de droit : résultats obtenus avec facteur de désensibilisation	12
Figure 5 : Perte d'audition en fonction de l'âge [16]	17
Figure 6 : Cellules ciliées endommagées [19]	17
Figure 7 : Cellules ciliées intactes [19]	17
Figure 8 : Elargissement des filtres auditifs du malentendant [20]	18
Figure 9 : Alphabet Phonétique International [23]	21
Figure 10 : Triangle vocalique [23]	22
Figure 11 : Représentation de la banane vocale [23]	24
Figure 12 : Courbes isosoniques [25]	27
Figure 13 : Champ auditif du normo-entendant en dB SPL [26]	27
Figure 14 : Passage du dB SPL en dB HL [27]	27
Figure 15 : Inserts en mousse Ear 3A	28
Figure 16 : Audiogramme avec seuil d'audition, seuil de confort (MCL) et seuil d'inconfort (UCL) ..	30
Figure 17 : Courbes de réponse de l'aide auditive dont les réglages sont basés sur l'audiogramme ci- contre	30
Figure 19 : Cabine d'examen avec système de haut-parleurs pour les mesures en champ libre	34
Figure 20 : Passation du test syllabique de Frank Lefèvre avec le logiciel Audyx	34
Figure 21 : Mesure du SII avec la chaîne de mesure Affinity [2]	36
Graphique 22 : Schéma récapitulatif du coefficient de corrélation [32]	41
Figure 23 : Représentation de la banane vocale [23]	60
Figure 24 : Réglages des traitements du signal	62
Figure 25 : Réglages de la compression	63
Figure 26 : Réglages des microphones directionnels	63
Graphique 1 : Audiogramme moyen pour des surdités moyennes de groupe 1	37
Graphique 2 : Audiogramme moyen pour des surdités moyennes de groupe 2	37
Graphique 3 : Audiogramme moyen pour des surdités sévères de groupe 1	38
Graphique 4 : Audiogramme moyen pour des surdités sévères de groupe 2	39
Graphique 5 : Corrélation entre Age et SII pour des surdités moyennes de groupe 1 appareillées	42
Graphique 6 : Corrélation entre Age et SII pour des surdités moyennes de groupe 2 appareillées	43

<i>Graphique 7 : Corrélation entre Age et SII pour des surdités sévères de groupe 1 appareillées.....</i>	<i>43</i>
<i>Graphique 8 : Corrélation entre Age et SII pour des surdités sévères de groupe 2 appareillées.....</i>	<i>44</i>
<i>Graphique 9 : Corrélation entre le nombre d'heures de port et SII pour des surdités moyennes de groupe 1.....</i>	<i>45</i>
<i>Graphique 10 : Corrélation entre le nombre d'heures de port et SII pour des surdités moyennes de groupe 2.....</i>	<i>46</i>
<i>Graphique 11 : Corrélation entre le nombre d'heures de port et SII pour des surdités sévères de groupe 1.....</i>	<i>46</i>
<i>Graphique 12 : Corrélation entre le nombre d'heures de port et SII pour des surdités sévères de groupe 2.....</i>	<i>47</i>
<i>Graphique 13 : Corrélation entre le nombre d'années d'appareillage et SII pour des surdités moyennes de groupe 1.....</i>	<i>48</i>
<i>Graphique 14 : Corrélation entre le nombre d'années d'appareillage et SII pour des surdités moyennes de groupe 2.....</i>	<i>49</i>
<i>Graphique 15 : Corrélation entre le nombre d'années d'appareillage et SII pour des surdités sévères de groupe 1.....</i>	<i>49</i>
<i>Graphique 16 : Corrélation entre le nombre d'années d'appareillage et SII pour des surdités sévères de groupe 2.....</i>	<i>50</i>
<i>Graphique 17 : Corrélation entre SII et test syllabique pour des surdités moyennes de groupe 1.....</i>	<i>52</i>
<i>Graphique 18 : Corrélation entre SII et test syllabique pour des surdités moyennes de groupe 2.....</i>	<i>53</i>
<i>Graphique 19 : Corrélation entre SII et test syllabique pour des surdités sévères de groupe 1.....</i>	<i>55</i>
<i>Graphique 20 : Corrélation entre SII et test syllabique pour des surdités sévères de groupe 2.....</i>	<i>57</i>

Annexes

Annexe 1: Valeurs de l'indice "I"

Tableaux 1 à 4 de la norme ANSI S 3.5-1997, donnant l'importance I de chaque de bande fréquence i .

L'ensemble des fréquences est divisé en un nombre de bandes de fréquences:

- 21: critical band,
- 17: equally-contributing critical band,
- 18: one-third octave,
- 6: octave.

Tableau 1 : critical band

Band no.	Critical band			Standard speech spectrum level for stated vocal effort, dB				Reference internal noise spectrum level dB	Free-field to eardrum transfer function dB
	Center freq Hz	Band limits Hz	Band importance	Normal	Raised	Loud	Shout		
1	150	100-200	0.0103	31.44	34.06	34.21	28.69	1.50	0.60
2	250	200-300	0.0261	34.75	38.98	41.55	42.50	-3.90	1.00
3	350	300-400	0.0419	34.14	38.62	43.88	47.14	-7.20	1.40
4	450	400-510	0.0577	34.58	39.84	44.08	48.46	-8.90	1.40
5	570	510-630	0.0577	33.17	39.44	45.34	50.17	-10.30	1.90
6	700	630-770	0.0577	30.64	37.99	45.22	51.68	-11.40	2.80
7	840	770-920	0.0577	27.59	35.85	43.60	51.43	-12.00	3.00
8	1000	920-1080	0.0577	25.01	33.86	42.16	51.31	-12.50	2.60
9	1170	1080-1270	0.0577	23.52	32.56	41.07	49.40	-13.20	2.60
10	1370	1270-1480	0.0577	22.28	30.91	39.68	49.03	-14.00	3.80
11	1600	1480-1720	0.0577	20.15	28.58	37.70	47.85	-15.40	6.10
12	1850	1720-2000	0.0577	18.29	26.37	35.62	45.47	-16.90	10.50
13	2150	2000-2320	0.0577	16.37	24.34	33.17	43.13	-18.80	13.80
14	2500	2320-2700	0.0577	13.80	22.35	30.98	40.80	-21.20	16.80
15	2900	2700-3150	0.0577	12.21	21.04	29.01	39.15	-23.20	15.80
16	3400	3150-3700	0.0577	11.09	19.56	27.71	37.30	-24.90	14.90
17	4000	3700-4400	0.0577	9.33	18.78	25.41	34.41	-25.90	14.30
18	4800	4400-5300	0.0460	5.84	12.14	19.20	29.01	-24.20	12.40
19	5800	5300-6400	0.0343	3.47	9.04	15.37	25.17	-19.00	7.90
20	7000	6400-7700	0.0226	1.78	6.36	12.61	22.08	-11.70	4.30
21	8500	7700-9500	0.0110	-0.14	3.44	9.62	18.76	-6.00	0.50
Overall SPL, dB				62.35	68.34	74.85	82.30		

Tableau 2 : equally contributing critical band

Band no.	Critical band			Standard speech spectrum level for stated vocal effort, dB				Reference internal noise spectrum level dB	Free-field to eardrum transfer function dB
	Center freq Hz	Band limits Hz	Band importance	Normal	Raised	Loud	Shout		
1	350	300-400	0.0588	34.14	38.62	43.68	47.14	-7.20	1.40
2	450	400-510	0.0588	34.58	39.84	44.08	48.46	-8.90	1.40
3	570	510-630	0.0588	33.17	39.44	45.34	50.17	-10.30	1.90
4	700	630-770	0.0588	30.64	37.99	45.22	51.68	-11.40	2.80
5	840	770-920	0.0588	27.59	35.85	43.60	51.43	-12.00	3.00
6	1000	920-1080	0.0588	25.01	33.86	42.16	51.31	-12.50	2.60
7	1170	1080-1270	0.0588	23.52	32.56	41.07	49.40	-13.20	2.60
8	1370	1270-1480	0.0588	22.28	30.91	39.68	49.03	-14.00	3.60
9	1600	1480-1720	0.0588	20.15	28.58	37.70	47.65	-15.40	6.10
10	1850	1720-2000	0.0588	18.29	26.37	35.62	45.47	-16.90	10.50
11	2150	2000-2320	0.0588	16.37	24.34	33.17	43.13	-18.80	13.80
12	2500	2320-2700	0.0588	13.80	22.35	30.98	40.80	-21.20	16.80
13	2900	2700-3150	0.0588	12.21	21.04	29.01	39.15	-23.20	15.80
14	3400	3150-3700	0.0588	11.09	19.56	27.71	37.30	-24.90	14.90
15	4000	3700-4400	0.0588	9.33	16.78	25.41	34.41	-25.90	14.30
16	4800	4400-5300	0.0588	5.84	12.14	19.20	29.01	-24.20	12.40
17	5800	5300-6400	0.0588	3.47	9.04	15.37	25.17	-19.00	7.90
Overall SPL, dB				62.35	68.34	74.85	82.30		

Tableau 3 : one-third octave

Band no.	Frequency band			Standard speech spectrum level for stated vocal effort, dB				Reference internal noise spectrum level dB	Free-field to eardrum transfer function dB
	Nominal midband freq Hz	Band width adj, Δ dB	Band importance	Normal	Raised	Loud	Shout		
1	160	15.65	0.0083	32.41	33.81	35.29	30.77	0.60	0.00
2	200	16.65	0.0095	34.48	33.92	37.76	36.65	-1.70	0.50
3	250	17.65	0.0150	34.75	38.98	41.55	42.50	-3.90	1.00
4	315	18.65	0.0289	33.98	38.57	43.78	46.51	-6.10	1.40
5	400	19.65	0.0440	34.59	39.11	43.30	47.40	-8.20	1.50
6	500	20.65	0.0578	34.27	40.15	44.85	49.24	-9.70	1.80
7	630	21.65	0.0653	32.06	38.78	45.55	51.21	-10.80	2.40
8	800	22.65	0.0711	28.30	36.37	44.05	51.44	-11.90	3.10
9	1000	23.65	0.0818	25.01	33.86	42.16	51.31	-12.50	2.60
10	1250	24.65	0.0844	23.00	31.89	40.53	49.63	-13.50	3.00
11	1600	25.65	0.0882	20.15	28.58	37.70	47.65	-15.40	6.10
12	2000	26.65	0.0898	17.32	25.32	34.39	44.32	-17.70	12.00
13	2500	27.65	0.0868	13.18	22.35	30.98	40.80	-21.20	16.80
14	3150	28.65	0.0844	11.55	20.15	28.21	38.13	-24.20	15.00
15	4000	29.65	0.0771	9.33	16.78	25.41	34.41	-25.90	14.30
16	5000	30.65	0.0527	5.31	11.47	18.35	28.24	-23.60	10.70
17	6300	31.65	0.0364	2.59	7.67	13.87	23.45	-15.80	6.40
18	8000	32.65	0.0185	1.13	5.07	11.39	20.72	-7.10	1.80
Overall SPL, dB				62.35	68.34	74.85	82.30		

Tableau 4 : octave band

Band no.	Frequency band			Standard speech spectrum level for stated vocal effort, dB				Reference internal noise spectrum level dB	Free-field to eardrum transfer function dB
	Nominal midband freq Hz	Band width adj, Δ dB	Band importance	Normal	Raised	Loud	Shout		
1	250	22.48	0.0617	34.75	38.98	41.55	42.50	-3.90	1.00
2	500	25.48	0.1671	34.27	40.15	44.85	49.24	-9.70	1.80
3	1000	28.48	0.2373	25.01	33.86	42.16	51.31	-12.50	2.60
4	2000	31.48	0.2648	17.32	25.32	34.39	44.32	-17.70	12.00
5	4000	34.48	0.2142	9.33	16.78	25.41	34.41	-25.90	14.30
6	8000	37.48	0.0549	1.13	5.07	11.39	20.72	-7.10	1.80
Overall SPL, dB				62.35	68.34	74.85	82.30		

Annexe 2 : Matériel vocal utilisé pour le calcul du SII

L'importance des bandes de fréquence I varie selon le matériel vocal (listes de mots, de phrases...) utilisé.

Voici les tableaux donnant ces variations, selon le type de bande de fréquence utilisé.

Tableau 1 : critical band

Band No.	Center Freq, Hz	NNS ^a	CID-22 ^b	NU6 ^c	DRT ^d	Short Passages ^e	SPIN ^f
1	150	0.0000	0.0507	0.0234	0.0122	0.0192	0.0130
2	250	0.0230	0.0677	0.0368	0.0553	0.0312	0.0478
3	350	0.0385	0.0641	0.0520	0.0581	0.0926	0.0451
4	450	0.0410	0.0552	0.0672	0.0672	0.1031	0.0470
5	570	0.0433	0.0474	0.0638	0.0680	0.0735	0.0523
6	700	0.0472	0.0468	0.0566	0.0667	0.0611	0.0591
7	840	0.0473	0.0466	0.0503	0.0587	0.0495	0.0591
8	1000	0.0470	0.0502	0.0465	0.0547	0.0440	0.0503
9	1170	0.0517	0.0586	0.0539	0.0563	0.0440	0.0503
10	1370	0.0537	0.0591	0.0576	0.0575	0.0490	0.0556
11	1600	0.0582	0.0586	0.0642	0.0625	0.0486	0.0699
12	1850	0.0679	0.0609	0.0741	0.0598	0.0493	0.0625
13	2150	0.0745	0.0596	0.0709	0.0555	0.0490	0.0602
14	2500	0.0750	0.0618	0.0621	0.0521	0.0547	0.0684
15	2900	0.0685	0.0501	0.0553	0.0480	0.0555	0.0638
16	3400	0.0662	0.0439	0.0505	0.0443	0.0493	0.0605
17	4000	0.0636	0.0370	0.0417	0.0356	0.0359	0.0534
18	4800	0.0607	0.0268	0.0291	0.0280	0.0387	0.0394
19	5800	0.0511	0.0201	0.0186	0.0237	0.0256	0.0291
20	7000	0.0216	0.0186	0.0141	0.0205	0.0219	0.0132
21	8500	0.0000	0.0162	0.0113	0.0153	0.0043	0.0000

^aNNS (various nonsense syllable tests where most of the English phonemes occur equally often), ^bCID-W22 (PB-words), ^cNU6 monosyllables, ^dDRT (Diagnostic Rhyme Test), ^eshort passages of easy reading material, ^fSPIN monosyllables

Tableau 2 : one-third octave

Band No.	Midband Freq. Hz	NNS ^a	CID-22 ^b	NU6 ^c	DRT ^d	Short Passages ^e	SPIN ^f
1	160	0.0000	0.0365	0.0168	0.0000	0.0114	0.0000
2	200	0.0000	0.0279	0.0130	0.0240	0.0153	0.0255
3	250	0.0153	0.0405	0.0211	0.0330	0.0179	0.0256
4	315	0.0284	0.0500	0.0344	0.0390	0.0558	0.0360
5	400	0.0363	0.0530	0.0517	0.0571	0.0898	0.0362
6	500	0.0422	0.0518	0.0737	0.0691	0.0944	0.0514
7	630	0.0509	0.0514	0.0658	0.0781	0.0709	0.0616
8	800	0.0584	0.0575	0.0644	0.0751	0.0660	0.0770
9	1000	0.0667	0.0717	0.0664	0.0781	0.0628	0.0718
10	1250	0.0774	0.0873	0.0802	0.0811	0.0672	0.0718
11	1600	0.0893	0.0902	0.0987	0.0961	0.0747	0.1075
12	2000	0.1104	0.0938	0.1171	0.0901	0.0755	0.0921
13	2500	0.1120	0.0928	0.0932	0.0781	0.0820	0.1026
14	3150	0.0981	0.0678	0.0783	0.0691	0.0808	0.0922
15	4000	0.0867	0.0498	0.0562	0.0480	0.0483	0.0719
16	5000	0.0728	0.0312	0.0337	0.0330	0.0453	0.0461
17	6300	0.0551	0.0215	0.0177	0.0270	0.0274	0.0306
18	8000	0.0000	0.0253	0.0176	0.0240	0.0145	0.0000

Tableau 3: octave band

Band No.	Midband Freq. Hz	NNS ^a	CID-22 ^b	NU6 ^c	DRT ^d	Short Passages ^e	SPIN ^f
1	250	0.0437	0.1549	0.0853	0.0980	0.1004	0.0871
2	500	0.1294	0.1562	0.1912	0.2043	0.2551	0.1493
3	1000	0.2025	0.2165	0.2110	0.2343	0.1960	0.2206
4	2000	0.3117	0.2768	0.3090	0.2643	0.2322	0.3022
5	4000	0.2576	0.1488	0.1682	0.1501	0.1744	0.2102
6	8000	0.0551	0.0468	0.0353	0.0510	0.0419	0.0306

Annexe 3 : Patients ayant une surdité moyenne de groupe 1

Surdités moyennes de groupe 1										
Oreille N°	Perte par fréquence (dB SPL)				Surdité moyenne (dB SPL)	Age (Année)	Nombre d'heures de port	Nombre d'années d'appareillage	Scores au test syllabique (%)	SII (%)
	500 Hz	1000 Hz	2000 Hz	4000 Hz						
1	50	55	60	55	55	60	12	0,8	76	80
2	45	50	60	75	57,5	80	10	2	73	58
3	30	35	70	75	52,5	80	12	1	85	80
4	50	45	45	55	48,75	53	13	2	95	83
5	45	45	50	60	50	69	7	3	68	80
6	35	40	50	70	48,75	79	12	0,5	88	85
7	35	25	65	85	52,5	85	6	11	83	70
8	25	30	65	95	53,75	73	12	1	78	68
9	45	45	50	60	50	60	12	0,8	85	78
10	30	30	55	75	47,5	80	12	1	90	83
11	25	30	45	90	47,5	85	12	3	83	74
12	35	35	50	50	42,5	69	7	3	80	86

Annexe 4 : Patients ayant une surdité moyenne de groupe 2

Surdités moyennes de groupe 2										
Oreille N°	Perte par fréquence (dB SPL)				Surdité moyenne (dB SPL)	Age (Année)	Nombre d'heures de port	Nombre d'années d'appareillage	Scores au test syllabique (%)	SII (%)
	500 Hz	1000 Hz	2000 Hz	4000 Hz						
1	50	60	75	80	66,25	77	12,5	7	73	69
2	60	55	60	55	57,5	66	14	4	75	68
3	25	25	90	85	56,25	75	7	7	68	53
4	45	55	70	75	61,25	82	12	2	73	66
5	30	35	80	100	61,25	69	10	5	63	71
6	35	65	70	105	68,75	66	10	7	60	61
7	60	70	95	110	83,75	78	12	1	60	42
8	55	55	65	80	63,75	65	11	5	48	51
9	45	55	90	80	67,5	61	4,5	1	70	48
10	70	60	75	75	70	76	12	1	53	39
11	55	55	75	90	68,75	58	14	2	78	52
12	55	60	75	80	67,5	73	12	0,8	65	45
13	70	60	45	60	58,75	59	12,5	2	63	73
14	55	65	75	85	70	85	12,1	3	65	54
15	40	30	70	90	57,5	85	12	3	63	57
16	60	65	65	90	70	79	12	3	70	53
17	40	60	75	75	62,5	74	14	2	60	57
18	30	55	75	80	60	77	11,5	1	65	55
19	45	55	65	60	56,25	66	14	4	85	68
20	30	30	100	85	61,25	75	7	7	78	48

Oreille N°	Perte par fréquence (dB SPL)				Surdité moyenne (dB SPL)	Age (Année)	Nombre d'heures de port	Nombre d'années d'appareillage	Scores au test syllabique (%)	SII (%)
	500 Hz	1000 Hz	2000 Hz	4000 Hz						
21	65	75	65	60	66,25	82	12	2	63	43
22	30	50	85	85	62,5	69	10	5	78	62
23	35	45	80	90	62,5	66	10	7	65	52
24	45	40	60	80	56,25	73	10	6	55	65
25	60	60	65	85	67,5	84	3	4	48	45
26	45	55	70	70	60	80	10	2	70	52
27	70	60	60	70	65	76	12	1	79	53
28	60	60	70	70	65	73	12	0,8	84	55
29	50	55	80	55	60	59	12,5	2	65	80
30	55	50	65	75	61,25	85	12,1	3	65	65
31	60	55	75	85	68,75	79	12	3	83	46
32	55	60	75	45	58,75	85	11	4	75	70
33	45	45	75	75	60	74	14	2	80	74
34	35	50	80	75	60	77	11,5	1	78	60

Annexe 5 : Patients ayant une surdité sévère de groupe 1

Surdités sévères de groupe 1										
Oreille N°	Perte par fréquence (dB SPL)				Surdité moyenne (dB SPL)	Age (Année)	Nombre d'heures de port	Nombre d'années d'appareillage	Scores au test syllabique (%)	SII (%)
	500 Hz	1000 Hz	2000 Hz	4000 Hz						
1	65	65	85	85	75	77	10	19	48	45
2	55	65	75	95	72,5	78	13	?	63	52
3	70	80	80	70	75	81	?	7	57	50
4	65	60	85	80	72,5	76	10,6	6	48	40
5	55	55	80	90	70	73	?	6	63	40
6	75	60	80	100	78,75	84	3	4	25	26
7	65	65	85	75	72,5	84	12	1	50	45
8	55	80	95	90	80	74	?	6	60	29
9	70	65	70	90	73,75	85	11	4	23	17
10	55	60	70	105	72,5	80	15	11	83	51
11	65	60	85	90	75	77	10	19	53	53
12	55	60	90	105	77,5	79	2,5	19	30	35
13	45	80	85	85	73,75	76	11,5	1	30	34
14	80	80	75	75	77,5	81	?	7	45	43
15	70	65	85	85	76,25	76	10,6	6	35	39
16	70	75	75	80	75	54	?	15	48	58
17	80	80	80	70	77,5	65	11	5	55	35
18	80	70	80	90	80	78	10	10	43	39
19	55	70	90	80	73,75	74	?	6	63	44
20	65	75	80	70	72,5	77	12	6	50	26
21	75	70	70	80	73,75	53	13	2	70	58
22	65	80	85	90	80	77	12,5	7	85	63

Annexe 6 : Patients ayant une surdité sévère de groupe 2

Surdités sévères de groupe 2										
Oreille N°	Perte par fréquence (dB SPL)				Surdité moyenne (dB SPL)	Age (Année)	Nombre d'heures de port	Nombre d'années d'appareillage	Scores au test syllabique (%)	SII (%)
	500 Hz	1000 Hz	2000 Hz	4000 Hz						
1	60	65	90	115	82,5	79	2,5	19	23	19
2	85	90	85	95	88,75	54	10	?	55	31
3	85	75	90	100	87,5	78	10	10	55	39
4	80	75	85	85	81,25	77	12	6	45	25
5	70	65	85	110	82,5	78	11	1	60	46

N° d'identification :

Corrélation entre le Speech Intelligibility Index (SII) et le test syllabique de Frank
LEFEVRE

Soutenu le 5 novembre 2015

par Camille LE GALL

Maître de mémoire: Mr Stéphane LAURENT

RESUME :

Le Speech Intelligibility Index (SII) permet d'analyser qualitativement l'intelligibilité d'un message vocal.

Couramment utilisé en acoustique, il fait aujourd'hui son apparition en audioprothèse via la *Mesure In Vivo*.

Le but de cette étude est de comparer l'intelligibilité mesurée chez des patients malentendants appareillés et le SII recueilli en périphérie de leurs tympans, avec aide auditive.

Pour mesurer la compréhension des sujets, nous utiliserons le test syllabique de Frank LEFEVRE émis en champ libre à 65 dB SPL.

Les données seront classées oreille par oreille et selon le degré de surdité.

Les résultats seront analysés et interprétés afin de comprendre les disparités rencontrés entre SII et intelligibilité mesurée.

MOTS CLES :

- Speech Intelligibility Index
- Intelligibilité
- Surdité
- Audioprothèse
- *Mesure In Vivo*
- Aide auditive
- Test syllabique de Frank LEFEVRE
- Sujets âgés