



**HAL**  
open science

## Audiométrie vocale

Florian Goujon

► **To cite this version:**

| Florian Goujon. Audiométrie vocale. Médecine humaine et pathologie. 2012. hal-02095178

**HAL Id: hal-02095178**

**<https://hal.univ-lorraine.fr/hal-02095178v1>**

Submitted on 10 Apr 2019

**HAL** is a multi-disciplinary open access archive for the deposit and dissemination of scientific research documents, whether they are published or not. The documents may come from teaching and research institutions in France or abroad, or from public or private research centers.

L'archive ouverte pluridisciplinaire **HAL**, est destinée au dépôt et à la diffusion de documents scientifiques de niveau recherche, publiés ou non, émanant des établissements d'enseignement et de recherche français ou étrangers, des laboratoires publics ou privés.



## 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](mailto: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.cfcopies.com/V2/leg/leg_droi.php)

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

Université Henri Poincaré, Nancy I

Faculté de Pharmacie

**AUDIOMETRIE VOCALE :**  
**ETUDE DE L'INTELLIGIBILITE DANS LE BRUIT CHEZ**  
**LE NORMO-ENTENDANT ET DETERMINATION DE**  
**COURBES VOCALES DE REFERENCE**

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

# REMERCIEMENTS

Tout d'abord, je tiens à remercier Monsieur Joël Ducourneau pour la qualité de son enseignement, sa disponibilité et son implication au sein de cette formation. Je remercie également tout le corps professoral l'accompagnant à savoir Madame le Professeur Pascale Friant-Michel, Madame le Professeur Parietti-Winckler, Monsieur le Professeur Simon, Monsieur Thierry Eluecque, Monsieur Arnaud Girault et Monsieur Eric Hans. Merci pour tout.

Merci à Julien Foissac, audioprothésiste D.E., qui m'a permis de découvrir de plus près le métier d'audioprothésiste, avant de me lancer dans cette formation.

Merci à Pierre Toumelin pour cette première expérience au sein de cette formation.

Merci à Nicolas et Lisa Chatelain, audioprothésistes D.E., de m'avoir fait partager les vrais valeurs du métier. Merci pour vos conseils, votre rigueur et votre disponibilité.

Merci à Yves Lasry pour sa sympathie et ses nombreux conseils. Merci d'avoir mis à ma disposition tout le matériel nécessaire à la réalisation de ce mémoire.

Merci à tous ceux qui m'ont accordé de leur temps libre pour participer aux tests d'audition dans le cadre de ce mémoire.

# SOMMAIRE

Remerciements

Sommaire

Introduction .....	1
Partie théorique .....	4
<b>1. PAROLE, BRUIT ET COMPREHENSION DE LA PAROLE DANS LE BRUIT .....</b>	<b>5</b>
1.1 BREFS RAPPELS DE REPRESENTATION GRAPHIQUE D'UN SON .....	5
1.2 LA PAROLE .....	6
1.2.1 Définition .....	6
1.2.2 La production de la parole.....	6
1.2.3 Composante temporelle de la parole .....	7
1.2.4 Composante fréquentielle de la parole .....	8
1.2.5 Le spectrogramme.....	9
1.3 LE BRUIT.....	10
1.3.1 Définition .....	10
1.3.2 Paramètres caractérisant le bruit.....	11
1.3.3 Exemples de bruit .....	11
1.3.3.1 Le bruit blanc.....	11
1.3.3.2 L'Onde Vocale Globale de Dodelé (OVG) .....	12
1.3.3.3 Le bruit de « Cocktail Party ».....	13
1.4 COMPREHENSION DE LA PAROLE DANS LE BRUIT .....	14
1.4.1 L'analyse en flux auditifs .....	14
1.4.1.1 Description de l'analyse en flux auditifs.....	14
1.4.1.2 Rôle des indices spectraux pour l'analyse en flux auditifs .....	15
1.4.1.3 Rôle des indices temporels pour l'analyse en flux auditifs .....	15
1.4.2 Facteurs influençant l'intelligibilité dans le bruit .....	16
1.4.2.1 L'auditeur .....	16
1.4.2.1.1 L'aspect visuel : le positionnement et la lecture labiale .....	16
1.4.2.1.2 La suppléance mentale.....	17
1.4.2.1.3 L'attention .....	18
1.4.2.1.4 La mémoire.....	18
1.4.2.2 Le locuteur.....	19
1.4.2.3 La nature du bruit.....	19

<b>2.</b>	<b>L’AUDIOMETRIE VOCALE DANS LE SILENCE ET DANS LE BRUIT .....</b>	<b>21</b>
2.1	PREAMBULE .....	21
2.2	L’AUDIOMETRIE VOCALE.....	21
2.2.1	<i>Définition</i> .....	21
2.2.2	<i>Matériel phonétique</i> .....	22
2.2.2.1	Présentation .....	22
2.2.2.2	Règles à respecter .....	22
2.2.2.2.1	Conditions à remplir par les éléments .....	22
2.2.2.2.2	Conditions à remplir par les listes .....	23
2.2.2.2.3	Remarques.....	23
2.2.2.3	Support, mode d’enregistrement du message vocal .....	23
2.2.2.4	Présentation du matériel vocal utilisé dans le cadre de l’étude pratique .....	24
2.2.2.4.1	Les logatomes de Dodelé .....	24
2.2.2.4.2	Les mots monosyllabiques de Fournier.....	25
2.2.2.4.3	Les mots dissyllabiques de Fournier.....	25
2.2.2.4.4	Les phrases de Combescure .....	26
2.2.2.5	Synthèse .....	26
2.3	L’AUDIOMETRIE VOCALE CLASSIQUE DANS LE SILENCE (AVS) .....	27
2.3.1	<i>Mode d’audition</i> .....	27
2.3.2	<i>Mode de passation</i> .....	27
2.3.3	<i>Représentation graphique</i> .....	28
2.3.4	<i>Valeurs recherchées dans le cadre d’une interprétation vocale</i> .....	29
2.3.5	<i>Intérêts de l’audiométrie vocale dans le silence</i> .....	30
2.3.6	<i>Limites de l’audiométrie vocale dans le silence</i> .....	31
2.4	L’AUDIOMETRIE VOCALE DANS LE BRUIT (AVB) .....	32
2.4.1	<i>Préambule</i> .....	32
2.4.2	<i>Mode d’audition</i> .....	32
2.4.3	<i>Equipement</i> .....	32
2.4.3.1	Au casque .....	32
2.4.3.2	En champ libre.....	33
2.4.4	<i>Matériel phonétique</i> .....	34
2.4.5	<i>Mode de passation</i> .....	34
2.4.6	<i>Représentation graphique</i> .....	36
2.4.7	<i>Valeurs recherchées dans le cadre d’une interprétation vocale</i> .....	36
2.4.8	<i>Intérêts de l’audiométrie vocale dans le bruit</i> .....	37
2.4.9	<i>Limites de l’audiométrie vocale dans le bruit</i> .....	38

<b>3.</b>	<b>LE SUJET NORMO-ENTENDANT : DEFINITION</b> .....	<b>39</b>
3.1	CARACTERISTIQUES TONALES .....	39
3.2	L'AGE.....	40
3.3	LE CHAMP AUDITIF .....	40
3.4	CARACTERISTIQUES VOCALES.....	43
3.5	CONCLUSION.....	44
<b>4.</b>	<b>INTRODUCTION A LA PARTIE EXPERIMENTALE, PROBLEMATIQUES ET HYPOTHESES</b> .....	<b>47</b>
4.1	INTRODUCTION A LA PARTIE EXPERIMENTALE .....	47
4.2	PROBLEMATIQUES.....	47
4.3	HYPOTHESES .....	49
<b>5.</b>	<b>PRESENTATION DES CONDITIONS DE REALISATION</b> .....	<b>51</b>
5.1	LA CABINE DE MESURES AUDIOPROTHETIQUES .....	51
5.2	CONDITIONS MATERIELLES.....	53
5.2.1	<i>L'audiomètre</i> .....	53
5.2.2	<i>Logiciel : le BioSoundSystem</i> .....	53
5.2.2.1	Présentation .....	53
5.2.2.2	Objectifs.....	54
5.2.2.3	Matériel requis .....	54
5.2.2.4	Le matériel sonore : organisation et fonctionnement .....	55
5.2.2.5	MonoBioSound et MultiBioSound.....	56
5.2.2.6	Applications audioprothétiques .....	57
5.2.3	<i>Système de communication sans fil</i> .....	57
5.3	CALIBRATION.....	58
<b>6.</b>	<b>L'ÉCHANTILLON DE POPULATION TESTÉE</b> .....	<b>60</b>
6.1	PRESENTATION .....	60
6.2	CRITERES DE SELECTION.....	60
6.2.1	<i>Critère d'âge</i> .....	60
6.2.2	<i>Critère de sélection tonale</i> .....	61
6.2.3	<i>Critère de sélection vocale</i> .....	61
6.2.4	<i>Récapitulatif de sélection</i> .....	62
6.2.5	<i>Recherche de l'échantillon</i> .....	62



8.3.4.2	Courbe vocale de référence établie en milieu bruyant pour les phrases de Combescure.....	83
8.3.4.3	Observations et interprétations.....	83
8.4	REPONSES AUX PROBLEMATIQUES.....	86
8.4.1	<i>Problématique n°1 : Chez le normo-entendant, quelles courbes d'intelligibilité vocale de référence obtenons-nous en milieu bruyant selon le matériel vocal utilisé ? .....</i>	86
8.4.2	<i>Problématique n°2 : la suppléance mentale intervient-elle de façon significative ?.....</i>	88
8.4.3	<i>Problématique n°3 : La courbe vocale de référence issue des logatomes de Dodelé sera-t-elle comparable à celle effectuée sur le test <b>AVfB</b> de Dodelé ? .....</i>	89
8.5	SYNTHESE .....	90
	Conclusion.....	91
	Bibliographie.....	92
	Table des illustrations.....	97
	Table des annexes.....	100

# Introduction

Entendre, pouvoir suivre une conversation et communiquer sont des éléments indispensables à l'épanouissement de chacun. Néanmoins, la compréhension de la parole est un phénomène complexe et dépendant de nombreux facteurs tel que le bruit. Cette source de pollution sonore, trop souvent négligée, peut engendrer de graves dégâts sur notre santé physique comme mentale : fatigue, épuisement, dépression. En effet, nombreux sont les désagréments sonores qui nous entourent tels que les bruits domestiques (bruits de vaisselle, bruits d'aspirateur par exemple) et les bruits extérieurs (bruits de chantier ou issus du trafic routier). Ce phénomène, omniprésent au quotidien, peut représenter un véritable obstacle à la compréhension du message émis à destination d'une personne. Discriminer la parole en présence de bruit peut s'avérer compliqué, et ce, d'autant plus, si la personne souffre de déficience auditive notamment chez les sujets atteints de presbycusie. C'est pourquoi l'audioprothésiste se doit d'intervenir afin d'améliorer ces situations dérangeantes par le biais de l'appareillage.

L'évolution croissante des technologies dans le domaine de l'audioprothèse amène le professionnel de l'audition à pouvoir répondre aux besoins du patient à savoir : « entendre mais surtout comprendre la parole en présence de bruit ». Désormais, l'audioprothésiste, disposant de matériels ainsi que de logiciels de plus en plus sophistiqués, peut quantifier la gêne sociale entraînée par la dégradation de l'audition. Outre l'examen tonal et vocal dans le silence, l'audiométrie vocale dans le bruit apporte ces informations précieuses, tant au niveau du bilan d'orientation que du contrôle d'efficacité prothétique immédiat et permanent. Pourtant simple et rapide à effectuer, l'audiométrie vocale dans le bruit reste un examen peu pratiqué en France. De plus, en parcourant la littérature, seuls quelques ouvrages y font référence.

Cette carence d'informations contraste très nettement avec l'examen vocal au calme. En effet, bon nombre de revues audioprothétiques traitent régulièrement de l'audiométrie vocale dans le silence. J.E. FOURNIER fut un des précurseurs de cette pratique, ses travaux effectués dans les années 50 ont permis de mettre au point des épreuves d'intelligibilité encore couramment pratiquées de nos jours. Dans son ouvrage intitulé « Audiométrie Vocale », il relate l'élaboration de ces épreuves vocales tout en déterminant des courbes vocales de référence nécessaires à l'interprétation de chaque test.

Ainsi, en se basant sur les travaux de J.E. FOURNIER, mon Maître de mémoire Yves Lasry et moi-même, avons décidé d'entreprendre ce même travail de normalisation concernant l'audiométrie vocale dans le bruit.

En premier lieu, l'élaboration d'un protocole d'appareillage semblait intéressant à traiter et c'est suite à sa conception que le choix s'est finalement porté sur l'audiométrie vocale dans le bruit. En effet, nous avons demandé à Monsieur Lasry, créateur du logiciel BioSoundSystem et de ce fait, initiateur de la pratique courante de l'audiométrie vocale en milieu bruyant, d'où provenait la courbe inscrite par défaut sur le graphique suivant :

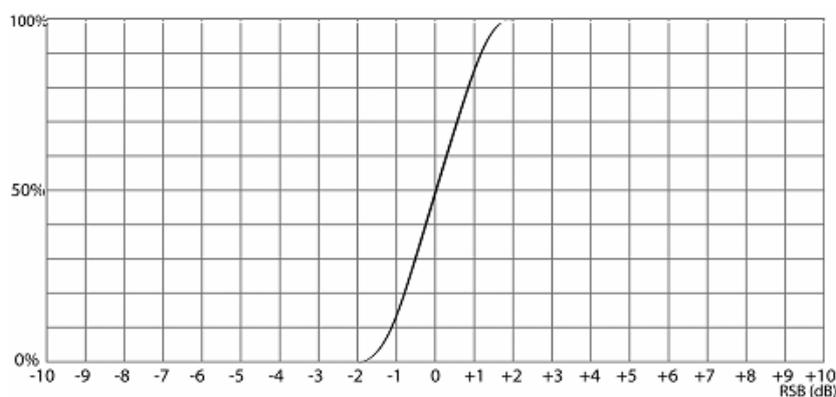


Figure 1 : Courbe vocale optimale post-appareillage déposée de façon arbitraire [1]

Monsieur Lasry nous a répondu qu'il s'agit d'une courbe vocale optimale censée représenter les perspectives de réponse d'un patient appareillé. Cependant, il nous informa que celle-ci fut instaurée de façon arbitraire sans tenir compte du matériel vocal employé.

C'est pourquoi nous avons souhaité compléter cette supposition en déterminant des courbes vocales de référence chez le normo-entendant selon le matériel phonétique utilisé : logatomes de Dodelé, mots mono et dissyllabiques de Fournier et phrases de Combescure.

A travers ce préambule en découle plusieurs problématiques qui sont les suivantes :

1. « Chez le normo-entendant, quelles courbes d'intelligibilité vocale de référence obtenons-nous en milieu bruyant selon le matériel vocal utilisé ? »,
2. « La suppléance mentale intervient-elle de façon significative ? ».

## **Organisation de la partie théorique du mémoire**

En premier lieu, afin d'introduire et de situer le cadre de ces travaux de recherche, une partie théorique sera développée pour exposer le contenu des différents champs d'étude nécessaires à notre problématique.

Le mémoire débutera ainsi par quelques rappels sur la parole, le bruit et sur la compréhension de la parole en présence de bruit. Nous verrons notamment quels sont les paramètres caractérisant la parole et permettant la discrimination de celle-ci en présence de bruit. La partie suivante sera consacrée à l'examen vocal. Après avoir redéfini ce test et présenté le matériel phonétique nécessaire à son utilisation, une comparaison sera faite entre l'audiométrie vocale dans le silence et l'audiométrie vocale en présence de bruit tant au niveau de son mode de passation que de son interprétation. Enfin, la dernière partie de ce chapitre théorique aura pour objectif de définir le normo-entendant. Cela permettra d'aborder au mieux l'étude pratique tout en démontrant qu'un normo-entendant ne se définit pas seulement d'un point de vue tonal.

## **Organisation de la partie expérimentale du mémoire**

Après avoir énoncé plusieurs problématiques et hypothèses émanant de celles-ci, une présentation détaillée de l'étude expérimentale sera faite. Nous présenterons la cabine, le logiciel ainsi que l'ensemble du matériel utilisé dans le cadre de l'étude expérimentale. Il convient également d'exposer le protocole de test utilisé tout en justifiant l'échantillon de population sélectionnée pour cette étude.

Suite aux résultats obtenus, la dernière partie exposera les conclusions et perspectives de ces travaux.

# PARTIE THÉORIQUE

*« Les paroles seules comptent. Le reste est bavardage. »*

*Eugène Ionesco*

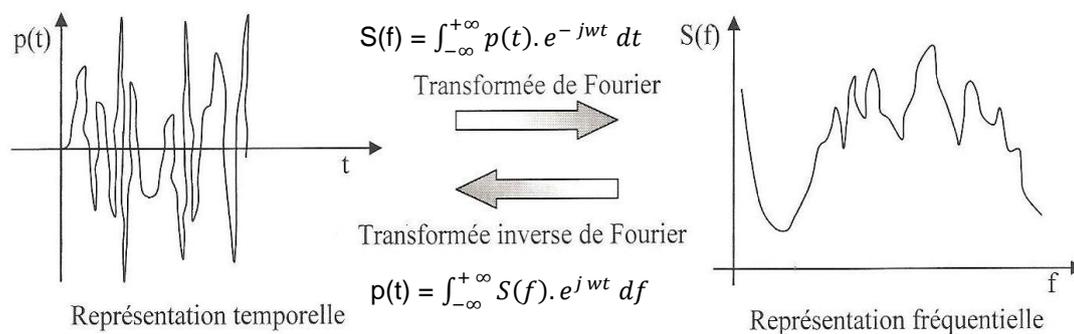
# 1. PAROLE, BRUIT ET COMPREHENSION DE LA PAROLE DANS LE BRUIT

## 1.1 Brefs rappels de représentation graphique d'un son [2a]

Analyser de façon pertinente une vibration sonore, telle que la parole, revient à l'étudier selon trois grandeurs : l'intensité, le temps et la fréquence. Ce procédé d'appréciation, d'analyse et d'évaluation est décrit par deux types de fonctions :

1. Une fonction temporelle, qui décrit les variations d'amplitude d'une vibration acoustique en fonction du temps. Cette représentation, obtenue par oscilloscope cathodique, permet d'étudier à tout instant l'élongation de la grandeur vibratoire considérée et de mettre en évidence l'amplitude des vibrations ainsi que la forme de l'onde.
2. Une fonction spectrale, qui décrit les variations d'intensité, de puissance ou de niveau sonore du phénomène acoustique en fonction de la fréquence « f », de la pulsation « w » ou d'une grandeur vibratoire. Cette représentation, obtenue par analyseur de spectre, met en évidence les composantes de la vibration analysée et par conséquent ne présente un intérêt que dans le cas de sons complexes ou large bande.

A noter qu'il existe une correspondance biunivoque entre ces deux fonctions puisque pour passer d'une représentation à une autre, on utilise la transformée de FOURIER ou son inverse.



**Figure 2 : Représentation temporelle et spectrale d'un son**

$p(t)$  : variation temporelle de la pression acoustique du signal,  
 $S(f)$  : fonction spectrale du signal.

## 1.2 La parole

### 1.2.1 Définition

Dans un premier temps, il convient de rappeler que la parole comporte différentes définitions suivant son domaine d'étude :

- d'un point de vue linguistique, la parole se définit comme étant l'usage concret qu'un individu fait de la langue. Cette capacité résulte d'un processus moteur appelé la phonation permettant ainsi à chacun d'exprimer oralement sa pensée et de ce fait d'instaurer une communication.<sup>[3]</sup>
- d'un point de vue acoustique, la parole, constituée par l'association de plusieurs phonèmes, se définit comme étant une suite continue de sons impulsionnels dépendants les uns des autres.<sup>[1]</sup>

### 1.2.2 La production de la parole <sup>[4][5]</sup>

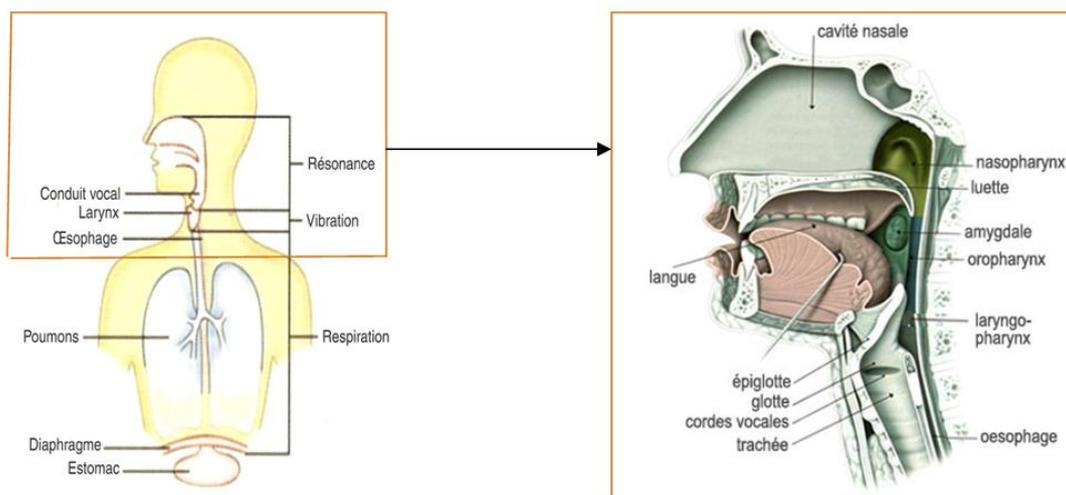
Pour rappel, les organes de la phonation se répartissent en trois parties à savoir :

- Le thorax, comprenant l'appareil respiratoire où l'accumulation d'air fait office de source d'énergie,
- La trachée, où sont présentes les cordes vocales permettant de faire vibrer le son quand c'est nécessaire,
- Les cavités aériennes supralaryngées, jouant le rôle de résonateur tels que le pharynx, la cavité buccale et la cavité nasale.

Cette production des sons de la parole peut être modélisée selon la théorie source-filtre. Cette théorie relate que la source des sons de la parole, c'est-à-dire l'énergie d'un phonème, provient du souffle pulmonaire sachant que le filtre est représenté par les cavités supra-glottiques intervenant dans l'amplification de certaines fréquences.

Ainsi, lors de l'expiration, un souffle phonatoire fait vibrer les cordes vocales dans un régime quasi-périodique. La fréquence de vibration des cordes vocales est appelée fréquence laryngienne ou fréquence fondamentale de l'onde acoustique. Ce souffle est ensuite renforcé sur certaines fréquences dans les cavités supra-glottiques qui sont des cavités de résonance. Ces cavités de résonance sont le pharynx, les cavités buccales et nasales produisant respectivement les formants  $f_1$ ,  $f_2$  et  $f_3$  caractérisant ainsi le spectre fréquentiel de chaque phonème.

A noter que ces cavités sont simultanément modulées selon l'articulation produite, c'est-à-dire selon le positionnement des lèvres, de la langue et du voile du palais.



**Figure 3 : L'appareil phonatoire** [6a] [7]

Cette production vocale se modifie selon des critères propres à l'individu et à son environnement tels que l'âge, le sexe, le milieu social, l'humeur du moment (stress, colère, etc.), l'état de santé, les conditions d'émission (discussion libre, lecture d'un texte, etc.) ou bien encore l'objectif du locuteur (injonction, explication, etc.). Ces paramètres influent alors sur le rythme de parole, la vitesse d'élocution, les intonations.<sup>[6b]</sup>

### 1.2.3 Composante temporelle de la parole [6c] [8]

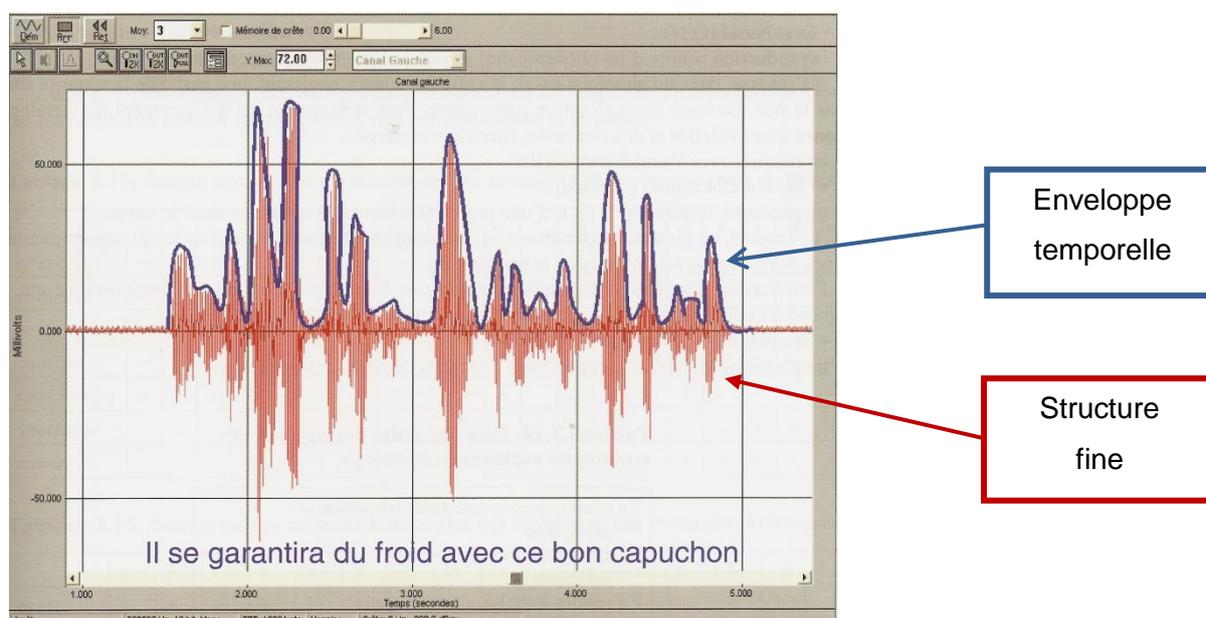
L'analyse de l'enveloppe temporelle du signal de parole permet d'étudier la pertinence des différents indices qui la composent et leur rôle majeur dans l'intelligibilité de la parole. Pour cela, il convient de décrire plusieurs paramètres caractéristiques de cette enveloppe temporelle : les pics maximums d'amplitude, les creux et les variations d'amplitude.

Dans chaque bande fréquentielle, la parole se décompose en deux éléments majeurs :

- Les modulations externes, correspondant à des variations lentes du niveau moyen de la voix quand l'interlocuteur se rapproche ou s'éloigne, quand il parle plus ou moins fort. Ces modulations d'amplitude, inférieures à 50Hz, constituent l'enveloppe temporelle du signal vocal,

- Les modulations internes, étant des variations très rapides du niveau sonore (> 1000Hz) avec l'alternance des phonèmes fortement ou faiblement énergétiques. Cette structure temporelle fine est ainsi composée de pics et de creux d'amplitude. Les pics d'amplitude correspondent à des émergences du signal vocal de l'ordre de 9 à 12dB plus intenses que le niveau moyen à long terme du signal de parole. A noter que ces émergences jouent un rôle essentiel dans la compréhension de la parole en présence d'un bruit ambiant.

Voici présenté ci-dessous l'analyse temporelle de la première phrase de la liste 1 de Combescure où sont indiqués les éléments précédemment cités.



**Figure 4 : Courbe d'enveloppe de la première phrase de la liste 1 de Combescure** [6d]

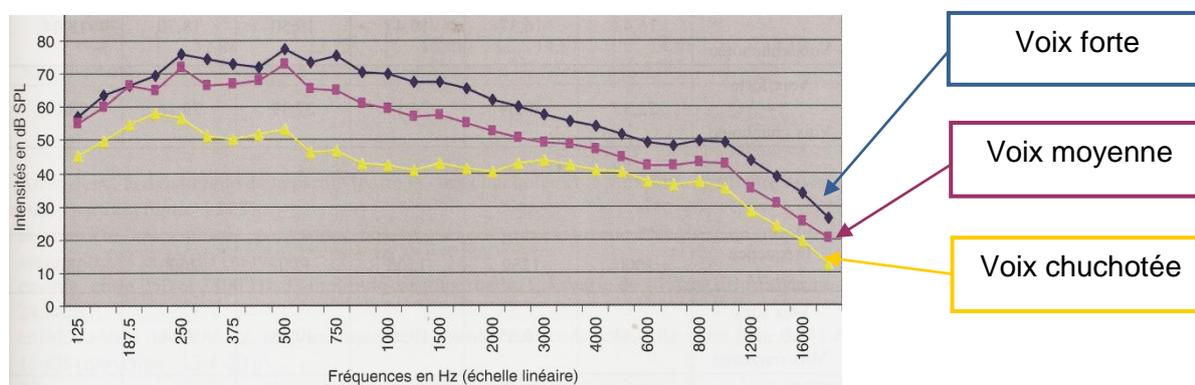
Cette capacité de notre système à extraire et à se servir de ces deux attributs reste indispensable à l'identification du message sonore. Un déficit de cette faculté pourrait expliquer certains troubles observés dans les pathologies auditives centrales et périphériques.

#### 1.2.4 Composante fréquentielle de la parole [6e]

Outre l'analyse temporelle, l'analyse fréquentielle du signal de parole semble être un élément d'étude complémentaire. L'enveloppe spectrale se définit comme la courbe qui enveloppe le signal sur sa représentation fréquentielle ou spectrale sur un axe fréquence/intensité. En d'autres termes, il s'agit de définir l'allure du spectre à long terme de la parole.

Cependant, moyenner l'énergie de la parole pour en obtenir un spectre moyen n'a d'intérêt que si ce moyennage d'énergie s'effectue à partir des valeurs crête de la parole. Autrement dit, il s'agit d'étudier le spectre constitué des valeurs les plus élevées obtenues pour chaque tranche de fréquence du signal considéré. Ainsi, on ne s'intéresse qu'aux énergies réellement développées dans toutes les zones fréquentielles sans que ces dernières ne soient moyennées et sans prendre en compte les silences tel que le ferait un moyennage classique.

Voici présenté ci-dessous les spectres moyens à long terme de la parole, en valeurs crête, pour des voix fortes, moyennes et chuchotées d'une cohorte de 15 hommes et de 15 femmes réunis, âgés de 20 à 44 ans.



**Figure 5 : Spectres moyens à long terme de la parole, en valeurs crête, pour des voix fortes, moyennes et chuchotées. Matériel vocal: liste 1 des phrases de Combescure [6f]**

Ces trois spectres vocaux, représentatifs de la dynamique de parole, permettent d'une part de constater des modifications de l'intensité globale de la parole et d'autre part, des modifications significatives de ces caractéristiques spectrales. En effet, on remarque que l'énergie sonore, à voix chuchotée, moyenne ou forte, comporte plus d'énergie en basse fréquence. Sur l'ensemble de la plage fréquentielle, on constate un certain parallélisme entre les courbes des voix moyennes et fortes, ce qui n'est pas le cas pour la voix chuchotée. Cette différence s'explique en partie par la non vibration des cordes vocales. Par conséquent, il n'y a pas de fondamental laryngé et donc moins d'énergie prépondérante en basse fréquence puisque celui-ci est remplacé par le souffle phonatoire.

### 1.2.5 Le spectrogramme [4]

Afin de visualiser et d'interpréter aisément un signal de parole, l'affichage de type spectrogramme (appelé encore sonagramme), reste le plus adapté et le plus complet qui soit.

Cette représentation permet à elle seule de visualiser les trois paramètres caractérisant le signal vocal puisque l'énergie sonore est étudiée en fonction des fréquences dans le temps.

- Axe horizontal → axe des temps,
- Axe vertical → axe des fréquences,
- Zone de noirceur → zone de concentration énergétique.

Ainsi se repère visuellement la plupart des corrélats acoustiques qui correspondent à la réalisation des sons de la parole tels que les silences, les bruits impulsionnels ou continus, les formants ... etc.

Pour exemple, voici présenté ci-dessous le spectrogramme d'une phrase présente sur les listes de Combescure :

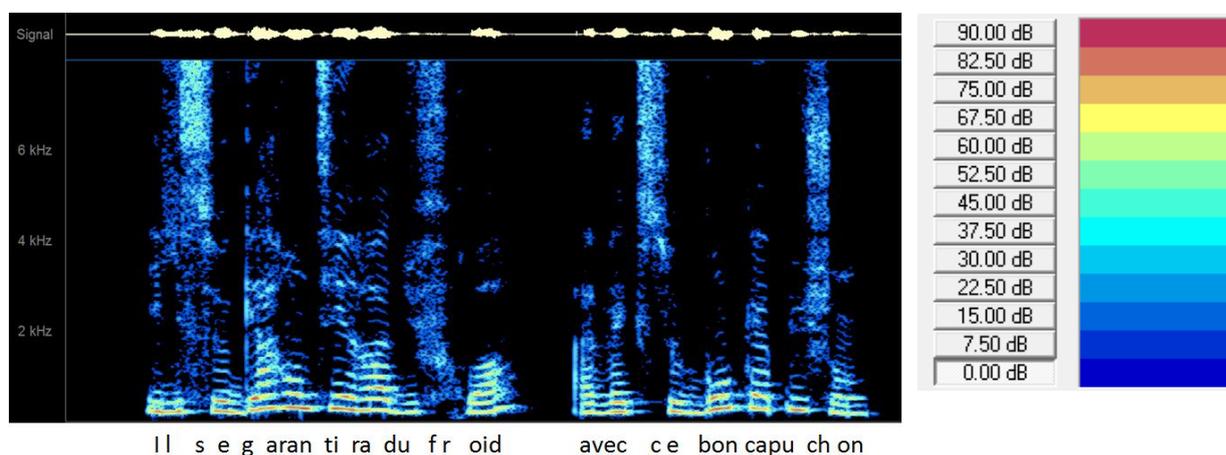


Figure 6 : Spectrogramme de la première phrase de la liste 1 de Combescure [9]

## 1.3 Le bruit

### 1.3.1 Définition

D'un point de vue scientifique, le bruit se définit comme étant « un phénomène acoustique produisant une sensation auditive considérée comme désagréable ou gênante ».<sup>[10]</sup> Pour rappel, l'unité de mesure pour tout niveau sonore est le décibel.

Les adjectifs employés ci-dessus pour définir ce signal acoustique s'explique par le fait que le bruit reste le principal obstacle à une bonne compréhension à partir du moment où la personne ne présente aucune déficience auditive.

### 1.3.2 Paramètres caractérisant le bruit [11]

Outre cette définition, plusieurs paramètres sont à prendre en compte pour définir le bruit et par conséquent sa nocivité, tels que :

- Son intensité, car plus l'intensité augmente, plus le sujet s'expose à un risque de surdité ou de fatigue auditive,
- Sa fréquence, puisqu'un bruit de tonalité aiguë est, à intensité égale, plus nocif qu'un bruit à tonalité grave,
- Sa pureté, étant donné qu'un son pur est plus traumatisant pour l'oreille interne qu'un bruit large spectre,
- Sa durée d'exposition, sachant que pour une même ambiance sonore, plus la durée d'exposition est longue, plus les lésions auditives de l'oreille interne seront importantes.

Enfin, tout dépend de l'individu capable de supporter ou non l'effet délétère du bruit selon son âge ou encore ses antécédents médicaux (sphère ORL, traumatisme, ...).

### 1.3.3 Exemples de bruit

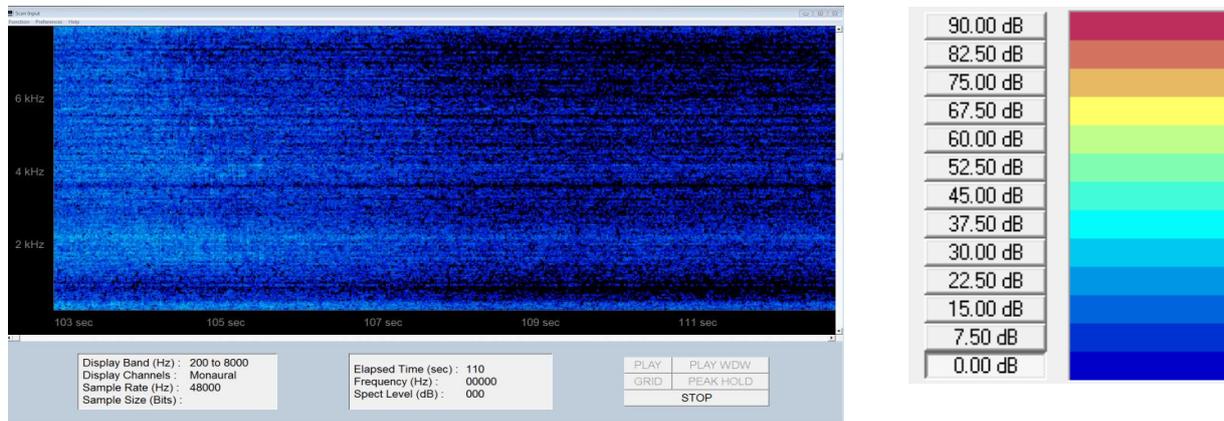
Voici présenté ci-dessous quelques bruits que l'audioprothésiste sera amené à rencontrer au cours de son exercice professionnel.

#### 1.3.3.1 Le bruit blanc [2b]

Le bruit blanc, par analogie à la lumière blanche (mélange de toutes les couleurs), est composé de l'ensemble des fréquences audibles. Sachant que chaque fréquence dispose de la même quantité d'énergie avec un nombre de fréquences qui double d'une octave à l'autre, l'énergie croît linéairement de 3dB par octave.

Ce bruit, obtenu par amplification du bruit de fond des composants électroniques, constitue sur une bande passante de largeur infinie, le bruit de fond thermique de la matière.

A noter que ce bruit reste couramment utilisé lorsqu'il s'agit de masquer la parole ou de déterminer le seuil subjectif d'inconfort chez un patient. Pour cela, il suffit de pondérer, filtrer ce dernier soit par un filtre large bande soit par le spectre de la parole.



**Figure 7 : Spectrogramme d'un bruit blanc**

Enfin, d'un point de vue acoustique, ce bruit s'apparente à un souffle ou plus communément au son produit par un téléviseur lorsque celui-ci est déréglé.<sup>[12]</sup>

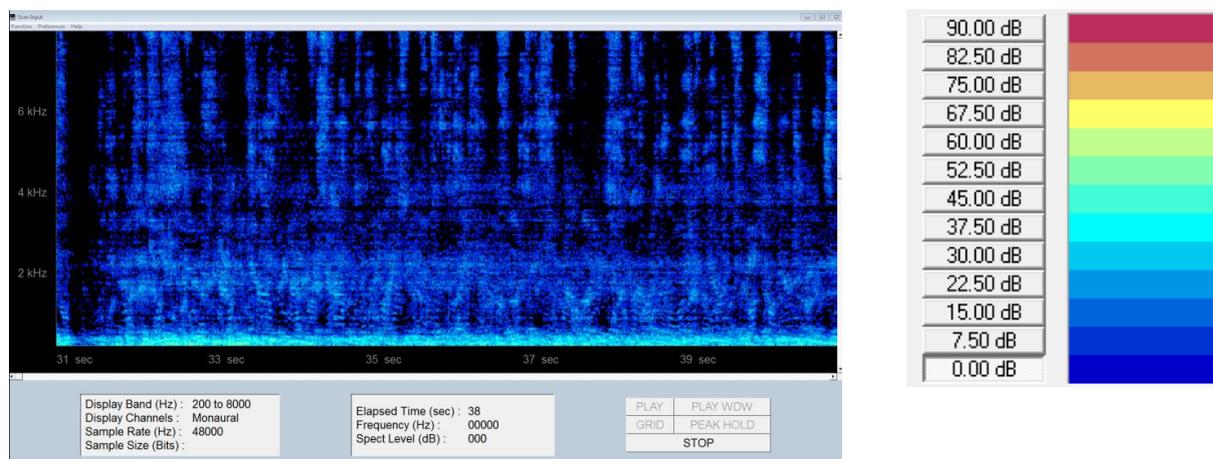
### **1.3.3.2 L'Onde Vocale Globale de Dodelé (OVG) <sup>[13a]</sup>**

Il s'agit d'un bruit conçu par L. Dodelé dans le cadre du « test d'Audiométrie Verbo-fréquentielle en présence de Bruit calibré ». En effet, Monsieur Léon Dodelé, précurseur de l'audiométrie vocale dans le bruit, souhaitait disposer pour son test d'un bruit représentatif de la réalité.

Ainsi fut créée l'Onde Vocale Globale qui comporte, contrairement à d'autres bruits existants, des propriétés plus caractéristiques de la réalité. Ces caractéristiques sont les suivantes :

- Discontinu, toute oreille saine exploite ainsi son pouvoir de discrimination temporelle pour recueillir le maximum d'information vocale lors de « blancs acoustiques »,
- Assimilable au spectre de la parole à long terme (= signal LTASS), car toute personne est le plus souvent confrontée à un bruit formé d'un mélange de paroles,
- Non compréhensible, pour ne pas confondre le signal utile au signal perturbant,
- Ecrêté, pour éviter que tout éclat de voix perturbe le test. Cet écrêtage se fait par compression numérique évitant ainsi toutes distorsions,
- Dissocié du signal, pour qu'interviennent tous les bienfaits de l'écoute binaurale, c'est à dire les différences d'intensité, de temps et de phase ainsi que les indices de localisation spatiale auditive.

Ce signal se compose ainsi de l'enregistrement des voix de deux couples, l'un parlant français et l'autre en anglais puisque le masquage semble maximal lorsque l'on mélange 4 voix.



**Figure 8 : Spectrogramme de l'Onde Vocale Globale de Dodelé**

A noter que le spectre de ce signal est significativement différent suivant le niveau d'intensité émis. C'est pourquoi ce dernier a été enregistré à 3 niveaux d'intensité différents : voix faible, voix moyenne et voix forte.

### 1.3.3.3 Le bruit de « Cocktail Party » [14]

Contrairement aux autres bruits précédemment décrits, le bruit de type « Cocktail Party » ne présente aucune définition précise d'un point de vue scientifique. Ce bruit, spécifique à l'audioprothèse, se compose de l'enregistrement de plusieurs locuteurs de sexes et d'âges différents. Le nombre, ainsi que la répartition en âge et en sexe de locuteurs définissant ce type de bruit ne semble pas être défini malgré le fait que plus le nombre de locuteurs augmente, plus le masquage de la parole sera important.

A noter tout de même qu'il s'agit d'un bruit large bande, très proche du spectre à long terme de la parole. Il détériore l'attention auditive que l'on peut avoir sur son interlocuteur parce qu'il contient lui-même des caractéristiques phonétiques semblables à celles de la parole.

Ce signal sonore, construit pour perturber l'environnement sonore quand on cherche à percevoir et décoder un message vocal, peut être utilisé lors de tests de compréhension dans le bruit.

## 1.4 Compréhension de la parole dans le bruit [6g]

### 1.4.1 L'analyse en flux auditifs

La discrimination des sons de la parole est une faculté propre à l'homme permettant à la fois de reconnaître la parole et de la différencier d'autres sons issus ou non d'une même langue.<sup>[15a]</sup>

#### 1.4.1.1 Description de l'analyse en flux auditifs

Suivant l'environnement sonore rencontré, chaque individu peut être confronté à des situations d'écoute plus ou moins complexes puisqu'un ensemble de sons peuvent parvenir successivement et simultanément à nos oreilles. Face à de telles situations, le système auditif analyse la « scène auditive ».

En effet, si deux éléments acoustiques, A et B, parviennent à notre système auditif, deux traitements différents s'envisagent d'un point de vue perceptif :

- Soit les signaux sont reconnus comme appartenant à une seule et même source et sont alors traités comme un seul et même flux,
- Soit ces deux signaux sont identifiés comme appartenant à deux sources différentes et sont alors séparés en deux flux.

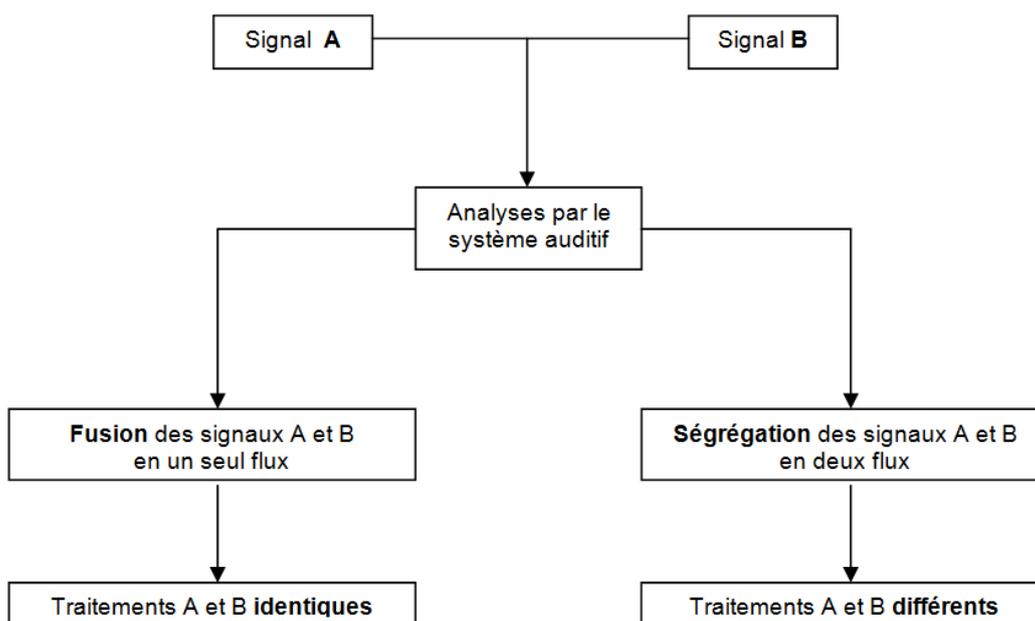


Figure 9 : Principe de traitement en flux par le système auditif [6e]

Cette capacité à réaliser des fusions et des ségrégations de flux s'appuie sur des similitudes ou sur des différences acoustiques pour lesquelles les caractéristiques spectrales et temporelles des signaux de parole constituent des éléments majeurs. C'est par ce phénomène que notre système auditif réussit à isoler et à identifier les différentes sources présentes dans l'environnement sonore. Cette faculté a un intérêt majeur pour la parole puisque cela favorise la compréhension en milieu bruyant, notamment dans le cas où l'auditeur est en situation d'écoute d'une voix parmi d'autres voix distrayantes (situation de Cocktail Party).

#### **1.4.1.2 Rôle des indices spectraux pour l'analyse en flux auditifs**

Les indices spectraux caractérisant chaque signal sonore jouent un rôle important dans la capacité du système auditif à fusionner ou traiter séparément différents signaux acoustiques. Tout dépend des caractéristiques fréquentielles de chacun :

- Si deux signaux A et B présentent des barycentres spectraux significativement différents, la séquence sonore sera séparée en deux flux auditifs,
- A l'inverse, si les caractéristiques fréquentielles de ces deux signaux sont trop proches, une même analyse spectrale est effectuée. On parle alors de signaux non résolus par le système auditif.

#### **1.4.1.3 Rôle des indices temporels pour l'analyse en flux auditifs**

Outre cette capacité d'analyse spectrale, une analyse temporelle des indices acoustiques est effectuée, pouvant ainsi aboutir à un état perceptif de ségrégation et intervenir dans les mécanismes séquentiels de l'analyse en flux auditifs.

Ainsi, deux signaux A et B spectralement identiques mais temporellement différents pourront conduire, dans une séquence « ABA-ABA-ABA... » :

- Soit à la perception d'un seul et même flux auditif lorsque les cadences de modulation de A et B sont proches,
- Soit à la perception de deux flux auditifs lorsque les cadences de modulation de A et B sont espacées.

Il faut toutefois noter que cette analyse en flux auditifs s'appuie davantage sur l'analyse spectrale plutôt que l'analyse temporelle.

## 1.4.2 Facteurs influençant l'intelligibilité dans le bruit

La discrimination de la parole en milieu bruyant n'est pas uniquement déterminée par la réception d'indices acoustiques présents dans le signal de parole. D'autres paramètres sont à prendre en compte, pouvant ainsi expliquer la présence ou non de difficultés de compréhension.

### 1.4.2.1 L'auditeur

#### 1.4.2.1.1 *L'aspect visuel : le positionnement et la lecture labiale* [16],[17a]

Tout d'abord, il ne faut pas négliger le positionnement vis-à-vis de son interlocuteur. Afin d'optimiser sa compréhension, l'auditeur doit se rapprocher du signal utile tout en s'éloignant d'une ou plusieurs sources de bruits parasites. Théoriquement, on conseille à la personne de se positionner face à son interlocuteur, à moins de trois mètres de celui-ci.

Au delà d'un positionnement correct, un autre facteur est à prendre en compte : la lecture labiale. Le fait d'être positionné en face de son interlocuteur permet à la fois de capter directement l'information utile mais également de bénéficier de la lecture labiale. Pour rappel, la lecture labiale encore appelée lecture maxillo-faciale, consiste à identifier visuellement des sons prononcés par l'individu, il s'agit d'entendre par la vue, par le mouvement des lèvres. Il est connu que lorsque les conditions du message acoustique sont troublées par la présence de bruit, on utilise de façon inconsciente la lecture labiale favorisant ainsi l'intelligibilité. A noter que la lecture labiale isolée ne permet pas de tout comprendre puisque seul 30% du message oral émis est perçu. C'est pourquoi elle doit venir en complément d'une audition déjà présente. Concrètement, il s'agit de retenir les éléments visuels informatifs de façon séquentielle en mémoire à court terme avant la combinaison intégrative avec les éléments issus du canal auditif.

Enfin, la lecture labiale présente quelques limites puisque certains traits acoustiques ne sont pas visibles sur les lèvres tels que le voisement, la nasalité ou encore la position de la langue, d'où la présence de sosies labiaux ou bien encore de phonèmes invisibles. De plus la coarticulation est un paramètre non négligeable durant l'élocution d'une phrase. Ces facteurs précédemment cités démontrent que le labiolecteur doit disposer d'une bonne acuité auditive sous peine de voir sa compréhension dégradée dans le bruit. Cependant, il n'existe à l'heure actuelle aucune quantification de l'amélioration de l'intelligibilité dans le bruit lorsque l'aspect visuel est pris en considération.

### 1.4.2.1.2 La suppléance mentale

Autre aspect non négligeable, la suppléance mentale, qui peut se définir comme étant un phénomène où les capacités résiduelles viennent compenser les déficiences ou les incapacités auditives.<sup>[18]</sup>

Aussi bien présent chez le normo-entendant que le malentendant, ce rapide travail de l'esprit a pour objectif de compenser la précarité des images faciales ou l'incomplétude des images auditives. Il s'agit de reconstituer le sens d'une phrase en retrouvant les syllabes ou mots non lus sur les lèvres et non entendus : on parle de restauration phonémique.<sup>[15b]</sup>

Il est à noter que plus le nombre de syllabes composant le mot est conséquent, plus l'identification de ce mot sera facile. En effet, la suppléance mentale sera d'autant plus aisée que le nombre de combinaisons possibles diminue avec le nombre de syllabes.

Prenons comme exemple le mot monosyllabique à deux phonèmes « son » pour lequel le sujet ne perçoit qu'un seul phonème : la voyelle nasalisée « on ». Il a alors le choix entre douze mots monosyllabiques français de la forme consonne-voyelle : « bon, con, don, font, gond, long, non, mont, pont, rond, thon et son ». S'il a perçu, non la consonne elle-même, mais un son de consonne fricative, son choix se réduira à « font, front et son ». Pour faire un choix final, il devra tenir compte du contexte s'il existe, sinon ce sera impossible.

Autre exemple, le mot dissyllabique « poisson » composé de quatre phonèmes. Supposons que notre sujet, préalablement averti d'un mot à deux syllabes, ait perçu trois phonèmes sur quatre. La suppléance mentale sera alors plus aisée car le nombre de combinaisons est assez réduit :

- « ...oison » : poisson, moisson, boisson, Soissons, croissons, froissons,
- « p...sson » : poisson, passons, pinçon, poinçon, poussons,
- « poi...on » : poisson, poison,
- « poiss... » : poisson, poissant, poisser, poisseux, Poissy.

Pour la compréhension d'une phrase, le mécanisme reste similaire. Le mot joue, dans la phrase, le même rôle que la syllabe dans le mot. Comprendre une phrase, notamment en milieu bruyant, sera d'autant plus facile que l'on aura saisi le maximum de mots qui la composent.

Enfin, cette faculté reste dépendante du vocabulaire acquis par l'individu. Si le mot perçu est peu usité ou méconnu par le sujet, l'interprétation sera laborieuse voire impossible. A l'inverse, un mot solidement acquis sera facilement décrypté.<sup>[19]</sup>

### **1.4.2.1.3 L'attention**

Toutes les informations provenant de notre environnement peuvent faire l'objet de différents types d'attention, que ce soit de manière consciente ou non. Selon les circonstances, un type d'attention différent sera mobilisé afin d'opérer des choix, qu'il s'agisse de filtrer les informations, d'orienter son attention vers un stimulus cible, d'effectuer une recherche ou d'attendre qu'un événement survienne. Dans toutes ces situations, les différentes formes d'attention jouent un rôle prépondérant dans le traitement des informations sensorielles de l'environnement qui seront détectées ou négligées.

En psychologie, l'effet Cocktail Party désigne de façon imagée la capacité à focaliser son attention auditive sur une conversation lorsqu'il y a du bruit environnant, par exemple lors d'une réception ou d'un cocktail. Bien que l'attention soit focalisée sur la conversation en cours, elle reste disponible pour tout autre stimulus auditif pertinent du fait que les stimuli sonores continuent à être traités par le système auditif. En effet, si notre nom est prononcé par une tierce personne dans la salle, notre attention sera désengagée de la conversation que nous étions en train de suivre. L'attention est donc une fonction cognitive importante dans la perception de la parole puisque l'effet Cocktail Party reflète la capacité du système auditif à sélectionner une source sonore dans un environnement bruyant. Malgré tout, les autres signaux sonores sont également traités par le système auditif permettant ainsi de réagir, si besoin, à un signal important.<sup>[20],[21]</sup>

Enfin, les mécanismes attentionnels influent sur les analyses en flux auditifs : l'attention que porte l'auditeur sur un indice est un élément important pour ses performances, particulièrement en ce qui concerne les processus de ségrégation. Les processus de fusion semblent, quant à eux, résulter de mécanismes plus automatiques.<sup>[6e]</sup>

### **1.4.2.1.4 La mémoire <sup>[15b]</sup>**

La mémoire impliquée dans les mécanismes de compréhension de la parole est la mémoire de travail. Cette capacité cognitive utilise un raisonnement complexe afin de situer, traiter et comprendre l'information. Il s'agit d'une capacité cognitive très sensible au stress, à la capacité d'attention ainsi qu'à la fatigue. Chaque personne étant différente, on peut supposer que suivre une conversation en environnement bruyant peut engendrer chez certains stress ou fatigue et ipso facto perturber notre capacité de mémorisation.

### 1.4.2.2 Le locuteur [19b]

Autre paramètre essentiel à une bonne compréhension en environnement bruyant : le locuteur. En effet, tout individu souhaitant suivre une conversation reste dépendant de la personne qui communique avec elle. Bon nombre de paramètres sont à prendre en compte tels que :

- Le sexe, puisqu'une voix féminine présente moins d'énergie qu'une voix masculine,
- La qualité de la voix, étant donné que les voix timbrées sont plus intelligibles que les voix dites sourdes,
- L'articulation et la prononciation : il faut que le sujet soit parfaitement familiarisé avec la prononciation du locuteur qui doit avoir une diction claire, c'est-à-dire articuler lentement et sans excès,
- Le débit vocal.

Enfin, si ce dernier masque sa bouche ou la déforme (barbe ou chewing-gum par exemple), la lecture labiale et par conséquent la compréhension du message vocal sera perturbée.

### 1.4.2.3 La nature du bruit [21]

Il importe également de prendre en considération la nature ainsi que les caractéristiques du bruit environnant.

La capacité d'un normo-entendant à identifier la parole, phénomène appelé « démasquage de la parole », dépend des caractéristiques spectrales et temporelles du signal perturbant.

En effet, un auditeur normo-entendant semble pouvoir tirer profit des fluctuations temporelles et spectrales d'un signal masquant non stationnaire. Par bande de fréquence, des fragments d'information phonétique sont ainsi récupérés au niveau des minima d'énergie, ce qui améliore l'intelligibilité de la parole. Ce phénomène n'est pas réalisable pour tout masque stationnaire (le bruit d'un ventilateur par exemple) et de même énergie à long terme. Plusieurs études mettent en avant ces remarques :

- Effet de la fréquence de modulation : le démasquage de la parole semble optimal pour des fréquences de modulation comprises entre 5 et 32Hz,
- Effet de la profondeur de modulation : plus le niveau de bruit dans les minima est faible, meilleure est l'intelligibilité de la parole,

- Effet de la forme de modulation : l'intelligibilité est augmentée lorsque les vallées de bruit sont mieux définies. Par exemple, l'effet de démasquage sera meilleur pour une modulation carrée que pour une modulation sinusoïdale.

Dans le cas d'un masquage naturel de type « Cocktail Party », des études issues de Miller (1947) relatent que plus le nombre de signaux de paroles concurrents est grand, plus le masquage de la parole est important tout en sachant que l'intelligibilité se dégrade de façon significative à partir de 8 locuteurs.

Enfin, nombreux sont les auteurs à suggérer que les sujets normo-entendants présentent une capacité à extraire des portions d'information phonétique dans les vallées du bruit limitées temporellement et spectralement et ne présentant pas de synchronie ni d'organisation spectrale ou temporelle particulière, et à combiner ces segments de parole pour améliorer l'intelligibilité.

Ces études mettent en avant cette très grande capacité de résistance de notre système de traitement de l'information face à la corruption de la parole produite par des signaux concurrents généralement non stationnaires de notre environnement (brouhaha produit par un ou plusieurs convives pendant un repas, cocktail party).

## 2. L'audiométrie vocale dans le silence et dans le bruit

### 2.1 Préambule

Il existe différentes manières de tester l'audition d'un patient. Cependant, le procédé le plus couramment utilisé par l'audioprothésiste est de pratiquer une audiométrie tonale suivie d'une audiométrie vocale.

Pour rappel, l'audiométrie tonale consiste à explorer l'audition du sujet à partir de sons purs continus, pulsés ou wobulés. L'objectif est de déterminer pour chaque oreille, aussi bien en conduction aérienne qu'en conduction osseuse, les seuils auditifs du sujet c'est-à-dire le plus faible niveau de stimulation perceptible.<sup>[22]</sup>

Mais évaluer l'intelligibilité résiduelle de la parole d'un patient souffrant d'un déficit auditif à partir de sons purs ne permet pas d'évaluer correctement les capacités acoustico-phonétiques. En effet, bon nombre de cliniciens ne pouvaient se satisfaire des seules données de l'audiométrie tonale. L'audiométrie vocale est ainsi née de cette nécessité d'évaluer l'intelligibilité de la parole de patients souffrant de déficits auditifs. Les premiers essais de mesure de l'intelligibilité des sons du langage se font au 19<sup>ème</sup> siècle, avec François de l'ABBE ROUSSELOT qui fut l'un des pionniers de cette pratique. Depuis, elle n'a cessé d'évoluer et d'affiner ses critères de sélection.<sup>[23][24]</sup>

### 2.2 L'audiométrie vocale

#### 2.2.1 Définition <sup>[25a],[17b]</sup>

L'audiométrie vocale se définit comme un examen permettant d'effectuer une mesure globale de la fonction auditive du sujet. Concrètement, il s'agit d'évaluer les capacités de communication d'un individu, c'est à dire d'apprécier l'aptitude du sujet à comprendre la parole.

Cette épreuve consiste en une étude métrologique de l'audition, utilisant un matériel phonétique pour réaliser des tests. Cet examen dépasse le cadre de l'oreille en elle-même puisque de nombreux facteurs interviennent tels que :

- L'audition,
- La lecture labiale,
- La connaissance de la langue,
- La suppléance mentale,
- L'attention.

Enfin, les tests d'audiométrie vocale peuvent se répartir en deux groupes :

1. Les tests d'audiométrie vocale courants,
2. Les tests d'audiométrie vocale à application spécifique.

## **2.2.2 Matériel phonétique**

### **2.2.2.1 Présentation** [26],[19c]

Cet examen auditif s'effectue non plus avec des sons purs, comme en audiométrie tonale, mais avec diverses sortes de listes telles que :

- des logatomes (éléments sans signification),
- des mots monosyllabiques,
- des mots dissyllabiques,
- des phrases courtes.

Outre cette variété phonétique, l'audiométrie vocale présente de nombreux aspects puisque l'épreuve peut également varier selon le mode de passation ou par des mécanismes centraux de décodage mis en jeu.

### **2.2.2.2 Règles à respecter** [19d]

Néanmoins, pour obtenir des résultats fiables et représentatifs, J.E. Fournier recommande de respecter certaines conditions lors de l'élaboration d'un test vocal, tant au niveau des éléments composant une liste (logatomes, mots ou phrases) que de la liste en elle-même.

#### **2.2.2.2.1 Conditions à remplir par les éléments**

- Les logatomes ne doivent être composés que par des phonèmes empruntés à la langue parlée,
- Les éléments avec ou sans signification doivent être d'égale composition phonétique (c'est-à-dire disposer du même nombre de syllabes ou de phonèmes) et ne doivent prêter à aucune ambiguïté fâcheuse pouvant nuire à l'attention du sujet (pas de mots à double sens),
- Les éléments avec signification doivent être de prononciation fixe (on exclut ainsi tout élément à prononciation facultative ou variable) et être intellectuellement accessible, c'est-à-dire faire partie du vocabulaire de n'importe quel sujet,

- Enfin, les éléments composant une phrase doivent respecter les mêmes conditions que celles citées ci-dessus, mais l'égalité de composition phonétique doit être remplacée par l'égalité de structure grammaticale.

#### **2.2.2.2 Conditions à remplir par les listes**

- Chacun des 36 phonèmes représentatifs de la langue française doivent être présents dans chaque liste,
- Chaque liste doit être phonétiquement équilibrée, c'est-à-dire que les phonèmes doivent se trouver dans la même proportion que la langue parlée,
- La difficulté moyenne entre chaque liste doit rester constante.

#### **2.2.2.3 Remarques**

Toujours selon J.E. Fournier, l'ensemble des conditions que doivent remplir les éléments sont impératives et ne présentent aucune difficulté de réalisation. En revanche, remplir les conditions relatives aux listes comportant des éléments avec signification s'avère difficile voire impossible à respecter. Ceci s'explique par un nombre limité de mots disponibles, ce qui conduirait à des listes trop longues ou trop peu nombreuses. Il s'agit donc d'une remarque importante qui doit être prise en compte lors de la réalisation de l'étude pratique développée au chapitre suivant.

Enfin, la suppléance mentale varie selon le matériel phonétique utilisé ; elle est moindre avec les logatomes et elle est maximale avec les phrases.

#### **2.2.2.3 Support, mode d'enregistrement du message vocal** [25b],[27a]

Conformément à la norme ISO 8253-3, le matériel vocal doit être enregistré ce qui a pour avantage :

- De garantir un niveau de pression acoustique constant ainsi qu'une bonne qualité sonore,
- De ne pas prendre en compte certains facteurs propres à l'opérateur pouvant influencer sur le taux d'intelligibilité tels que le sexe, la qualité de la voix (son timbre) ou bien l'articulation,
- De permettre l'examen dans une seule cabine.

L'enregistrement doit obéir à des règles précises et notamment comporter un signal d'étalonnage et des signaux permettant de contrôler la distorsion harmonique de l'audiomètre vocal. Les enregistrements peuvent être issus de voix de femme ou de voix d'homme, ce qui peut aboutir à des résultats différents. En remarque, il est préférable de réaliser l'ensemble de ces tests vocaux à partir du même type de voix, la voix d'homme, disposant d'un spectre de parole plus riche. Mais cette méthode reste rigide car elle impose un débit qui n'est pas toujours bien adapté au patient.

C'est pourquoi la voix de l'opérateur à l'aide d'un microphone reste préférable dans certains cas en raison de sa souplesse (personnes âgées ou ayant des difficultés de communication ou bien de comportement) et de sa possibilité de lecture labiale. Toutefois, selon la norme ISO 8253-3, son utilisation nécessite plusieurs conditions :

- ✓ une double cabine,
- ✓ parler de façon claire et habituelle avec un débit vocal régulier, accompagné d'une accentuation et d'une intonation naturelle,
- ✓ contrôler son niveau vocal avec l'aide d'un vumètre,
- ✓ la distance entre le locuteur et le microphone doit être maintenue constante.

#### **2.2.2.4 Présentation du matériel vocal utilisé dans le cadre de l'étude pratique**

Voici présenté ci-dessous le matériel vocal utilisé dans le cadre de l'étude pratique qui va suivre.

##### **2.2.2.4.1 Les logatomes de Dodelé [13b]**

C'est en 1992 que fut élaboré par L. Dodelé des listes de logatomes constituées chacune, selon le modèle des listes cochléaires de Lafon, de 17 mots à 3 phonèmes chacun de type voyelle-consonne-voyelle.

Dans chaque liste, les 17 consonnes centrales utilisées sont les plus représentatives de la langue française (f ; s ; ch ; v ; z ; j ; t ; p ; k ; b ; d ; g ; m ; n ; gn ; r ; l). Les 34 voyelles utilisées respectent quant à elles, l'occurrence de la voyelle dans la langue française parlée (6 a ; 5 eu ; 4 è ; 4 é ; 4 i ; 3 an ; 2 ou ; 2 ain ; 1 au ; 1 on ; 1 u et 1 o). Ce respect de l'occurrence fait suite à des travaux établis par différents auteurs dont le Professeur Lafon, ayant contribué personnellement à la création des listes.

Lors de l'élaboration de ces listes, ce qui importa à L. Dodelé fut, non pas de les équilibrer phonétiquement, mais de s'assurer qu'elles soient bien équilibrées entre elles en terme de difficulté de compréhension.

Etant donné que la mémorisation de mots sans signification est peu probable, seulement 5 listes furent créées offrant ainsi la possibilité à l'audioprothésiste d'effectuer des comparaisons entre les deux oreilles avec l'aide d'un matériel phonétique rigoureusement identique.

L'avantage des logatomes est de ne pas mettre en action la suppléance mentale, l'inconvénient étant la difficulté pour certains patients habitués à compenser leur déficit auditif, de pouvoir répéter des mots sans signification.<sup>[13c]</sup>

- L'ensemble des listes est consultable annexe 1 page 101.

#### **2.2.2.4.2 Les mots monosyllabiques de Fournier** [17c],[19e]

Ce sont des listes phonétiquement équilibrées, difficiles et par conséquent, très sensibles. Elles permettent de préciser le degré de discrimination. Elles comprennent 200 mots monosyllabiques de type consonne-voyelle-consonne réparties en 20 listes de 10 mots.

Ces éléments de composition phonétique équivalents à celle des logatomes ne pose aucun problème de prononciation de la part du patient mais fait, cette fois-ci, intervenir la suppléance mentale.

- L'ensemble des listes est consultable annexe 2 page 102.

#### **2.2.2.4.3 Les mots dissyllabiques de Fournier** [13c],[17d],[19f]

Cet ensemble de 400 mots dissyllabiques se répartit en 40 groupes de 10 mots. Ces listes représentent une difficulté moyenne et leur sensibilité est suffisante pour être utilisée comme matériel d'examen standard.

J.E. Fournier précise que pour de telles listes destinées à mesurer des seuils et des degrés d'intelligibilité, il n'y a pas à se préoccuper de la composition phonétique des mots. En revanche, pour assurer la plus parfaite égalité de « difficulté » possible, ces listes ne se composent que de substantifs masculins terminés par un son de voyelle (autre que le « e » muet).

Les épreuves utilisant les listes de mots dissyllabiques à différentes intensités d'émission permettent d'apprécier les capacités de compréhension du patient.

- L'ensemble des listes est consultable annexe 3 page 103.

#### 2.2.2.4.4 Les phrases de Combescure

Dès lors que l'opérateur souhaite utiliser des listes plus faciles que les dissyllabiques, et vu la rareté dans le vocabulaire français de mots tri- voire quadrisyllabiques, il peut être utile de disposer de listes de phrases. Leur emploi est rare mais peut être tout de même utilisé chez les personnes pour lesquelles la passation de tests plus difficiles (test de mots, test phonétique) est rendue impossible du fait de leur fatigabilité ou d'une déficience intellectuelle.<sup>[28]</sup>

C'est en 1981 que P. COMBESCURE propose 20 listes composées de 10 phrases chacune dont les fréquences relatives pour chaque phonème reflètent celles qui existent dans la langue française.

Le problème des tests de phrases est la mise en jeu des fonctions éloignées du décodage acoustico-phonétique. Toutefois, nous restons assez proche d'une évaluation des capacités de compréhension sociale de la parole.<sup>[17e]</sup>

- L'ensemble des listes est consultable annexe 4 page 105.

#### 2.2.2.5 Synthèse

Sans entrer dans le détail du mode de passation puisque ce n'est pas l'objectif du mémoire, voici présenté ci-dessous une synthèse sur l'intérêt du matériel vocal précédemment cité.

Auteur	Fonction	Unité d'erreur	Influence sémantique	Analyse distorsion
Dodelé	discrimination intelligibilité	phonème	non	oui
Fournier	intelligibilité	mot	oui	non
Combescure	intelligibilité	phrase	oui	non

**Tableau 1 : Synthèse du matériel phonétique employé dans le cadre de l'étude pratique** <sup>[17f]</sup>

Enfin, notons que, plus l'unité de test est grande, plus la suppléance mentale est influente et donc moins est réellement évaluée la perception cochléaire du signal de parole.<sup>[17e]</sup>

## 2.3 L'audiométrie vocale classique dans le silence (AVS)

A l'heure actuelle, plusieurs types d'examens vocaux en milieu calme sont à disposition de l'audioprothésiste. Ces derniers se distinguent selon leur composition, leur objectif ou bien leur difficulté de passation pour le sujet. Ils se caractérisent par leur sensibilité pour une pathologie donnée, par la reproductibilité des résultats entre plusieurs mesures identiques et par le degré d'analyse autorisé.<sup>[17b]</sup>

En France, le test d'intelligibilité de J.E. FOURNIER reste le test d'audiométrie vocale dans le silence le plus couramment pratiqué.

### 2.3.1 Mode d'audition <sup>[25b]</sup>

Le message vocal présenté au patient peut être délivré de différentes manières :

- Au casque, cet examen de base permet d'étudier séparément chaque oreille,
- En champ diffus via des haut-parleurs, cette pratique permet ainsi d'évaluer le gain prothétique vocal. Pour ce faire, il convient de réaliser un premier examen vocal oreilles nues (c'est-à-dire sans prothèse) puis, exactement dans les mêmes conditions, un nouvel examen est effectué avec les aides auditives. A noter que la norme concernant l'audiométrie vocale en champ diffus recommande d'installer un haut-parleur en position frontale par rapport à l'auditeur, avec un angle d'incidence de 0°,
- Avec un ossivibrateur, cette méthode semble intéressante à pratiquer aussi bien chez l'enfant que chez l'adulte lorsque la personne accepte difficilement le port d'un casque ou lorsque le seuil osseux est laborieux à établir.

### 2.3.2 Mode de passation <sup>[25b]</sup>

Excepté chez l'enfant ou chez les sujets qui présentent des troubles intellectuels ou comportementaux, l'examen audiométrique vocal se réalise après l'examen tonal dont le résultat aide au choix du premier côté à explorer et des intensités de départ. En commençant par l'oreille qui a la meilleure audition, il importe de bien décrire le déroulement de l'épreuve

au patient en précisant le type de matériel vocal utilisé et en expliquant la variation d'intensité pratiquée. En effet et contrairement à l'audiométrie tonale, il est préférable d'utiliser la méthode dite descendante. C'est pourquoi il faut expliquer au patient que l'intensité ira en diminuant de telle sorte que le sujet comprendra de moins en moins.

Idéalement, il faut débiter par une intensité suffisamment élevée pour obtenir le maximum d'intelligibilité assimilable au S.S.C.V (Seuil Subjectif de Confort Vocal). En théorie, cette intensité de départ se détermine par le calcul suivant :

$$\frac{\text{seuil tonal 500Hz} + \text{seuil tonal 1000Hz} + \text{seuil tonal 2000Hz}}{3} + 20\text{dB}$$

Ensuite, pour chaque niveau d'intensité variant de façon décroissante, de 10 en 10 décibels puis de 5 en 5 décibels lorsque l'on se rapproche du seuil d'intelligibilité, on relèvera le taux d'intelligibilité pour une liste élémentaire de 10 mots dissyllabiques jusqu'à obtenir une courbe ayant une allure interprétable.

### 2.3.3 Représentation graphique

Pour chaque intensité d'émission, le pourcentage de mots correctement répétés est reporté sur un graphique appelé audiogramme vocal présenté ci-dessous.

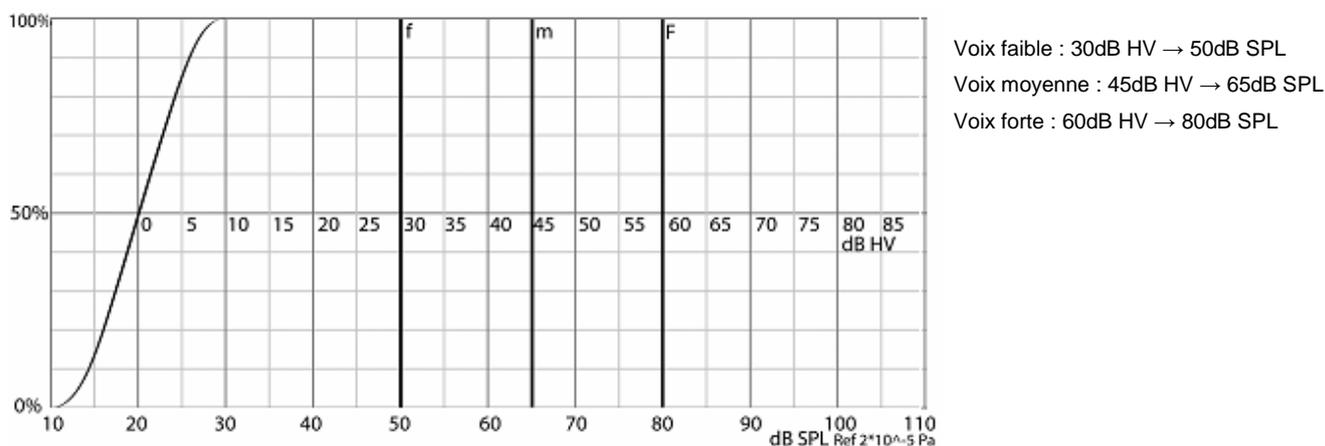


Figure 10 : Audiogramme vocal dans le silence <sup>[1]</sup>

Ce graphique rectangulaire comporte, en abscisse, les intensités d'émission exprimées soit en dB HV (Hearing Vocal) soit en dB SPL (Sound Pressure Level) suivant que celle-ci soit émise au casque ou en champ libre et, en ordonnée, les pourcentages de mots correctement répétés pour une intensité donnée. Ainsi sont reportés les différents scores de reconnaissance vocale. Il est à noter que les normes ISO précisent que le rapport d'échelle de l'audiogramme vocal doit être de 20% pour 10dB.<sup>[25b]</sup>

## 2.3.4 Valeurs recherchées dans le cadre d'une interprétation vocale [19g] [22] [25c]

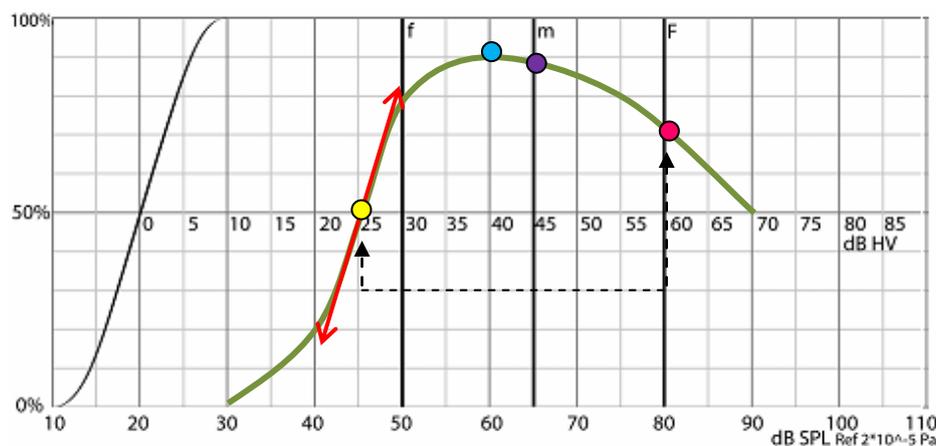


Figure 11 : Caractéristiques d'une courbe d'intelligibilité vocale au calme

La courbe d'intelligibilité d'un sujet quelconque, présentée sur la figure 11, à partir de logatomes, de mots ou de phrases, est définie par cinq éléments essentiels :

1. Le seuil d'intelligibilité (point jaune), qui correspond à l'intensité minimale à laquelle le sujet répète correctement 50% des mots entendus. Il s'agit du point de croisement de la courbe avec l'ordonnée d'intelligibilité à 50%. Ce seuil, qui objective la sensibilité de l'oreille, permet de confirmer la courbe tonale, d'alerter sur la présence ou non d'une pathologie rétrolabyrinthique et de remettre en cause la fiabilité de l'examen,
2. La pente de la courbe (double flèche rouge), est l'angle que forme la courbe avec l'axe des 50% d'intelligibilité. Cette pente renseigne sur le pouvoir de discrimination puisque ce paramètre est en rapport direct avec l'importance de la participation labyrinthique dans la surdité considérée,
3. Le maximum d'intelligibilité (point bleu), est le pourcentage de mots correctement compris au sommet de la courbe,
4. Le pourcentage de discrimination (point rose), se définit comme étant le pourcentage de mots correctement répétés à une intensité de 35dB au dessus du seuil d'intelligibilité,
5. Le seuil de distorsion (point violet), est le pourcentage d'intelligibilité correspondant au début de la décroissance de la courbe vocale.

La courbe d'intelligibilité du patient caractérisée par ces cinq éléments, est ensuite comparée à l'audiométrie tonale liminaire préalablement effectuée et à la courbe vocale de référence d'un sujet normal :

- Une courbe vocale plus redressée que la normale résulte souvent d'une baisse auditive dans les fréquences graves,
- Une courbe vocale plus inclinée que la normale provient en général d'une déficience auditive prédominante sur les fréquences aiguës,
- Une courbe parallèle à la normale mais décalée émane d'une perte tonale plate (c'est-à-dire autant de perte sur les fréquences graves et aiguës) comme par exemple une surdité de transmission,
- Enfin, une courbe dite « en plateau » ou « en cloche », c'est-à-dire n'atteignant pas 100% d'intelligibilité fait suspecter un déséquilibre fréquentiel ou d'importantes distorsions supraliminaires.

### **2.3.5 Intérêts de l'audiométrie vocale dans le silence** [13d],[25b]

L'audiométrie vocale réalisée en milieu calme présente de nombreux avantages qui sont les suivants :

- Sa corrélation avec l'audiométrie tonale liminaire permet de valider la fiabilité du test ou de s'interroger en cas de non corrélation (troubles rétro-cochléaires, simulateur, mauvais déroulement du test, problème de matériel). En effet, l'intensité à laquelle sont compris 50% des mots doit être sensiblement équivalente à la moyenne de l'intensité des trois fréquences conversationnelles (500, 1000 et 2000Hz) perçues en audiométrie tonale liminaire,
- Donner des informations sur la compréhension de la parole dans la vie courante par le taux de discrimination,
- Apporter des éléments d'orientation diagnostic par l'allure de la courbe d'intelligibilité et sa comparaison avec la tonale,
- Quantifier l'impact de la perte résiduelle sur la vie sociale,
- Evaluer si besoin l'apport de la lecture labiale.

Concernant le bilan vocal d'efficacité prothétique, on peut :

- Evaluer le gain prothétique vocal,

- Analyser les distorsions périphériques résiduelles dans le but de modifier le gain efficace des aides auditives,
- Confirmer l'efficacité du gain prothétique tonal.

### 2.3.6 Limites de l'audiométrie vocale dans le silence [13e]

Voici présenté ci-dessous différentes situations où l'audiométrie vocale dans le silence demeure insuffisante :

- Cet examen ne permet pas de déduire les capacités de compréhension du patient en présence de bruit. En effet, nombreux sont les auteurs à mettre en doute la pratique seule de l'audiométrie vocale dans le silence tel que SMOOREMBURG en 1992 qui cite : « la capacité à comprendre la parole dans le bruit ne peut pas se déduire de l'audiométrie tonale ou de l'audiométrie vocale dans le silence » et « il est nécessaire et utile d'évaluer l'intelligibilité vocale en présence de bruit, avant et après appareillage ». Ce qui n'est pas le cas entre l'audiométrie tonale liminaire et l'audiométrie vocale dans le silence puisque selon une étude réalisée par CALCUS sur les surdités professionnelles (1980), « il existe théoriquement une bonne corrélation entre l'audiométrie tonale et l'audiométrie vocale dans le silence »,
- Ce test n'est pas représentatif du souci majeur rencontré par le malentendant au quotidien qui est de comprendre la parole, non pas dans le silence, mais bien en présence de bruit,
- On ne met pas en évidence les performances apportées par les aides auditives (via les microphones directionnels, les débruiteurs, le traitement binaural) lors du contrôle d'efficacité prothétique,
- On ne démontre pas les faiblesses de l'audition monaurale vis-à-vis d'un appareillage stéréophonique,
- En cas d'appareillage de pertes légères ou pour un système CROS, l'audiométrie vocale dans le silence post-appareillage n'apporte aucune amélioration par rapport à celle effectuée oreille nue : le gain prothétique est négligeable, voire nul,
- L'audioprothésiste ne peut dépister les « Pertes Obscures » appelées Syndrome de KING KOPETSKI. Ce sont des personnes présentant une audiométrie tonale liminaire ainsi qu'une audiométrie vocale dans le silence, normales. Ce n'est qu'en présence de bruit que le sujet éprouve des difficultés de compréhension.

## **2.4 L'audiométrie vocale dans le bruit (AVB)**

### **2.4.1 Préambule** <sup>[13e]</sup>

L'audiométrie vocale dans le silence présente de nombreux intérêts mais aussi des limites. En effet, nombreuses sont les conditions pour lesquelles la pratique de l'audiométrie vocale en présence de bruit demeure indispensable.

Dans certains pays, l'audiométrie vocale dans le bruit semble couramment utilisée depuis de nombreuses années puisque différents travaux aux Etats-Unis concernant cette pratique remontent aux années 70. En revanche, ce n'est pas le cas en France car seuls quelques tests relatifs à cette pratique ont été publiés :

- « Test de résistance de l'intelligibilité dans le bruit » de LECA, ELBAZ et MILLER (1992),
- « Test d'Audiométrie Verbo-fréquentielle en présence de Bruit calibré » noté "AV<sub>r</sub>B" et du « Test RéVerbal » de Dodelé (1992 et 1999).

### **2.4.2 Mode d'audition** <sup>[29]</sup>

Afin d'être accessible à bon nombre d'audioprothésistes, l'audiométrie vocale en présence de bruit peut s'envisager de différentes manières :

- Soit au casque,
- Soit en champ libre.

### **2.4.3 Equipement** <sup>[29],[13e]</sup>

#### **2.4.3.1 Au casque**

Pour des raisons matérielles, l'audiométrie vocale en présence de bruit peut se réaliser au casque. Signal utile et bruit perturbant étant alors délivrés simultanément sur les mêmes écouteurs, un audiomètre bi-canal est indispensable.

Il est à noter que cette pratique n'est pas à privilégier puisque, idéalement, signal et bruit doivent être séparés afin de pratiquer un test plus représentatif de la réalité.

### 2.4.3.2 En champ libre

Pour se rapprocher au mieux des conditions réelles d'écoute de la vie courante, l'audiométrie vocale dans le bruit doit se réaliser en champ libre.

Cette pratique requiert la participation d'un matériel plus conséquent comme la présence de haut-parleurs amplifiés. Idéalement, il est recommandé de posséder au minimum trois haut-parleurs mais, afin de se rapprocher au mieux des conditions d'écoute de la vie réelle, cinq voire sept sont nécessaires.

Voici présenté ci-dessous les configurations possibles :

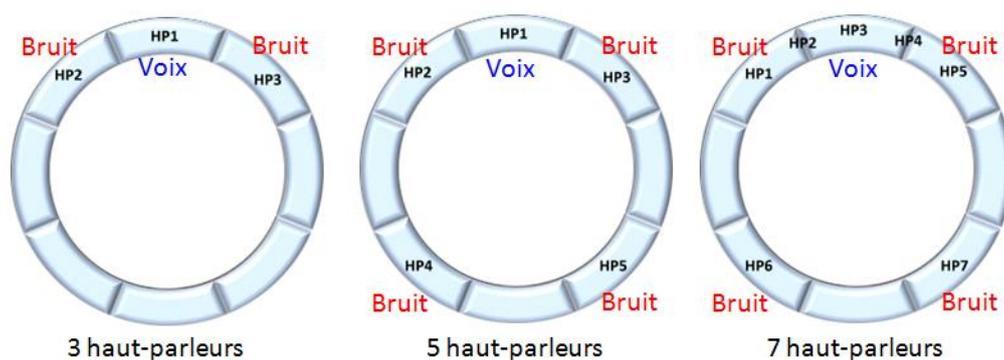


Figure 12 : Positionnement de la voix et du bruit suivant le nombre de haut-parleurs <sup>[9b]</sup>

Quelque soit la configuration dont dispose le sujet, le mode d'émission reste le même à savoir :

- la voix (appelé signal utile) diffusée sur le haut-parleur central, c'est-à-dire à azimut 0°,
- le bruit (appelé signal perturbant) tel que l'OVG de Dodelé ou le bruit de type « Cocktail Party ». Celui-ci sera diffusé simultanément par les autres haut-parleurs.

Ce procédé nécessite l'utilisation d'un logiciel tel que BioSoundSystem ou Digivox par exemple. Ces programmations permettent de limiter les manipulations et de reproduire facilement les conditions du test pour une utilisation de routine.

Pour remarque, le test « d'Audiométrie Verbo-fréquentielle en présence de Bruit calibré » n'utilise que deux haut-parleurs. Celui qui diffuse le signal est placé face au sujet tandis que le second, dos au sujet, diffuse le bruit.

Enfin, cette réalisation en champ libre peut aussi s'effectuer avec un audiomètre connecté à plusieurs haut-parleurs via un commutateur, mais ce n'est pas la méthode la plus aisée.

#### 2.4.4 Matériel phonétique [29]

L'ensemble du matériel phonétique utilisé par l'audiométrie vocale dans le silence peut être testé pour l'audiométrie vocale dans le bruit. Il est donc possible d'évaluer l'intelligibilité de la personne en présence de bruit par l'intermédiaire de logatomes, de mots monosyllabiques ou dissyllabiques ou bien de phrases.

#### 2.4.5 Mode de passation [13e],[29]

Lors de la réalisation d'une épreuve d'audiométrie vocale en présence de bruit, deux options peuvent s'envisager pour modifier le rapport signal/bruit :

- Soit faire varier progressivement le niveau de parole tout en gardant un niveau de bruit constant à 60dB SPL. Cette méthode présente l'avantage de ne pas engendrer de variation du traitement du signal de l'aide auditive lors du contrôle d'efficacité prothétique en présence de bruit,
- Soit faire varier progressivement le niveau de bruit tout en gardant un niveau de parole constant à 65dB SPL.

Cette deuxième méthode, davantage représentative de la réalité, permet d'estimer le niveau de compréhension de nos patients (avec ou sans aide auditive) selon le niveau de bruit qui les entoure. Elle permet ainsi d'objectiver plus facilement la gêne sociale puisque la variable présente dans des circonstances de vie réelle est le bruit.

A noter que ces deux méthodologies sont relatées dans le projet de norme ISO8253-3 concernant l'audiométrie vocale.

En se basant sur la méthodologie de l'Audiométrie Verbo-fréquentielle en présence de Bruit calibré relatée par L. Dodelé et, partant du principe qu'une variation du bruit reste plus représentative de la réalité, le déroulement du test est le suivant :

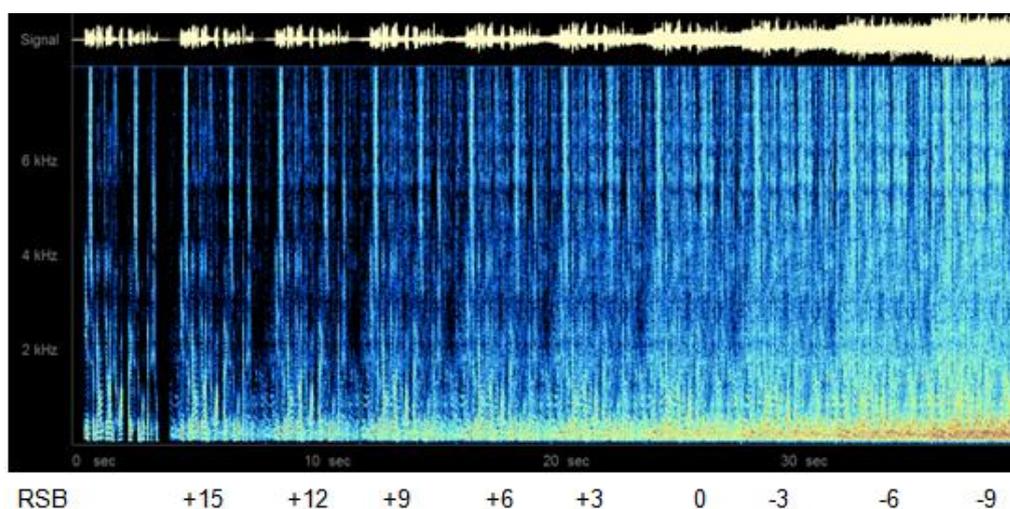
- Au casque :

L'intensité du signal restera fixe et correspondra au Seuil Subjectif de Confort Vocal (SSCV), c'est-à-dire à l'intensité minimale permettant d'atteindre le pourcentage maximum d'intelligibilité vocale dans le calme. L'intensité du bruit variera, par pas de 3dB, afin de passer d'un rapport signal sur bruit de +9 à -9dB

- En champ libre
  - Oreilles nues : l'intensité du signal sera fixe et correspondra au SSCV avec une variation du bruit par pas de 3dB pour passer d'un RSB de +9 à -9dB,
  - Oreilles appareillées : l'intensité du signal sera fixe et correspondra à une intensité de voix moyenne soit 65dB SPL avec une variation du bruit par pas de 3dB pour passer d'un rapport signal/bruit de +9 à -9dB.

Notons au passage qu'en cas de fusion du signal et du bruit, c'est-à-dire au casque, le score vocal sera généralement inférieur à celui obtenu en séparant les stimuli. De plus, il n'est pas possible de comparer les résultats obtenus au casque vis-à-vis de ceux obtenus en champ libre étant donné que les présentations des stimuli ne sont pas identiques. Enfin, un test d'audiométrie vocale en présence de bruit effectué au casque ne peut être pratiqué que lors d'un bilan d'orientation prothétique contrairement au champ libre utile lors de l'adaptation, du contrôle d'efficacité et du suivi prothétique.

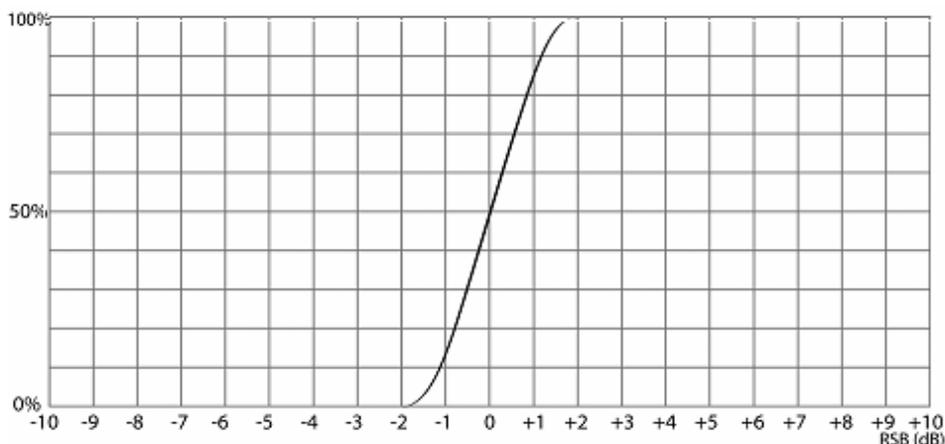
Voici une quantification spectrale de ce qui se passe :



**Figure 13 : Evolution du spectrogramme selon le rapport signal/bruit** <sup>[9c]</sup>

Sur ce spectrogramme, la présence croissante du bruit démontre que la personne aura de plus en plus de difficulté à identifier les formants de la parole. Cette représentation démontre bien l'aspect délétère du bruit sur la compréhension.

## 2.4.6 Représentation graphique [29]



**Figure 14 : Audiogramme vocal en présence de bruit** [1]

Afin de faciliter la lecture et l'interprétation des résultats de chacun, la représentation des résultats d'un test d'audiométrie vocale en présence de bruit s'apparente à celle utilisée pour l'audiométrie vocale dans le silence.

Sur le graphique apparaît, en abscisse, le rapport signal/bruit (RSB). Celui-ci se définit comme étant la différence entre le niveau du signal et le niveau du bruit, tous deux exprimés en décibel. Il est donc positif lorsque le niveau de parole est plus élevé que celui du bruit et inversement il est négatif lorsque le niveau de bruit est plus élevé que celui de la parole. Ce rapport permet ainsi de quantifier la qualité d'un milieu de communication en indiquant le niveau du signal comparé à celui du bruit.<sup>[30a]</sup> En ordonnée gauche figure, tout comme l'audiométrie vocale dans le silence, le pourcentage d'items correctement répétés.

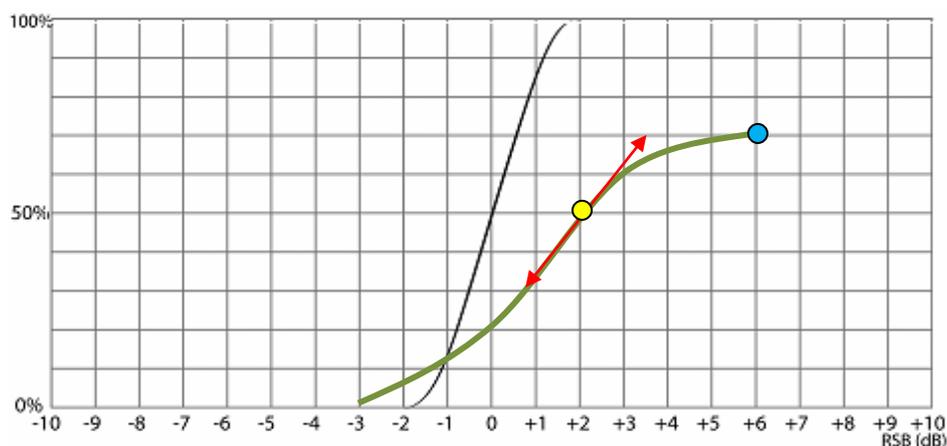
## 2.4.7 Valeurs recherchées dans le cadre d'une interprétation vocale

Etant donné le faible nombre de publications françaises concernant l'audiométrie vocale dans le bruit, il n'existe aujourd'hui aucune références bibliographiques relatant l'interprétation correcte d'une courbe d'audiométrie vocale dans le bruit. Cependant, et sous les conseils avisés de Monsieur Yves Lasry, différentes notions sont à prendre en compte :

1. le seuil de reconnaissance vocale (SRV ou SRT) : cette mesure psychoacoustique est utilisée pour quantifier l'intelligibilité dans le bruit. Ce niveau souvent appelé « S/B pour 50% d'intelligibilité » correspond au rapport S/B permettant d'atteindre un score d'intelligibilité vocale de 50%. Cela correspond tout simplement, par analogie à l'audiométrie vocale dans le silence, au seuil d'intelligibilité. C'est pourquoi nombreux sont les audioprothésistes faisant l'amalgame entre le seuil d'intelligibilité et le seuil

de reconnaissance vocale. Ce seuil est à comparer aux valeurs de référence établies chez le normo-entendant tout comme l'audiométrie vocale dans le silence ,<sup>[30a]</sup>

2. La pente de la courbe, c'est-à-dire l'angle que forme la courbe du patient avec l'axe des 50% d'intelligibilité,
3. Le maximum d'intelligibilité qui, tout comme l'audiométrie vocale dans le silence, est le pourcentage de mots compris au sommet de la courbe.



**Figure 15 : Caractéristiques d'une courbe d'intelligibilité vocale en présence de bruit**

A l'heure actuelle, il est à noter qu'il semble n'exister aucune corrélation entre l'AVS et l'AVB. De plus, aucune étude ne permet de corréler le type de surdité à l'allure de la courbe qui peut être obtenue.

#### **2.4.8 Intérêts de l'audiométrie vocale dans le bruit** <sup>[13e]</sup>

Les avantages dont dispose l'audiométrie vocale en présence de bruit sont nombreux et découlent des carences de l'audiométrie vocale dans le silence :

- Informer le patient et son entourage des possibilités et parfois des limites probables de l'appareillage,
- Objectiver des pertes n'apparaissant pas en audiométrie vocale dans le silence telles que les pertes légères ou les pertes obscures,

- Orienter et justifier le choix prothétique en démontrant, lorsque c'est nécessaire, la supériorité d'un appareillage stéréophonique, d'un microphone directionnel, du traitement du signal, d'un appareillage CROS ou de l'appareillage d'une perte légère,
- Comparer dans des circonstances rigoureusement identiques différents réglages et/ou différents programmes,
- Evaluer les chances de réussite de l'appareillage et l'efficacité des réglages et améliorer si besoin,
- Évaluation des nouvelles technologies proposées par les appareils auditifs,
- Personnaliser son travail.

#### **2.4.9 Limites de l'audiométrie vocale dans le bruit**

Malgré ces avantages, on peut tout de même remettre en cause certains aspects de ce test, notamment le type de bruit à utiliser. L'utilisation d'un bruit synthétique trop stationnaire tel que le bruit blanc reste peu réaliste et ne présente par conséquent que peu d'intérêt. Nombreux sont les auteurs préconisant l'utilisation d'un bruit de type « Cocktail Party » ou « l'Onde Vocal Globale » de Dodelé qui sont notamment discontinus et représentatifs du spectre à long terme de la parole.<sup>[31]</sup>

On peut également émettre l'hypothèse que ce test peut être perçu comme trop perturbant pour certains patients et, de ce fait, altérer leur attention et donc leur compréhension, surtout lorsqu'on utilise des logatomes. Confronter le patient à sa réalité, face à ses difficultés rencontrées au quotidien, peut engendrer des états de stress et d'angoisse.

De plus, effectuer ce test au casque ne semble pas représentatif de la réalité. Signal utile et bruit perturbant étant délivrés simultanément sur les mêmes écouteurs, le patient ne peut mettre en avant des phénomènes propres à une compréhension en champ diffus. Dans cette situation, les avantages de l'écoute binaurale, le démasquage, ainsi que la qualité des indices de localisation spatiale (l'ILS permettant de séparer signal et bruit) n'interviennent plus.<sup>[13e]</sup>

Enfin, force est de constater qu'il ne s'agit toujours pas, à l'heure actuelle, d'une épreuve de routine utilisée dans le cadre d'un bilan d'orientation ou d'un contrôle d'efficacité prothétique.

### 3. LE SUJET NORMO-ENTENDANT : DEFINITION

A première vue et pour toute personne novice dans le domaine de l'audiologie, définir une personne normo-entendante revient à affirmer qu'il s'agit d'une personne entendant correctement les sons. Mais, nombreux sont les audioprothésistes et audiologistes qui s'accordent à dire qu'un normo-entendant ne se définit pas que d'un point de vue tonal.

Afin de définir le sujet normo-entendant, il convient de l'étudier sous différents aspects : tonal, vocal ainsi que le champ auditif.

#### 3.1 Caractéristiques tonales [32]

Dans un premier temps, le normo-entendant se définit d'un point de vue tonal, c'est à dire sur sa capacité à percevoir les sons. Pour cela, et suite à la réalisation d'une audiométrie tonale, il convient de se référer à la recommandation 02/1 bis du BIAP intitulée : « classification audiométrique des déficiences auditives ». Ce document nous indique que la perte tonale moyenne (PTM), se calcule de la façon suivante :

$$PTM (dB HL) = \frac{\text{perte dB HL à 500Hz} + \text{perte dB HL à 1000Hz} + \text{perte dB HL à 2000Hz} + \text{perte dB HL à 4000Hz}}{4}$$

Cela permet ainsi d'obtenir une classification qui est la suivante :

Degré de déficience auditive	PTM correspondante	Remarques
Audition normale	≤ 20 dB	/
Surdité légère	[21 ; 40]	Parole perçue à voix normale
Surdité moyenne	[41 ; 70]	Parole perçue à voix forte
Surdité sévère	[71 ; 90]	Parole perçue à voix forte près de l'oreille
Surdité profonde	[91 ; 119]	Aucune perception de la parole
Surdité totale = Cophose	≥ 120 dB	Rien n'est perçu

**Tableau 2 : Classification des surdités selon la perte tonale moyenne correspondante**

Ainsi, on considère que l'audition est normale ou subnormale, dès lors que la perte tonale moyenne ne dépasse pas 20dB HL.

## 3.2 L'âge

Définir le sujet normo-entendant incite à prendre en compte l'âge de la personne. En effet, le vieillissement est un aspect à prendre en compte étant donné son impact sur les plans auditif, cognitif et attentionnel.

D'un point de vue auditif, on constate une sénescence psychosensorielle lente et progressive de l'appareil fonctionnel dans son ensemble correspondant à la presbycusis. C'est pourquoi la classification tonale, préalablement citée, est en lien direct avec l'âge du sujet puisque l'on constate une dégradation naturelle de l'audiométrie tonale avec l'avancée en âge.

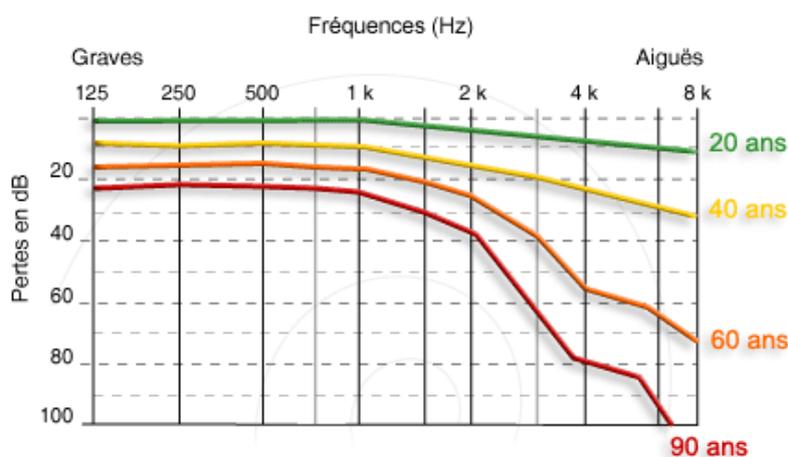


Figure 16: Courbes audiométriques moyennes en fonction de l'âge [33]

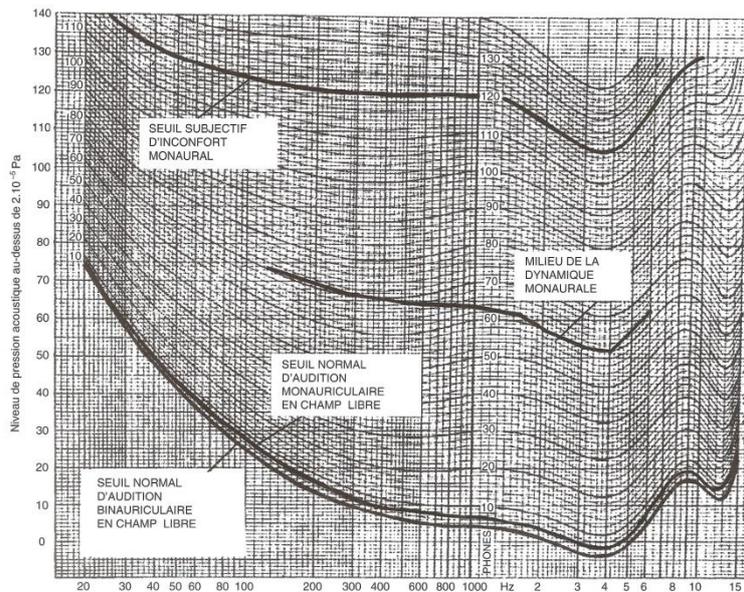
De ce fait et même s'il existe, à âge égal, de fortes variations interindividuelles, et même si à un âge avancé certaines personnes bénéficient encore de bonnes performances cognitives, il convient de considérer qu'un normo-entendant est généralement une personne « jeune ».

## 3.3 Le champ auditif [13f] [17g] [30b]

Outre la courbe de seuil d'audition, l'examen tonal permet de mesurer l'étendue du spectre sonore utilisable par l'homme : il s'agit du champ auditif du sujet. Ce champ auditif se définit comme étant une aire délimitée par le seuil d'audition et le seuil d'inconfort sur la zone des fréquences audibles.

Pour cela, il convient de réaliser un graphique à deux dimensions sur lequel sont portées :

- en abscisse : les fréquences, suivant une échelle logarithmique,
- en ordonnée gauche : le décibel SPL, suivant une échelle linéaire.



**Figure 17 : Champ auditif humain en dB SPL [13f]**

Cette mesure du champ auditif résulte d'un relevé de courbes isononiques sur un ensemble de personnes 18 à 25 ans, dans des conditions d'expérimentation bien définies. Pour rappel, chaque courbe isononique représente une mesure de la pression sonore (en décibels SPL), en fonction de la fréquence, qu'une personne perçoit comme un son de même niveau. Différentes courbes d'égale sensation d'intensité sonore sont ainsi représentées à l'intérieur du champ auditif. A noter qu'on raisonne ici en valeurs physiques et donc en décibels linéaires appelés dB SPL (Sound Pressure Level) par rapport à un niveau de pression acoustique de 0dB, référence 20µPa. Cette pression de référence correspond à peu près au seuil auditif binaural de sujets jeunes bien entendant, mesuré à 1000Hz.

Ce réseau de courbes permet de constater que la sensibilité du système auditif humain dépend grandement de la fréquence. En effet, pour obtenir une même sensation sonore, l'intensité doit être bien plus élevée (et donc système auditif moins sensible) sur les fréquences graves que sur les fréquences aiguës. Ceci s'explique par le fait que la sensibilité de l'oreille est meilleure entre 1500Hz et 5000Hz. Il est à noter que plus l'intensité sonore délivrée est importante, moins cette différence de sensibilité auditive est marquée selon la fréquence.

Pour remarque, l'unité de mesure définissant les courbes isononiques est le phone. Cette unité de sonorité sans dimension est un indice de sonie dont l'échelle correspond à l'échelle en dB SPL à 1000Hz. Chaque ligne isononique est définie par son niveau en phone équivalent au niveau en dB SPL à 1000Hz uniquement.

Le champ auditif monaural d'un sujet normo-entendant se définit donc selon deux dimensions :

1. dans la dimension intensité, deux courbes encadrent ce spectre :

- La courbe de seuil d'audition monaurale en champ libre située 3dB au dessous de la courbe « MAF » (=Minimal Acoustic Field). Cette courbe MAF correspond au niveau minimal de pression acoustique binaurculaire qui, à la fréquence considérée, procure la sensation auditive la plus faible,
- La courbe de seuil subjectif d'inconfort monaural correspondant à la courbe isosonique des 120 phones représentant la limite haute du champ auditif. Ce niveau correspond au tout premier seuil de désagrément avant tout seuil intolérable ou, a fortiori, « tout seuil de douleur ».

2. dans la dimension fréquentielle :

- l'oreille humaine normale reste sensible aux sons de fréquence comprise entre 16Hz et 18000Hz.<sup>[22]</sup> Par conséquent, nous qualifions d'infrasons toutes les fréquences inférieures à 16Hz et de même nous qualifions d'ultrasons toutes celles qui sont au-delà de 20KHz.

Pour les besoins de l'audiométrie, il est plus commode de prendre comme référence « le seuil d'audition du sujet normal », c'est pourquoi il semble intéressant de définir le champ auditif du normo-entendant selon les décibels HTL (Hearing Treshold Level) ou HL (Hearing Level).

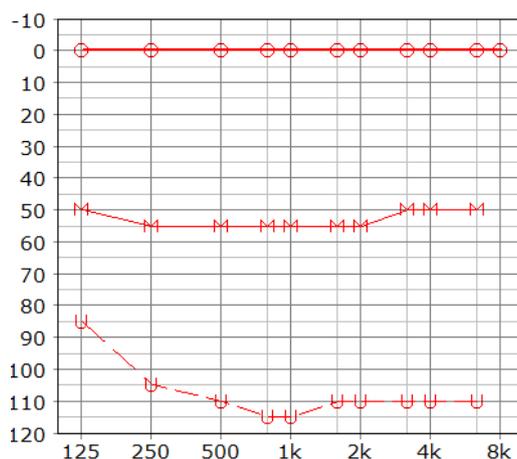


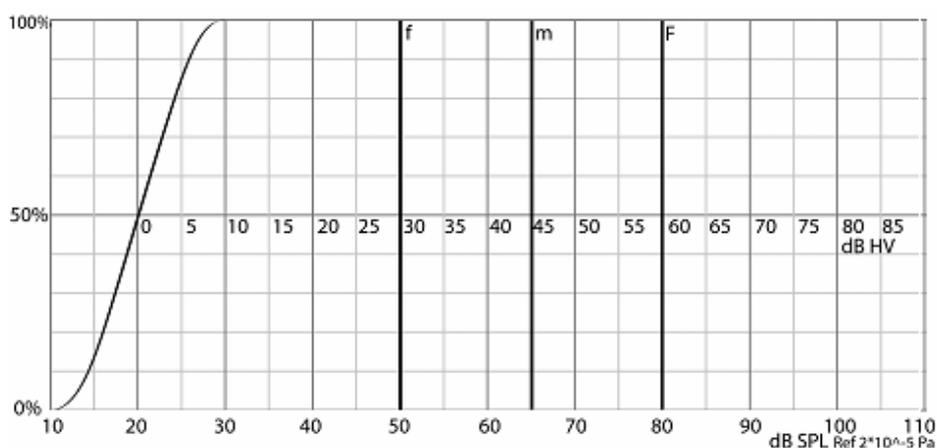
Figure 18 : Champ auditif monaural du normo-entendant en dB HL <sup>[34]</sup>

En HL, le champ auditif du normo-entendant se définit de la façon suivante :

- un seuil d'audition monaural à 0dB HL pour toutes les fréquences,
- un seuil subjectif d'inconfort se situant aux alentours des 110dB HL.

### 3.4 Caractéristiques vocales [19h] [26]

Outre la capacité de percevoir correctement les sons et de posséder une gamme dynamique d'audition large, le normo-entendant doit être capable d'interpréter correctement ces sons. En effet, il existe une différence considérable entre la perception quantitative de l'information sonore et la capacité à transformer les signaux perçus en langage et en communication. Entendre l'information ne veut pas toujours dire comprendre et intégrer le message. Afin de quantifier cette compréhension, il convient de réaliser une audiométrie vocale pour en déduire une courbe d'intelligibilité vocale.



**Figure 19 : Courbe d'intelligibilité vocale d'un sujet normo-entendant sur listes dissyllabiques de J.E. Fournier [1]**

Chez un sujet normo-entendant, la courbe d'intelligibilité obtenue sur liste de mots dissyllabiques de Fournier présente les caractéristiques suivantes :

- une forme de « S » allongée,
- un seuil d'intelligibilité à 0dB HV soit 18dB SPL,
- un maximum d'intelligibilité à 10dB HV soit 28dB SPL,
- un pourcentage de discrimination de 100%.

Pour remarque, cette courbe de référence varie selon le matériel phonétique choisi puisque selon la structure sémantique des listes utilisées, de nombreux phénomènes de compensation phonétique interviennent à des degrés plus ou moins prononcés telle que la suppléance mentale.

Cette remarque fait suite à une étude effectuée par J.E. Fournier mettant en évidence différentes courbes d'intelligibilité de référence selon le matériel vocal utilisé.

Le graphique de J.E. Fournier donne ainsi les valeurs de référence, en dB de référence arbitraire, pour des listes de logatomes (L1), de mots monosyllabiques (L2), dissyllabiques (L3), des listes de phrases courtes (L4) ou longues (L5) ou du texte continu (L6).

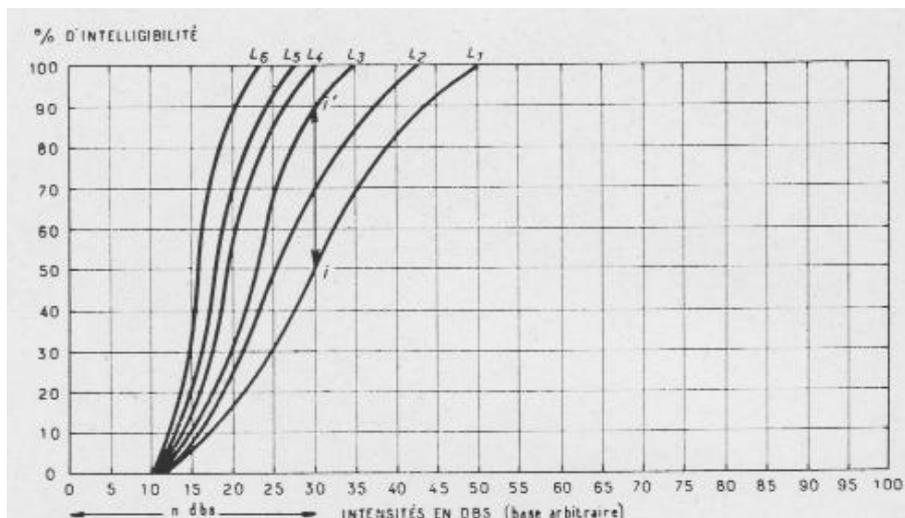


Figure 20 : Courbes d'intelligibilité vocale de référence établies en milieu calme en fonction du type de matériel vocal utilisé [26]

### 3.5 Conclusion

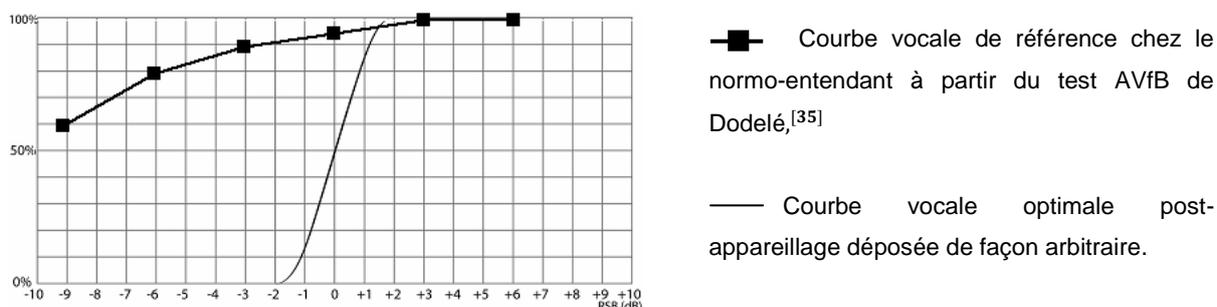
On peut donc conclure que le normo-entendant est une personne possédant :

- une bonne capacité de perception des sons avec une perte tonale moyenne ne dépassant pas 20dB HL. Théoriquement, 0dB HL est le niveau d'audition d'un sujet normal pour toutes les fréquences,
- une bonne capacité d'interprétation des sons avec une courbe d'intelligibilité présentant un seuil d'intelligibilité à 0dB HV soit 18dB SPL et un maximum d'intelligibilité à 10dB HV soit 28dB SPL lorsque cette dernière est réalisée sur liste dissyllabique de Fournier,
- une gamme dynamique d'audition qui s'étend de la courbe MAF+3dB à la courbe isotonique des 120 phones. En décibel HL, le champ auditif s'étend de 0dB HL à  $\pm 110$ dB HL selon les fréquences.

Toutefois, cette définition du normo-entendant fait état d'une carence puisqu'il n'existe aujourd'hui aucune référence sur la capacité de compréhension de ce dernier dans un environnement bruyant. Etant donné la présence permanente d'un bruit ambiant plus ou moins gênant et du matériel sophistiqué dont dispose l'audioprothésiste à l'heure actuelle, ce dernier ne peut affirmer qu'un sujet est ou non normo-entendant à la vue d'une simple

audiométrie tonale et vocale dans le silence. Prenons comme exemple le « Syndrome de KING KOPETSKI » appelé encore « Perte Obscure » caractérisant des personnes éprouvant des difficultés de compréhension en présence de bruit alors que l'audiométrie tonale et l'audiométrie vocale dans le silence s'avèrent être normales.<sup>[13e]</sup>

A l'heure actuelle, il n'existe que peu de références concernant l'intelligibilité dans le bruit chez le normo-entendant :



**Figure 21 : Audiogramme vocal en présence de bruit**

Comme illustré ci-dessus, une seule courbe vocale en présence de bruit fut établie. Elle résulte d'un mémoire exposant la réalisation d'une courbe vocale de référence sur le test d'Audiométrie Verbo-fréquentielle en présence de Bruit calibré. Cette courbe représente les capacités de compréhension d'un normo-entendant sur les logatomes de Dodelé en présence de bruit. Disposer d'une telle référence permet ainsi à l'audioprothésiste de comparer et d'interpréter au mieux les résultats du patient. Cependant, l'étude pratique qui va suivre nous incitera à établir une nouvelle courbe à partir des logatomes de Dodelé.

# PARTIE PRATIQUE

## 4. Introduction à la partie expérimentale, problématiques et hypothèses

### 4.1 Introduction à la partie expérimentale

Après avoir présenté et redéfini d'une façon théorique, différentes notions de l'intelligibilité dans le bruit chez le normo-entendant ainsi que l'audiométrie vocale en milieu calme et en milieu bruyant, il convient de réaliser un travail de recherche. L'objectif de ces travaux de mémoire consiste à étudier l'évolution de l'intelligibilité dans le bruit chez le normo-entendant afin de déterminer des courbes vocales de référence.

En préambule, on définira quelles sont les problématiques issues de ce travail, on verra qu'un seul et même thème peut donner naissance à diverses questions. Des hypothèses issues de ces interrogations seront alors déduites. Anticiper une ou plusieurs réponses aux questions posées permettra d'interpréter au mieux les résultats obtenus. Pour cette étude, Il importe de présenter le matériel ainsi que le protocole de test utilisé. Le fait de présenter le cadre de travail permettra ainsi d'éviter toutes ambiguïtés inhérentes aux courbes obtenues.

Enfin, la conclusion aura pour but d'apporter des réponses à la problématique et d'ouvrir la porte à d'autres perspectives de travaux.

### 4.2 Problématiques

La problématique de cette étude est multiple à savoir :

1. « Chez le normo-entendant, quelles courbes d'intelligibilité vocale de référence obtenons-nous en milieu bruyant selon le matériel vocal utilisé ? »

Cette interrogation fait référence à une courbe inscrite par défaut sur le graphique suivant :

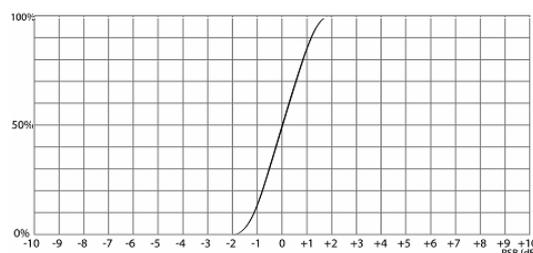


Figure 22 : Audiogramme vocal en présence de bruit [1]

En effet, on constate ci-dessus qu'après passation d'un test vocal dans le bruit, l'audioprothésiste reporte ses résultats sur un graphique où n'est retranscrit aucune courbe de référence.

Seule une courbe vocale optimale censée représenter les perspectives de réponse d'un patient appareillé fut instaurée de façon arbitraire et ce, sans prendre en compte le matériel vocal choisi. Par conséquent et quelque soit le matériel phonétique utilisé, l'audioprothésiste ne peut pas comparer et interpréter les pourcentages d'intelligibilité obtenus à ceux d'un normo-entendant.

C'est pourquoi définir des valeurs de référence sur des tests vocaux effectués dans le bruit en se basant sur les expérimentations de J.E. FOURNIER peut s'avérer être intéressant et utile à chacun.

## 2. « La suppléance mentale intervient-elle de façon significative ? »

Paradoxalement, dans la pratique courante de l'audiométrie vocale en milieu calme, il existe des valeurs de référence et ce, quelque soit la liste vocale usitée. Voici présenté ci-dessous l'ensemble des courbes vocales de référence établies en milieu calme par J.E. Fournier :

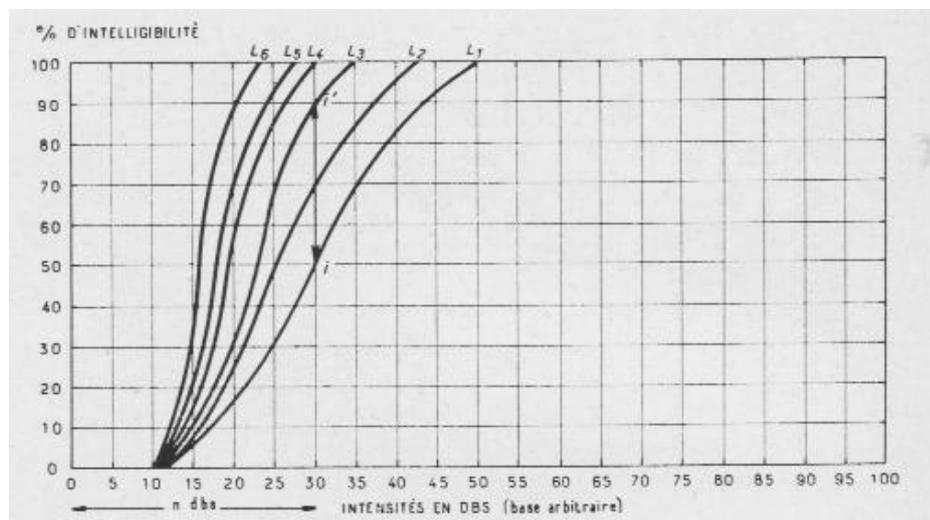


Figure 23 : Courbes d'intelligibilité vocale de référence établies en milieu calme en fonction du type de matériel vocal utilisé [26]

De ce fait, on peut interpréter et confronter à bon escient nos résultats avec les courbes d'intelligibilité vocales reconnues et certifiées par J.E. FOURNIER en tenant compte des listes vocales employées :

- $L_1$  → logatomes
- $L_2$  → mots monosyllabiques
- $L_3$  → mots dissyllabiques
- $L_4$  → phrases courtes
- $L_5$  → phrases longues
- $L_6$  → texte continu

On constate que les courbes paraissent se relever en passant des logatomes aux éléments monosyllabiques, puis aux éléments dissyllabiques, etc... et enfin aux phrases. Ces modifications de forme traduisent le fait que les listes de phrases, par exemple, comportant un plus grand nombre de phonèmes, font plus fortement appel à la suppléance mentale que celles composées d'éléments avec signification, et à fortiori, que celles composées de logatomes. Outre la détermination de courbes vocales de référence en milieu bruyant, l'objectif secondaire de cette étude consiste à savoir si la suppléance mentale intervient de façon aussi significative que dans calme.

3. « La courbe vocale de référence issue des logatomes de Dodelé sera-t-elle comparable à celle-ci ? »

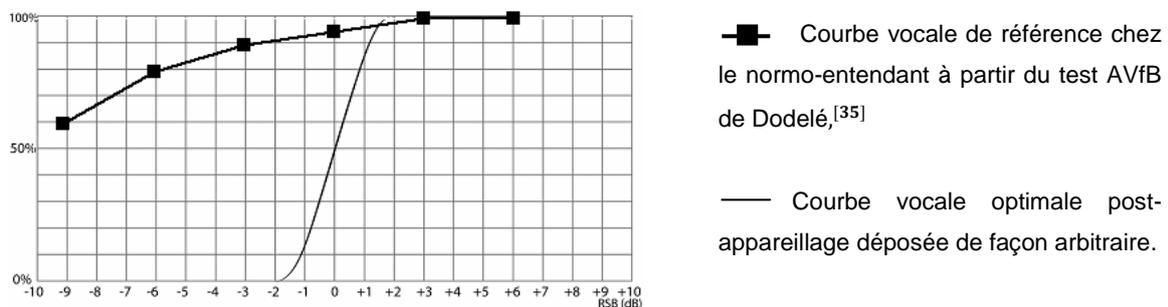


Figure 24 : Audiogramme vocal en présence de bruit

Cette référence provient d'un travail de recherche effectué par un étudiant-stagiaire de Monsieur Dodelé. Obtenue à partir d'un échantillon de sujets normo-entendants, elle est issue du test d'Audiométrie Verbo-fréquentielle en présence de Bruit calibré. On verra par la suite que notre protocole de test diffère de l'AV<sub>f</sub>B, notamment sur le nombre de haut-parleurs utilisés, ce qui justifie cette interrogation.

### 4.3 Hypothèses

Les hypothèses opérationnelles qui peuvent être formulées sont multiples. Afin de guider notre démarche expérimentale, nous pouvons en énoncer quelques unes :

- Obtenir des courbes désordonnées est possible étant donné que, selon le matériel phonétique utilisé, l'unité d'erreur n'est pas la même,
- La courbe d'intelligibilité obtenue à partir des listes de phrases sera beaucoup plus inclinée que les autres courbes puisque l'unité d'erreur pratiquée est beaucoup plus sévère,

- Par conséquent, la suppléance mentale n'interviendra de façon significative que si on utilise la même unité d'erreur pour chaque matériel phonétique utilisé.

## 5. Présentation des conditions de réalisation

Afin d'établir des réponses fiables et non contestables, le local ainsi que le matériel nécessaire destinés aux mesures audiométriques doivent répondre à plusieurs conditions. Il est alors possible de comparer chez un même patient plusieurs examens effectués à différents moments et par différents opérateurs.

### 5.1 La cabine de mesures audioprothétiques

Pour obtenir des mesures tonales et vocales précises, il faut opérer dans une pièce aux parois acoustiquement isolantes et aussi peu réfléchissantes que possible, accompagnée d'un sol capable d'amortir les vibrations extérieures.<sup>[17h]</sup> Le local dans lequel s'opèrent les mesures doit se rapprocher au mieux des conditions du champ libre, c'est à dire être dans un lieu isolé de toutes réverbérations, bruit ou vibrations.

L'insonorisation de la pièce permet d'éviter toutes interférences du bruit environnant sur les sons explorés, ce qui perturberait les résultats. En effet, toute pièce d'apparence auditive silencieuse est de manière générale soumise à un bruit de fond oscillant entre 30 et 50dB ce qui peut engendrer un phénomène de masquage sur la réponse du sujet. Pour remarque, les conditions de champ libre n'étant physiquement pas réalisables en cabine de consultation audioprothétique, on utilise plutôt la dénomination de champ diffus, de champ acoustique.<sup>[36]</sup>

La salle de mesures audioprothétiques utilisée pour la réalisation de mesures tonales et vocales est une pièce respectant le décret du 10 juin 1985 n° 85-590 fixant les conditions d'aménagements, à savoir :

1. Disposer d'une cabine insonorisée ou d'une salle de mesures audioprothétiques d'une surface minimale de  $10m^2$  et d'un volume utile minimal de  $15m^3$ ,
2. Un niveau de bruit de fond équivalent inférieur ou égal à 40dB SPL pondéré A mesuré sur une période d'une heure,
3. Un temps de réverbération inférieur à 0,5 secondes sur l'octave 500Hz, permettant de se rapprocher des conditions de champ libre,
4. L'absence de tonalités marquées émergeant du bruit de fond.<sup>[37a]</sup>



**Figure 25 : Salle de mesures audioprothétiques**

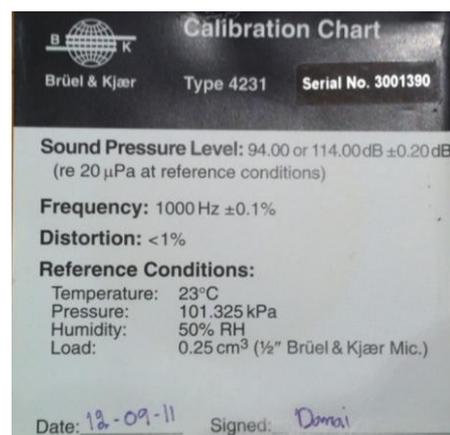
Afin de confirmer les propos précédemment cités, il a donc fallu réaliser quelques mesures. Voici présenter ci-dessous les caractéristiques de la salle de mesures audioprothétiques :

1. Une surface de  $15m^2$  avec un volume de  $35m^3$ ,
2. Un niveau de bruit de fond équivalent de 27,81dBA mesuré sur une période d'une heure et cinq minutes (annexe 5 page 107).

Cette dernière mesure résulte de l'utilisation d'un sonomètre Brüel & Kjaer de type 2250 light préalablement calibré par pistonphone. A noter que ce sonomètre ne comporte aucun module concernant le temps de réverbération, c'est pourquoi cette mesure n'a pas été effectuée.



**Figure 27 : Sonomètre Brüel & Kjaer de type 2250 light**



**Figure 26 : Charte de calibration datant du 12/11/2011**

## 5.2 Conditions matérielles

### 5.2.1 L'audiomètre

Pour l'audiométrie tonale, réalisée au casque, nous avons utilisé un ordinateur relié à un audiomètre calibré et muni d'un casque, il s'agit de l'Aurical Plus du fabricant GN Otometrics.



Figure 28 : Aurical plus (GN otometrics) [38]

### 5.2.2 Logiciel : le BioSoundSystem [39] [40]

Concernant les épreuves vocales en milieu calme et bruyant, c'est le logiciel BioSoundSystem qui fut utilisé pour tester la compréhension des patients. C'est pourquoi il importe de le présenter ci-dessous.



Figure 29 : Logo BioSoundSystem [40]

#### 5.2.2.1 Présentation

BioSoundSystem est un logiciel créé en 2007 par Yves Lasry, diplômé d'Etat en audioprothèse au CNAM de Paris en 1995 et membre du Collège National d'Audioprothèse depuis 2009.

Cette application fut conçue afin de répondre aux besoins du quotidien de l'audioprothésiste, tant au niveau du bilan d'orientation que du contrôle d'efficacité prothétique.

### 5.2.2.2 Objectifs

Les objectifs du BioSoundSystem sont les suivants :

- Réunir l'ensemble des tests couramment pratiqués par l'audioprothésiste (audiométrie tonale, audiométrie vocale dans le calme et dans le bruit, tests de spatialisation ...),
- Reproduire des environnements sonores, plus ou moins nuisants à la compréhension, que le patient peut être amené à rencontrer,
- Evaluer ainsi toute difficulté de discrimination, d'intégration propre à chaque patient,
- Tirer des conclusions sur l'efficacité prothétique dans un souci d'amélioration.

### 5.2.2.3 Matériel requis

Afin que l'audioprothésiste puisse exploiter pleinement cette programmation, ce dernier doit se munir du matériel qui est le suivant :

- Un ordinateur, ayant peu d'ancienneté et disposant d'un des trois systèmes d'exploitation qui sont les suivants : Windows XP, Vista ou 7,
- Une carte son, compatible en Dolby Digital 5.1 reliée à un amplificateur de type multi-canal ou home cinéma à six canaux analogiques capable de ce fait, d'émettre une sonorité sur chaque haut-parleur indépendamment les uns des autres,
- Cinq haut-parleurs amplifiés large-bande, qui permettent ainsi de s'affranchir d'un caisson de basse qui aurait pour conséquence de fragmenter tout signal en deux parties. Ces derniers, directement branchés à la carte son, sont tous identiques pour ainsi conserver une homogénéité dans la sonorisation et ce, quelque soit l'azimut des stimuli.

Dans le cadre du protocole de test, ces cinq haut-parleurs sont disposés de la façon suivante :

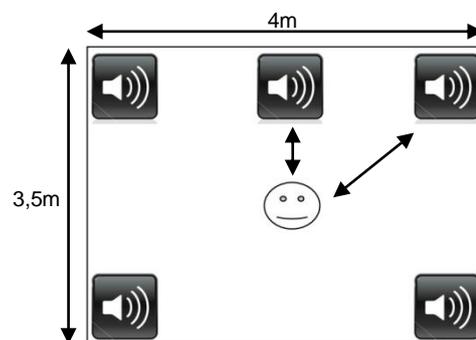


Figure 30 : Positionnement des haut-parleurs [41]

A noter que dans la cabine de mesures audioprothétiques, excepté le haut-parleur frontal, les quatre autres se trouvent à équidistance du sujet testé, environ 2,3 mètres.

#### 5.2.2.4 Le matériel sonore : organisation et fonctionnement

BioSoundSystem regroupe des centaines de fichiers sonores classés par catégories qui sont les suivantes :

- Des stimuli tests, sous forme de sons purs wobulés classés par fréquence et analogues à ceux émis sur audiomètre classique,
- Des listes d'audiométries vocales, sélectionnées et approuvées par le « Collège National d'Audioprothèse » avec notamment des listes pour adultes et enfants,
- Une sonothèque, regroupant près de deux cents enregistrements d'ambiances sonores enregistrés en stéréophonie et ordonnancés par catégorie (ex : bruit d'une mer calme, bruit de passage d'un train, ... etc.),
- Des fichiers musicaux : près de 40 fichiers de musique classique classés par catégorie,
- Des fichiers sonores personnels, pouvant être importés par l'audioprothésiste,
- Le bruit : l'Onde Vocale Globale de Dodelé (=OVG).

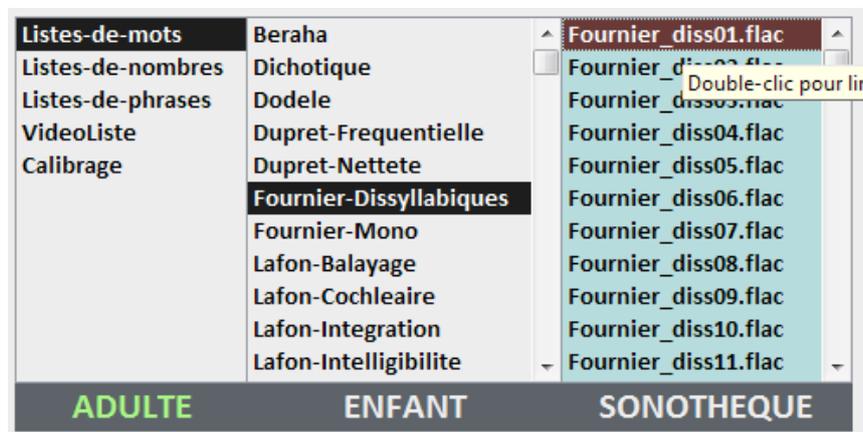


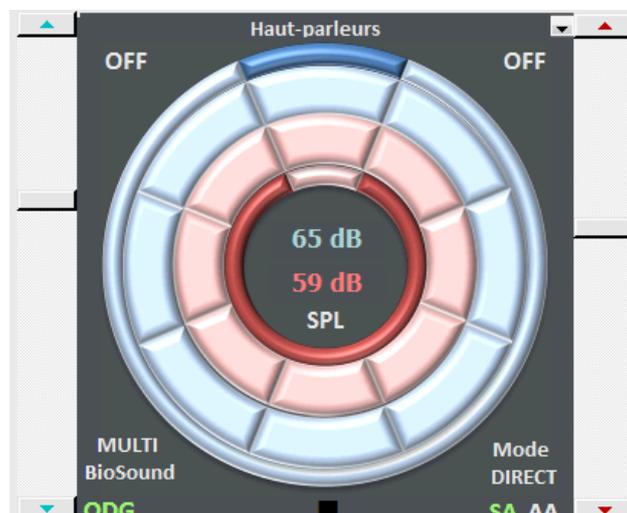
Figure 31 : Exemple de navigation BSS3 [40]

L'ensemble de ces données se répartit sur deux pistes, une piste droite et une piste gauche présentées sur le tableau 3. Ainsi, l'ensemble de ces stimuli sonores peuvent être dissociés et émis séparément les uns des autres sur le haut-parleur souhaité tout en réglant leur intensité par pas de 1dB ou 5dB. L'audioprothésiste peut donc réaliser un test de compréhension avec ou sans adjonction de bruit en réglant indépendamment le niveau du signal et le niveau de bruit.

	Piste Gauche	Piste Droite
Listes adulte / enfant	Liste	OVG
Sons-tests	Signal test	Vierge
Sonothèque / Fichiers sonores personnels	Signal piste gauche	Signal piste droite

**Tableau 3 : Configuration piste droite et piste gauche** [40]

Le positionnement de la (ou des) source(s) sonore(s) s'effectue avec l'aide d'un « gouvernail ». Cette représentation graphique permet de positionner précisément chacune des deux pistes sonores du signal à diffuser. Se trouvent à proximité deux contrôles de volume qui permettent de définir l'intensité pour chacune des pistes : le contrôle de volume de gauche indique quel niveau doit être joué sur la piste de gauche et inversement. Au centre de ce gouvernail sont indiqués les niveaux sonores demandés pour chacune des deux pistes.



**Figure 32 : Exemple de configuration, piste gauche haut-parleur de face à 65dB SPL, piste droite les 4 autres haut-parleurs à 59dB SPL** [41]

### 5.2.2.5 MonoBioSound et MultiBioSound

Chaque fichier sonore peut être retransmis de deux manières à savoir :

1. Le mode « MonoBioSound » : un seul fichier sonore est émis à la fois et lorsque celui-ci s'achève ; il laisse sa place au fichier suivant préalablement sélectionné et ainsi de suite,
2. Le mode « MultiBioSound » offre, quant à lui, la possibilité d'émettre simultanément jusqu'à 18 fichiers sonores en stéréophonie. Chacun de ces sons peut être positionné indépendamment à l'intensité souhaitée. Ce mode permet ainsi de recréer avec précision une scène auditive représentative de la gêne décrite par le patient. Il est à noter que les fichiers émis en mode « MultiBioSound » sont lus en boucle et se surajoutent aux autres fichiers sonores.

### 5.2.2.6 Applications audioprothétiques

BioSoundSystem est un software permettant à chaque professionnel de l'audition, d'effectuer les tests qu'il préconise afin de répondre au mieux à ses attentes lors de l'adaptation prothétique. Voici les possibilités qu'apporte ce logiciel dans la pratique quotidienne de l'audioprothèse :

- Audiométrie tonale en champ libre,
- Audiométrie vocale en champ libre dans le silence ou dans le bruit,
- Simulateur d'ambiance sonore,
- Test d'Affinement-Post-Appareillage interactif de Dodelé,
- Test A.N.L de Nabelek,
- Spectrogramme.

### 5.2.3 Système de communication sans fil

Enfin, lors de l'audiométrie vocale effectuée en milieu bruyant, il importe que l'opérateur puisse entendre correctement le sujet testé. Ainsi, pour éviter toutes confusions d'interprétation, un système de microphone sans fil est utilisé. Ce dispositif permet à l'opérateur d'entendre convenablement les réponses qui émanent du sujet testé sans être dérangé par le bruit perturbant.

Le mode de transmission sans fil utilisé est un système microphonique dénommé ECM-AW3 du fabricant SONY. La technologie de communication sans fil employée ici est du Bluetooth avec un émetteur mis à disposition du sujet testé et un récepteur pour l'opérateur.



Figure 33 : Système microphonique ECM-AW3, SONY

## 5.3 Calibration

Pour rappel, tout audioprothésiste se doit, en raison de l'utilisation quotidienne de son matériel, d'examiner régulièrement l'étalonnage physique de ses appareils et de ses transducteurs de sortie. En effet, beaucoup d'audiométristes s'accordent à dire que le calibrage initial de l'audiomètre ne garantit pas un étalonnage fiable dans le temps.<sup>[42]</sup> Ce contrôle objectif du matériel s'explique par le vieillissement de leurs composants, notamment des écouteurs et ossivibrateurs, ne garantissant pas de ce fait d'obtenir des mesures fiables.<sup>[27b]</sup> Ainsi, l'intervalle maximal entre les contrôles objectifs périodiques de tout équipement audiométrique ne doit pas dépasser un intervalle maximal de 12 mois.<sup>[37b]</sup>

Les objectifs d'une calibration sont les suivantes : <sup>[42]</sup>

- Vérifier que chaque stimulus sonore susceptible d'être produit par l'audiomètre soit bien délivré par le bon transducteur, à la fréquence et au niveau d'intensité souhaité,
- S'assurer de l'absence de distorsions ou de bruits parasites.

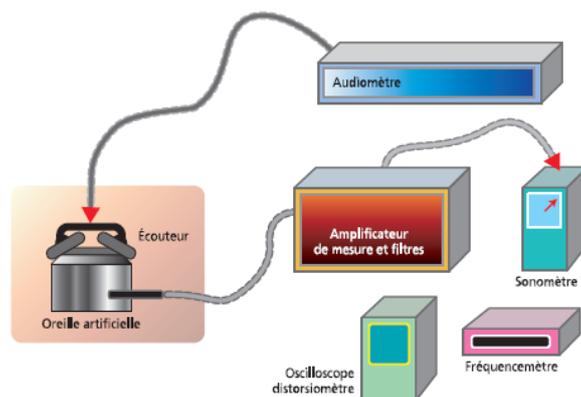
Ce contrôle doit être fait à la fois subjectivement par l'audioprothésiste et objectivement par un technicien compétent.

Par conséquent et malgré cette description détaillée du matériel ainsi que du logiciel, il importe d'étalonner son matériel avant la réalisation du moindre protocole de test. C'est pourquoi Monsieur Lasry et moi-même avons effectué quelques vérifications qui sont les suivantes :

### **Calibrage audiométrie tonale**

Le protocole de test utilisé dans le cadre de la détermination de courbes de référence incite l'audioprothésiste à réaliser une audiométrie tonale en conduction aérienne. Pour le calibrage du casque, il faut vérifier chaque écouteur de façon indépendante. Par conséquent et pour chaque fréquence testée, avec l'aide d'un coupleur 6cc et du sonomètre 2250 light, le processus de calibrage se déroule de la façon suivante :

1. Choisir un niveau d'intensité émis par son audiomètre suffisamment important pour ne pas être perturbé par le bruit ambiant,
2. Relever ce niveau d'émission par l'intermédiaire du sonomètre,
3. Comparer ce niveau d'émission à celui attendu et établi par les normes,
4. Si la marge de tolérance n'est pas respectée, modifier le niveau d'émission de l'audiomètre à la fréquence considérée afin de retrouver la valeur attendue.



**Figure 34 : Schéma d'une chaîne d'étalonnage en conduction aérienne** [27b]

### Calibrage de BioSoundSystem

Calibrer BioSoundSystem consiste à ajuster le niveau d'émission des cinq haut-parleurs de façon à retrouver une intensité d'émission similaire pour chacun d'entre eux. Pour cela, un signal de calibrage est successivement émis sur chaque haut-parleur, on indique alors la valeur lue sur notre sonomètre 2250 light positionné à hauteur de la tête du patient. Les données sont ainsi intégrées au logiciel qui ajuste son niveau d'émission global.

## 6. L'échantillon de population testée

### 6.1 Présentation

Pour la réalisation de ce travail, on se doit de définir différents critères de sélection. Dans le cadre de l'obtention de valeurs de référence en milieu bruyant selon le matériel vocal choisi, il importe de sélectionner des personnes normo-entendantes.

### 6.2 Critères de sélection

Les sujets testés devant être normo-entendants, il convient de définir des limites d'audition chez ces personnes, tant au niveau de l'audiométrie tonale que de l'audiométrie vocale dans le silence. De plus, le facteur de l'âge doit également être pris en compte puisque les capacités intellectuelles s'amointrissent, notamment la suppléance mentale. Seules ces trois conditions réunies aboutissent à l'élaboration de courbes de référence en milieu bruyant selon le matériel vocal employé.

#### 6.2.1 Critère d'âge

Tout d'abord, le critère de l'âge doit être pris en compte. En effet, des travaux relatant la perception des logatomes dans le bruit par tranche d'âge chez les normo-entendants ont mis en évidence une dégradation des capacités de discrimination du signal utile lors de l'expansion du bruit avec l'avancée en âge.

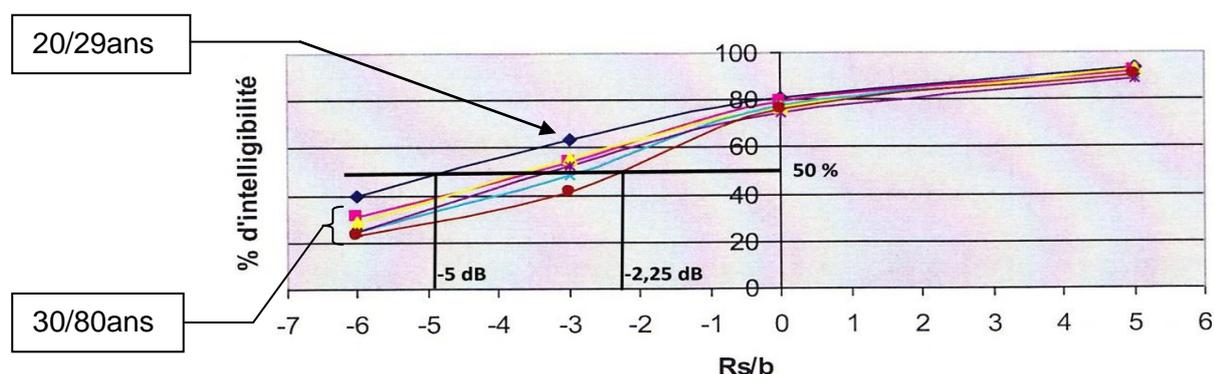


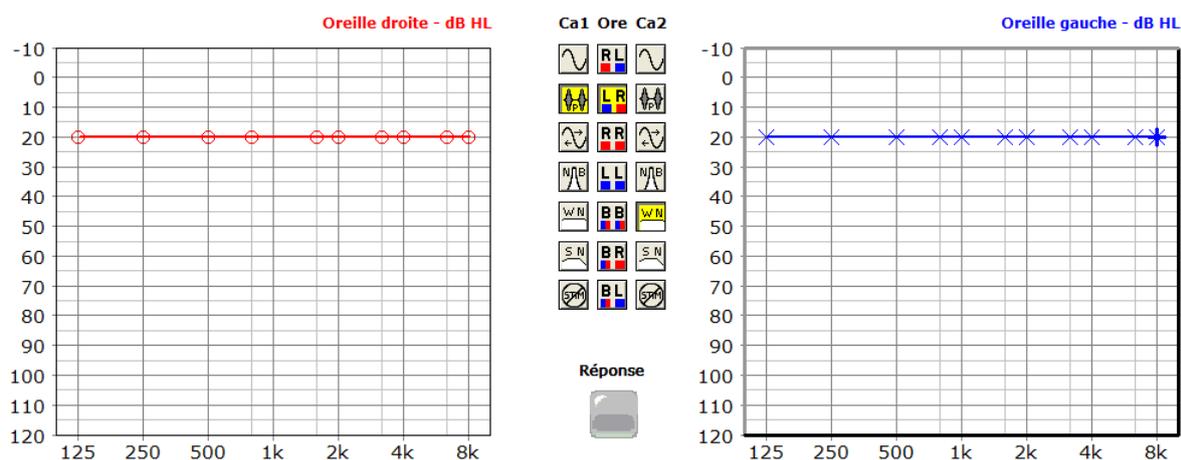
Figure 35 : Perception des logatomes dans le bruit par tranche d'âge chez les normo-entendants [15c]

Cette diminution d'intelligibilité étant significative à partir de la tranche d'âge 30/40 ans pour des RSB négatifs, le choix s'est donc porté sur des personnes ne dépassant pas la trentaine.

## 6.2.2 Critère de sélection tonale

D'un point de vue tonal, les sujets testés ne doivent pas être hypoacousiques. C'est pourquoi il fut convenu d'accepter pour la suite des tests, toute personne ayant, à l'oreille droite et à l'oreille gauche, des seuils liminaires compris entre 0 et 20dB HL entre 250Hz et 8000Hz.

### Audiométrie Tonale - Deux Canaux



A noter que ce critère de sélection est en accord avec la tranche d'âge préalablement définie puisque la courbe audiométrique moyenne d'un sujet âgé de 30 ans n'excède pas 20dB HL sur toute la bande fréquentielle sélectionnée (voir figure 16).

## 6.2.3 Critère de sélection vocale

Enfin, concernant l'audiométrie vocale dans le silence, il convient que celle-ci reste en accord avec l'audiométrie tonale. De ce fait, la personne testée ne doit pas avoir de difficultés de compréhension en milieu calme, c'est à dire pas de problème cochléaire ou rétro-cochléaire.

Afin de ne pas fatiguer le sujet pour la suite des épreuves, on évaluera directement l'intelligibilité en binaurale et en champ diffus via le BioSoundSystem. Sur les listes de mots dissyllabiques de J.E. FOURNIER, le patient devra présenter une courbe d'intelligibilité conforme au matériel vocal utilisé.

Par conséquent, le critère de sélection vocal est le suivant : présenter en champ libre 100% de compréhension à 40dB SPL (point rouge figure n°38) tout en s'accordant une marge d'erreur de 10% sur au moins une des deux listes présentées.

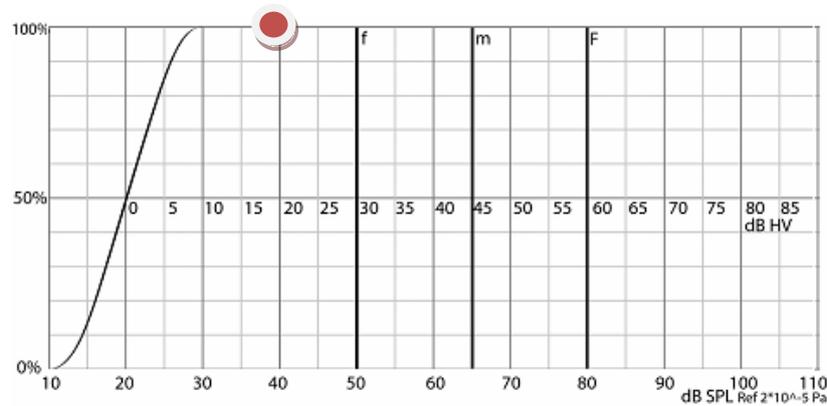


Figure 37 : Critère de sélection vocal [1]

## 6.2.4 Récapitulatif de sélection

Pour que la personne puisse être prise en compte dans l'élaboration des courbes de référence, 3 critères sont donc à remplir :

1. Avoir entre 20 et 30 ans,
2. Avoir une audiométrie tonale liminaire ODG  $\leq 20$ dB HL,
3. Avoir 90 à 100% de compréhension au calme à 40dB SPL.

## 6.2.5 Recherche de l'échantillon

Suite aux critères de sélection établis, la recherche de l'échantillon ne fut pas une chose aisée. Tout d'abord, il n'était pas possible de tester les patients du laboratoire puisque la très grande majorité d'entre eux avaient plus de 30 ans et étaient atteints d'hypoacousie.

Il donc fallu solliciter des amis ainsi que des membres de famille. C'est pourquoi nous avons demandé à tous nos contacts, par téléphone ou via les réseaux sociaux, de nous rendre si possible service en venant tester leur audition au centre Ouest Audition, situé 4 rue Paul Bellamy à Nantes. Cette demande permettait tout d'abord de répondre au premier critère de sélection, à savoir l'âge, puisque nous refusions toute personne âgée de plus de 30 ans. D'autre part, certaines personnes ayant participé à l'étude en ont parlé à leur entourage et ont envoyé d'autres participants.

Cependant, aboutir à un nombre suffisant de participants pour avoir un échantillon représentatif fait suite à de nombreux échecs car certains ne répondaient pas aux critères demandés ou ne venaient tout simplement pas au rendez-vous fixé.

## 7. Protocole d'étude

Voici présenté ci-dessous le protocole de tests réalisé auprès de chaque individu expérimenté. Le fait de respecter une procédure permet ainsi à chacun d'avoir été testé dans les mêmes conditions sans pouvoir remettre en cause les résultats obtenus.

Pour remarque, si la personne répondait aux 3 critères, il fallait près d'une heure pour effectuer l'ensemble des tests.

### 7.1 L'otoscopie

Au préalable, il est indispensable de réaliser une otoscopie du sujet. Cela permet de s'affranchir de tout obstacle pouvant perturber le déroulement du test.

Les sujets testés doivent être dépourvus de tout antécédents otologiques (chirurgie, traumatismes ...) ce qui nuirait à l'obtention de bons résultats. Les seules disgrâces possibles auxquelles il fallait faire attention étaient principalement l'obstruction du conduit auditif externe par du cérumen, épiderme, corps étranger ou bien un traumatisme du tympan (exemple : perforation tympanique).

### 7.2 L'audiométrie tonale liminaire [17i] [25d]

L'audiométrie tonale liminaire fut réalisée au casque, oreilles séparées, en respectant les étapes suivantes :

1. Tout d'abord, demander au sujet s'il a l'impression de mieux entendre d'une oreille car l'audioprothésiste se doit de débiter le test par la meilleure oreille. Si aucune différence d'audition n'est ressentie, c'est l'oreille droite qui fut choisie arbitrairement,
2. On explique au patient le principe du test, ce qu'il doit faire. C'est pourquoi il s'avère intéressant d'établir, d'une manière audible et intelligible, une phraséologie qui peut être la suivante : « *Je vais vous envoyer, avec l'aide de ce casque, des sons. Dès que vous entendez le moindre son, si petit qu'il soit, vous me prévenez soit en levant le doigt, soit en répondant par oui.* »,
3. Poser ensuite le casque préalablement désinfecté sur les oreilles du patient tout en s'assurant que les deux écouteurs recouvrent parfaitement le conduit auditif ainsi que la majorité du pavillon. Si besoin, demander au patient de retirer tout objet gênant à la mise en place du casque audiométrique (lunettes et/ou boucles d'oreille). Enfin, s'assurer que le patient ne soit pas perturbé par des simulations visuelles et ne soit

pas en train d'effectuer des mouvements temporaux-mandibulaires pouvant nuire aux résultats (ex : mastication bonbons, chewing-gum),

4. Sur l'oreille préalablement choisie pour débiter, on détermine le seuil auditif du patient sur 1000Hz en utilisant la méthode dite par encadrement combinant à la fois la méthode descendante et la méthode ascendante. Cela permet de bénéficier respectivement de la simplicité de l'une et de la précision de l'autre,
5. En remontant vers les fréquences aiguës jusqu'à 8000Hz, on explore par cette même méthode tous les seuils auditifs correspondants (2000, 3000, 4000, 6000 et 8000Hz),
6. Enfin, déterminer les seuils auditifs des fréquences graves jusqu'à 250Hz (750, 500 et 250Hz),
7. Le même procédé est ensuite appliqué sur l'autre oreille.

Pour remarque, on débute par la fréquence 1000Hz pour les raisons suivantes :

- ⇒ son seuil est considéré comme étant le plus fiable,
- ⇒ son audition ne surprend pas,
- ⇒ c'est la fréquence de référence en acoustique se situant au milieu du spectre d'audition.

Une fois l'examen tonal effectué et répondant au deuxième critère de sélection, c'est-à-dire avoir un seuil tonal liminaire ne dépassant pas 20dB HL entre 125 et 8000Hz, le protocole de tests se poursuit.

### **7.3 L'audiométrie vocale dans le silence**

Il faut ensuite vérifier l'intelligibilité du sujet ; une brève audiométrie vocale dans le silence est donc effectuée en binaural et en champ libre via le BioSoundSystem. Seules deux listes sont testées à 40dB SPL, cela permet de ne pas fatiguer la personne pour la suite des tests et de la familiariser à la voix. On explique au sujet le déroulement du test vocal par une phraséologie qui peut être la suivante : « *Vous allez maintenant répéter les mots, tels que vous les entendez et tels que vous les comprenez. Ces mots proviennent d'une voix masculine, chuchotée et assez monotone* ».

Une fois l'examen vocal effectué et répondant au troisième critère de sélection, c'est-à-dire avoir 90 à 100% de compréhension sur une des deux listes, on peut commencer à établir nos courbes de référence.

## 7.4 L'audiométrie vocale en milieu bruyant

### 7.4.1 Configuration

Quelque soit le matériel phonétique choisi, l'emplacement du signal utile et de la source de bruit sera la même :

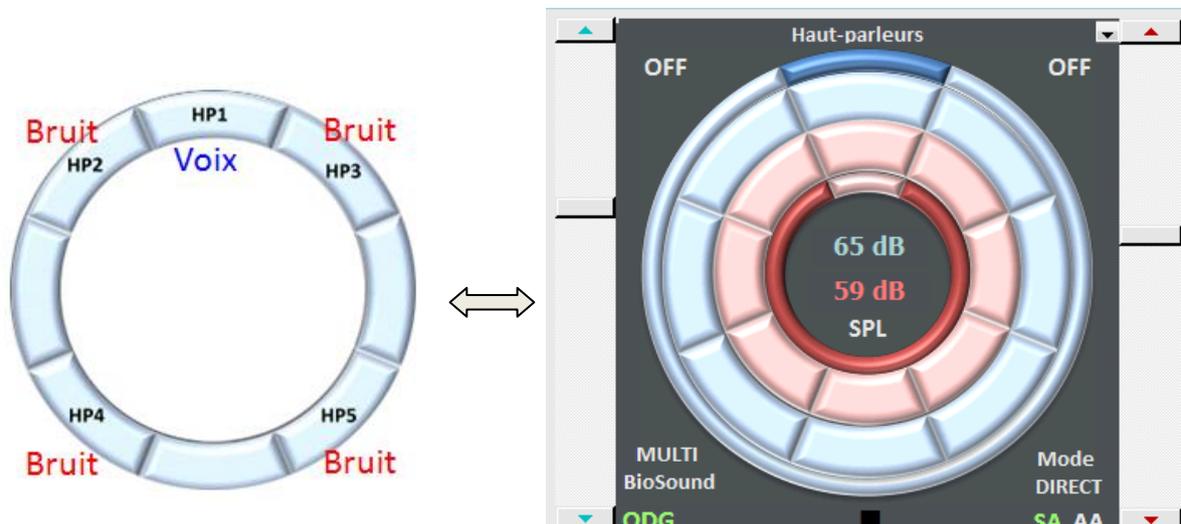


Figure 38 : Positionnement voix et bruit

Signal utile et bruit sont donc séparés avec l'utilisation du haut-parleur central pour l'émission du signal utile pendant que les quatre autres haut-parleurs diffusent l'OVG de Dodelé.

### 7.4.2 Mode opératoire

#### 7.4.2.1 Etapes

L'audiométrie vocale en présence de bruit s'effectue binauralement en champ libre via le BioSoundSystem. Bien que ce test puisse s'effectuer de différentes manières (exemple : signal et bruit fusionnés ou séparés, signal variable ou bruit variable), il paraît plus représentatif de faire varier l'intensité du bruit plutôt que celle du signal. En effet, le patient se retrouve plus souvent confronté à des situations sonores dans lequel le bruit varie (et non le signal vocal).

Pour chacun des sujets testés le mode opératoire fut le même :

1. Débuter le test par les logatomes de Dodelé puis faire les mots monosyllabiques et dissyllabiques de Fournier en terminant par les phrases de Combescure,

2. Pour chaque matériel phonétique précédemment cité, commencer par un RSB favorable à + 6dB afin de familiariser le sujet à l'épreuve avec le signal utile à 65dB SPL et l'OVG à 59dB SPL,
3. Diminuer ensuite ce rapport par pas de 3dB en augmentant proportionnellement l'intensité du bruit jusqu'à atteindre - 9dB de RSB (l'intensité de la voix reste fixe).

Niveau du signal (dB SPL)	Niveau du bruit (dB SPL)	RSB (dB)
65	59	+6
65	62	+3
65	65	0
65	68	-3
65	71	-6
65	74	-9

**Tableau 4 : RSB utilisés dans le cadre du protocole de test**

#### 7.4.2.2 Phraséologie

Expliquer le principe du test de manière intelligible est important. La présentation des consignes reste une étape essentielle au bon déroulement du test. Voici, selon le matériel vocal utilisé, les phraséologies employées :

- Pour les logatomes de Dodelé : « *Vous allez entendre des mots dont la particularité est de n'avoir aucune signification. Je vous demande tout simplement de répéter ce que vous avez entendu, même si vous n'avez entendu qu'une partie du mot. Ne cherchez donc pas à trouver un sens au mot. Nous allons commencer le test* »,<sup>[13e]</sup>
- Pour les mots mono et dissyllabiques de J.E Fournier : « *Vous allez maintenant répéter les mots, tels que vous les entendez et tels que vous les comprenez* »,
- Pour les phrases de Combescure : « *Vous allez maintenant répéter les phrases, telles que vous les entendez et telles que vous les comprenez* ».

#### 7.4.2.3 Remarques

Il importe également de prendre en compte le fait que, dans une même situation d'écoute, chaque liste doit présenter la même difficulté et doit aboutir au même score vocal. Malheureusement, certaines listes, telles que les mots monosyllabiques, les mots dissyllabiques de Fournier ainsi que les phrases de Combescure, ne répondent pas à ce critère essentiel.<sup>[13e]</sup> Seules les listes de logatomes de Dodelé sont équilibrées en difficulté.

Pour les autres matériels phonétiques, étant donné l'énorme impact de la suppléance mentale lorsque l'on utilise du matériel vocal avec signification, le score vocal en fonction du RSB nécessitera le passage de plusieurs listes par RSB si l'on veut obtenir une courbe fiable. C'est pourquoi, comme le préconisait J.E. Fournier dans les années 50, 4 listes par RSB seront testées. Toutefois, ne souhaitant pas dépasser 1h de test afin de ne pas fatiguer le sujet, les RSB +6dB et -9dB ne seront testés que par une seule liste. En effet, ce qui importe lors de l'élaboration d'une courbe est son allure. Il est à noter que cette règle ne fut applicable que pour les mots mono et dissyllabiques de Fournier puisque seules 10 listes de 10 phrases pour Combescure sont disponibles sur le BioSoundSystem.

On remarque ainsi que cette passation de test s'apparente à celle de l'AV<sub>f</sub>B de Dodelé effectuée en champ libre puisque l'on sépare signal et bruit en ne faisant varier que l'intensité du bruit par pas de 3dB. En revanche, la présentation des stimuli est différente puisqu'au test AV<sub>f</sub>B de Dodelé, un seul haut-parleur situé au dos du sujet délivre le bruit contre 4 pour notre protocole actuel. Cette différence nous amène ainsi à vouloir répondre à la 3<sup>ème</sup> problématique énoncée précédemment.

⇒ Un exemple de cas est disponible annexe 6 page 108.

## 8. RESULTATS STATISTIQUES ET DISCUSSION

### 8.1 Rappels mathématiques

Avant d'exposer les résultats de notre étude, il convient d'effectuer quelques brefs rappels mathématiques. Ces notions, présentées ci-dessous, permettront à chacun d'aborder et d'interpréter au mieux les courbes vocales établies selon le matériel vocal choisi.

#### 8.1.1 La moyenne arithmétique <sup>[43a]</sup>

La moyenne est la somme des valeurs obtenues  $x_i$  divisée par le nombre d'éléments.

$$\bar{X} = \frac{\sum_{i=1}^n x_i}{N}$$

- $N \rightarrow$  nombre d'éléments de l'ensemble,
- $x_i \rightarrow$  valeur du caractère  $x$  pour un élément  $i$  pris au hasard,
- $\sum x_i \rightarrow$  somme des valeurs du caractère  $x$  pour la totalité des éléments de l'ensemble.

#### 8.1.2 L'écart type <sup>[44]</sup>

L'écart type sert à mesurer la dispersion d'un ensemble de données. Plus il est faible, plus les valeurs sont regroupées autour de la moyenne. À l'inverse, plus il est important, plus les valeurs sont dispersées. Un écart type élevé peut éventuellement signaler l'existence d'une valeur aberrante.

$$\sigma = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n (x_i - \bar{X})^2}{N}}$$

- $\sigma \rightarrow$  écart type,
- $\bar{X} \rightarrow$  moyenne,
- $n_i \rightarrow$  effectifs.

### 8.1.3 Coefficient directeur [43b]

Enfin, dans le cadre d'une bonne interprétation vocale, il convient de déterminer la pente de la courbe, c'est-à-dire l'angle que forme la courbe sur l'axe des 50% d'intelligibilité. Par conséquent, il s'agit de calculer la pente de la tangente en ce point de la courbe par la formule suivante :

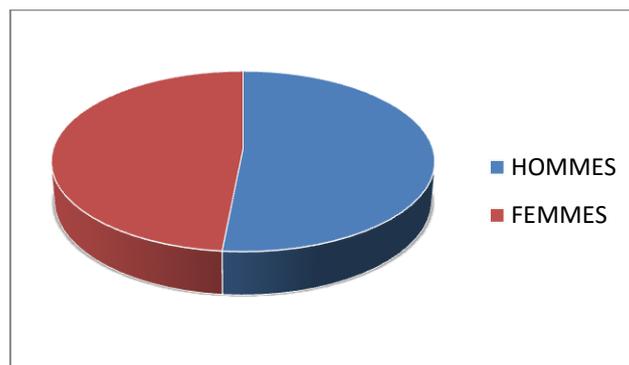
$$\tan \alpha_0 = \frac{\Delta y}{\Delta x}$$

$\Delta y$  → différence de valeurs en ordonnée,

$\Delta x$  → différence de valeurs en abscisse.

## 8.2 Statistiques descriptives de la population

Tout d'abord, il importe de disposer d'un nombre conséquent d'individus testés afin d'obtenir des résultats fiables et représentatifs. C'est pourquoi 33 personnes répondant aux 3 critères requis et précédemment énoncés furent testés. De plus, cette étude s'appuie sur une proportion équilibrée des deux sexes puisque notre échantillon se compose de 17 hommes et 16 femmes. Cette dernière remarque, bien qu'anecdotique, renforce la crédibilité de nos résultats.



*Figure 39 : Répartition de la population en fonction du sexe*

### 8.3 Résultats de l'étude

Dans un premier temps seront présentés, sous la forme d'un tableau, les scores d'intelligibilité pour chacun des sujets testés selon le RSB pratiqué. L'ensemble de ces scores permettra d'aboutir à une moyenne et à son écart type correspondant. Pour remarque, il convient de présenter ces valeurs sous la forme d'une même unité, le pourcentage, afin de comparer nos résultats d'un matériel vocal à l'autre.

Une courbe vocale de référence, à partir des moyennes obtenues, sera ensuite tracée sur un audiogramme vocal en milieu bruyant.

Enfin, il convient de commenter et d'interpréter à bon escient l'allure de la courbe avant d'indiquer les trois valeurs qui caractérisent cette courbe vocale à savoir :

1. le maximum d'intelligibilité,
2. le Seuil de Reconnaissance Vocale,
3. la pente de la courbe.

### 8.3.1 Résultats issus des logatomes de Dodelé

#### 8.3.1.1 Tableau de valeurs

RSB (dB) \ Sujet	6	3	0	-3	-6	-9
Hervé	88	96	80	66	70	22
Sophie	98	82	80	64	50	18
Capucine	100	92	88	74	50	32
Thomas	96	86	70	42	16	8
Antoine	94	86	84	62	24	10
Florence	92	88	80	72	36	12
Anaëlle	98	94	82	78	54	12
Aurélie	94	90	80	56	16	8
Charlotte	92	86	80	52	20	6
François	96	92	86	52	42	6
Elvire	96	94	88	50	50	24
Anne-Laure	92	90	88	56	22	4
Mérodie	100	88	88	64	20	0
Sébastien	86	86	82	60	30	16
Matthieu	96	92	80	62	36	2
Jonathan	100	90	88	44	18	2
Marie L.	100	96	92	70	48	20
Elodie	98	94	80	66	46	18
Murielle	96	96	90	58	34	10
Johan	100	96	92	74	60	28
Anthony	94	94	92	70	54	18
Thomas	100	90	90	68	40	18
Gauthier	96	88	82	72	44	14
Clément	100	82	84	70	66	8
Jocelyn	100	88	78	60	16	6
Pierrick	96	90	88	56	32	2
Claire P.	96	80	64	50	34	8
Adrien	96	96	82	76	36	2
Claire B.	100	98	94	54	20	4
Nicolas	98	100	88	72	50	16
Maël	100	92	84	54	62	18
Marina	100	96	90	64	58	16
Mari T.	98	90	82	70	48	20
Moyenne	96,55	90,85	84,12	62,36	39,45	12,36
Ecart type	3,58	4,82	6,32	9,43	15,84	8,12

**Tableau 5 : Pourcentage de compréhension, moyenne et écart type obtenus à partir des logatomes de Dodelé selon le RSB utilisé**

### 8.3.1.2 Courbe vocale de référence établie en milieu bruyant pour les logatomes de Dodelé

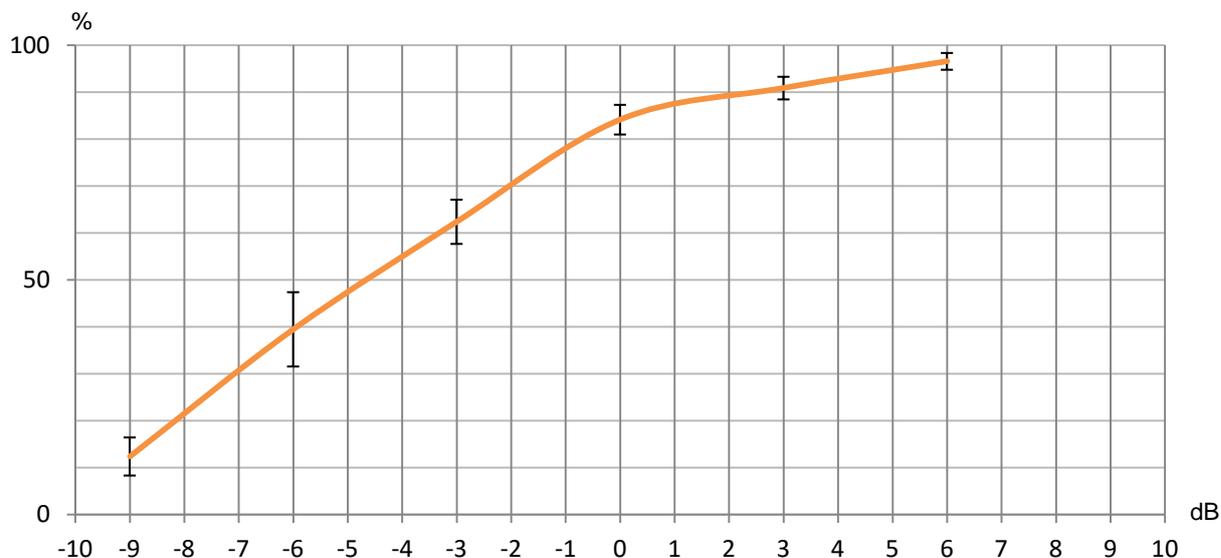


Figure 40 : Courbe vocale de référence établie en milieu bruyant pour les logatomes de Dodelé

### 8.3.1.3 Observations et interprétations

Cette première courbe de référence issue des logatomes de Dodelé, met en avant deux types de décroissance selon les RSB utilisés. Du RSB +6dB à 0dB, on constate que le normo-entendant obtient d'excellents résultats, notamment 96,55% à RSB +6dB et 90,85% à RSB +3dB, avec une décroissance linéaire peu prononcée. Ensuite, du RSB 0dB à -9dB, on remarque une dégradation d'intelligibilité plus marquée mais qui reste toujours linéaire. Sur les RSB négatifs importants, -6dB et -9dB, le normo-entendant obtient malgré tout des résultats convenables, respectivement 39,45% et 12,36%.

Ces observations s'expliquent par l'unité d'erreur pratiquée, le phonème. En effet, l'audioprothésiste note comme bonne réponse tout phonème correctement répété, même si le sujet ne perçoit qu'une partie du logatome, ou énonce un autre logatome. De plus, le locuteur masculin articule lentement chaque logatome rendant plus facile la discrimination des phonèmes. La plupart des sujets testés obtiennent donc des résultats convenables sur des RSB négatifs. C'est pourquoi sur le tableau de valeurs, une seule personne a obtenue 0% de compréhension à RSB -9dB.

Concernant les écarts types du tableau 5, excepté au RSB -6dB où celui-ci est de 15,84, les autres écarts types sont faibles traduisant peu de dispersion dans les valeurs et

donc des résultats plutôt fiables. Le fait d'avoir des écarts types plus élevés, sur les RSB négatifs, s'explique par des paramètres non maîtrisables, très variables et propres à chacun telle que l'attention, la fatigue et le stress.

De plus, la persévérance est un autre facteur important à prendre en compte puisque des personnes s'efforcent de répéter le moindre mot discernable tandis que d'autres désespèrent rapidement.

Voici présenté ci-dessous les 3 principales valeurs caractérisant cette courbe vocale de référence issue des logatomes de Dodelé :

- Maximum d'intelligibilité : 96,5% à RSB +6dB,
- SRV : RSB  $\approx$  - 4,5dB,
- Pente de courbe :  $= \frac{\Delta y}{\Delta x} = \frac{62,36 - 39,45}{3} \approx 7,64$ .

Ces valeurs permettent de rappeler d'une part, que le maximum d'intelligibilité demeure très élevé puisque le normo-entendant obtient en moyenne 96,5% à RSB +6dB. Cet excellent résultat, à première vue surprenant étant donné le nombre conséquent de personnes testés susceptibles de dégrader un tel score vocal, s'explique donc par une unité d'erreur peu exigeante : le phonème.

Le Seuil de Reconnaissance Vocale (=SRV) est, quant à lui, de -4,5dB. Cette valeur signifie que le normo-entendant perçoit correctement 50% des phonèmes issus de logatomes quand le niveau de bruit est 4,5dB plus élevé que la voix. Ce SRV démontre ainsi que le normo-entendant possède de bonnes facultés de discrimination des phonèmes lorsque le niveau d'émission du bruit ambiant prédomine sur celui de la parole.

Ce bon SRV s'accompagne d'une pente de courbe peu prononcée puisque celle-ci est de 7,64. Concrètement, cette valeur signifie que sur l'axe des 50% d'intelligibilité, la compréhension se dégrade de 7 à 8% pour une atténuation de 1dB de RSB.

Pour conclure, dans un environnement sonore où le niveau de bruit prédomine nettement sur celui de la parole, le normo-entendant perçoit des phonèmes.

### 8.3.2 Résultats issus des mots monosyllabiques de Fournier

#### 8.3.2.1 Tableau de valeurs

Sujet \ RSB (dB)	6	3	0	-3	-6	-9
Hervé	8	7	5,5	1	1,25	1
Sophie	7	6	5,5	4	0	0
Capucine	7	7,75	4,75	4	1,75	0
Thomas	9	5,5	3,75	1,75	2,25	0
Antoine	7	6	4	1,5	1,25	0
Florence	9	6	3,75	2,5	1,25	0
Anaëlle	9	6	5,5	3,75	2	1
Aurélie	7	7,25	4	2,75	0	1
Charlotte	9	5,5	4	3,25	2,5	1
François	8	6,25	5,25	2,5	0,5	0
Elvire	9,5	5	4,5	1,5	0,5	0
Anne-Laure	7	5,25	3,75	3	1,5	0
Mérodie	9	5	3,25	2,25	1,5	1
Sébastien	7	6,75	3,5	3	0,75	0
Matthieu	7	5,25	4	1,25	0,75	2
Jonathan	8	6,25	4,25	1,25	1,25	0
Marie L.	8	6	4	2,75	0,5	0
Elodie	9	6,75	3,75	2,25	1	0
Murielle	10	5	4,75	2,75	1	1
Johan	8	7,25	5,75	2,25	1	0
Anthony	9	6,25	5,25	2,5	0,75	0
Thomas	10	7,5	4,25	2,5	1,5	1
Gauthier	8	6,75	5	4	1	1
Clément	8	8	5	3,75	1,5	0
Jocelyn	7	6	6	2	0	0
Pierrick	8	6	5	2,5	1	1
Claire P.	10	6	5,5	3,5	1,5	1
Adrien	9	6	3,75	3,25	1,5	1
Claire B.	8	6,75	4,75	4,25	1,5	0
Nicolas	10	6,5	6	4,5	3	0
Maël	9	7,75	4,75	2,75	0,75	1
Marina	10	6,5	4,75	2,25	1,5	3
Marie T.	8	7,5	5	3,5	2	1
Moyenne	83,79	63,41	46,21	27,42	12,12	5,45
Ecart type	10,39	8,38	7,66	9,24	6,88	7,11

**Tableau 6 : Pourcentage de compréhension, moyenne et écart type obtenus à partir des mots monosyllabiques de Fournier selon le RSB utilisé**

### 8.3.2.2 Courbe vocale de référence établie en milieu bruyant pour les mots monosyllabiques de Fournier

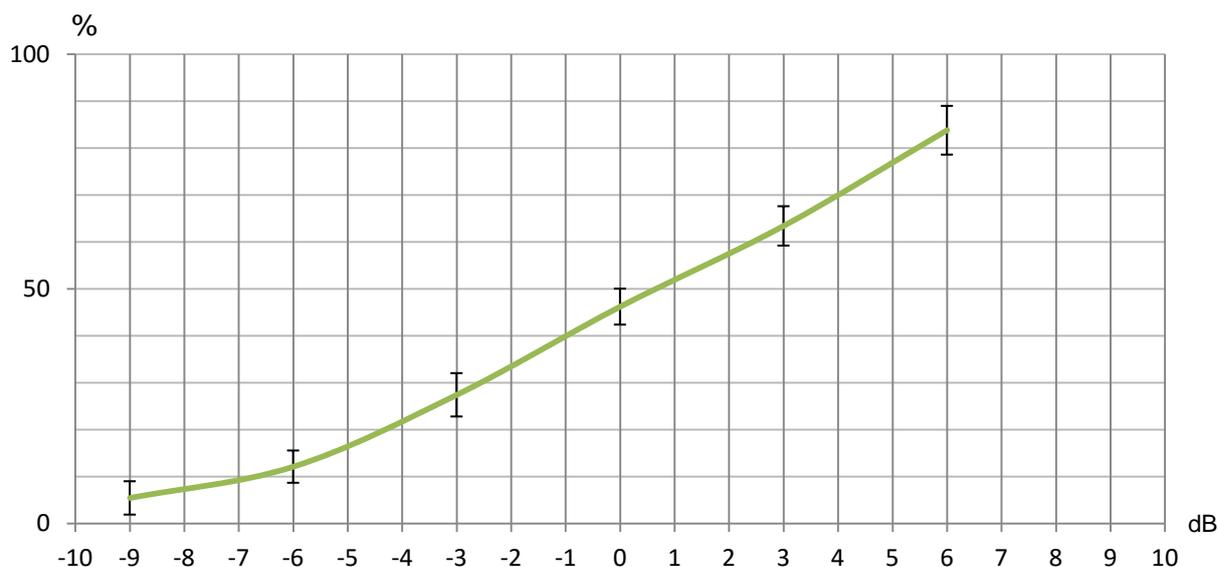


Figure 41 : Courbe vocale de référence établie en milieu bruyant pour les mots monosyllabiques de Fournier

### 8.3.2.3 Observations et interprétations

Cette deuxième courbe de référence, issue des mots monosyllabiques de Fournier, met en avant une décroissance peu marquée et linéaire du RSB +6dB au RSB -9dB. Cette dégradation régulière d'intelligibilité illustre cette difficulté constante à percevoir correctement des mots monosyllabiques et ce, quelque soit le RSB présent.

Cette complexité à obtenir de bons scores, notamment à des RSB qui semblent faciles tels que +6dB et +3dB, respectivement 83,79% et 63,41%, s'explique tout d'abord par l'unité d'erreur pratiquée qui est plus stricte à savoir : le mot. Contrairement au test effectué sur logatomes, l'audioprothésiste utilise ici le mot comme unité d'erreur. Par conséquent, la réponse est considérée comme erronée dès lors que le sujet testé ne répète pas correctement l'intégralité du mot et ce, même si plusieurs phonèmes ont été correctement perçus. Cette complexité à percevoir l'ensemble des phonèmes composant un mot s'explique en partie par les phonèmes composant la fin des mots. En effet, bon nombre d'entre eux constituant la fin d'un mot sont peu puissants en terme d'intensité et donc peu discernables. Prenons comme exemple le mot « tank » où la très grande majorité des personnes étaient incapables de discerner le « k » et répétait alors le mot « temps ». De plus, même s'il s'agit ici de mots signifiants, il manque l'article, ce qui perturbe et complique la suppléance mentale lorsque le sujet ne perçoit pas tous les phonèmes. Enfin, nombreux sont les mots qui portent à confusion tels que « lande, lange, lance, lente », le sujet s'imagine entendre

plusieurs fois un même mot et s'entête alors à répéter plusieurs fois ce terme ce qui engendre de nombreuses erreurs.

Il importe également de noter, tout comme les logatomes, la mise en jeu de facteurs non maîtrisables et propres à chacun : la persévérance, l'attention, la fatigue et le stress. De plus, comme il s'agit de mots signifiants, deux autres paramètres interviennent : la suppléance mentale et le champ lexical. Ces facteurs réunis agissent en synergie et expliquent des possibles variations des scores d'intelligibilité obtenus. Cependant, en visualisant les écarts types illustrés tableau 6, excepté le RSB +6dB où l'écart type est élevé puisqu'une seule liste est émise (10,39), les autres écarts types demeurent faibles. Il y a donc peu de dispersion de valeurs confirmant ainsi des résultats fiables.

Voici présenté ci-dessous les 3 principales valeurs caractérisant cette courbe vocale de référence issue des mots monosyllabiques de Fournier :

- Maximum d'intelligibilité : 83,78% à RSB +6dB,
- SRV : RSB  $\approx$  + 0,75dB,
- Pente de courbe :  $= \frac{\Delta y}{\Delta x} = \frac{63,41 - 46,21}{3} \approx 5,73.$

Ces valeurs permettent de rappeler d'une part, que le maximum d'intelligibilité est peu élevé puisque le normo-entendant obtient en moyenne 83,78% à RSB +6dB. Le normo-entendant a donc de réelles difficultés à percevoir correctement l'intégralité d'un mot monosyllabique en milieu bruyant et ce, même si le niveau de parole prédomine sur celui du bruit. Notons cependant que ce maximum d'intelligibilité est assez variable d'un normo-entendant à l'autre puisque l'écart type de 10,39 est considéré comme étant non négligeable.

Le Seuil de Reconnaissance Vocale (=SRV) est, quant à lui, de +0,75dB. Cette valeur signifie que le normo-entendant perçoit correctement 50% des mots monosyllabiques quand le niveau de parole est 0,75dB plus élevé que le bruit. Ce SRV démontre ainsi que lorsque le niveau de bruit prédomine sur celui de la parole, le normo-entendant ne perçoit correctement que très peu de mots monosyllabiques. La plupart du temps, seuls quelques phonèmes composant le mot seront correctement perçus.

Enfin, la pente de courbe est faible puisqu'elle se chiffre à 5,73. Cette faible décroissance justifie ainsi cette dégradation lente et progressive de l'intelligibilité comme énoncé précédemment. Concrètement, cette valeur signifie que sur l'axe des 50% d'intelligibilité, la compréhension se dégrade de 5 à 6% pour une atténuation de 1dB de RSB.

### 8.3.3 Résultats issus des mots dissyllabiques de Fournier

#### 8.3.3.1 Tableau de valeurs

Sujet \ RSB (dB)	6	3	0	-3	-6	-9
Hervé	10	10	6,75	5,5	3	0
Sophie	10	8	8,25	5	2	1
Capucine	10	10	10	4,75	1	0
Thomas	9	6,25	5,25	5	1	0
Antoine	10	7,75	6,75	5	2	0
Florence	9	9	7,25	4,25	1	0
Anaëlle	10	8,25	7	3,5	2	2
Aurélie	8	9,5	8	4	1	0
Charlotte	10	8,5	6,5	2	0,5	2
François	9	10	6,75	4,5	0,5	1
Elvire	9	8,25	7,25	4	0,75	0
Anne-Laure	10	9,75	8,25	3,25	1,25	0
Mérodie	10	8	5,25	2	2	0
Sébastien	10	7,5	6,75	3,5	0,75	1
Matthieu	9	8	6,75	2,25	1,25	0
Jonathan	9	7,75	6,75	2,75	0	0
Marie L.	10	8,5	6,5	0,75	1	0
Elodie	9	8,5	8,25	4,75	2,25	0
Murielle	10	10	7	2,5	0,25	0
Johan	9	8,75	8,5	4,25	1	0
Anthony	9	8,25	5,75	3,5	2	0
Thomas	10	8,75	8,25	3,75	2,5	0
Gauthier	9	9,25	7,75	4,75	1,5	1
Clément	9	9,75	8	3,5	1,5	1
Jocelyn	10	8,75	5,75	2	0,5	0
Pierrick	9	8,5	7	4,5	2	0
Claire P.	10	9,5	7,5	3,75	0,75	0
Adrien	10	9,75	8,5	5	3,75	1
Claire. B	9	9	6,5	4,75	1,5	0
Nicolas	10	9,75	8,25	4,5	2,25	0
Maël	10	9	9	6,25	3,25	0
Marina	10	8,75	9	6	1	0
Marie T.	10	9,75	7,5	3,25	0	0
Moyenne	95,45	88,18	73,48	39,09	14,24	3,03
Ecart type	5,64	8,87	11,02	12,48	9,09	5,85

*Tableau 7 : Pourcentage de compréhension, moyenne et écart type obtenus à partir des mots dissyllabiques de Fournier selon le RSB utilisé*

### 8.3.3.2 Courbe vocale de référence établie en milieu bruyant pour les mots dissyllabiques de Fournier

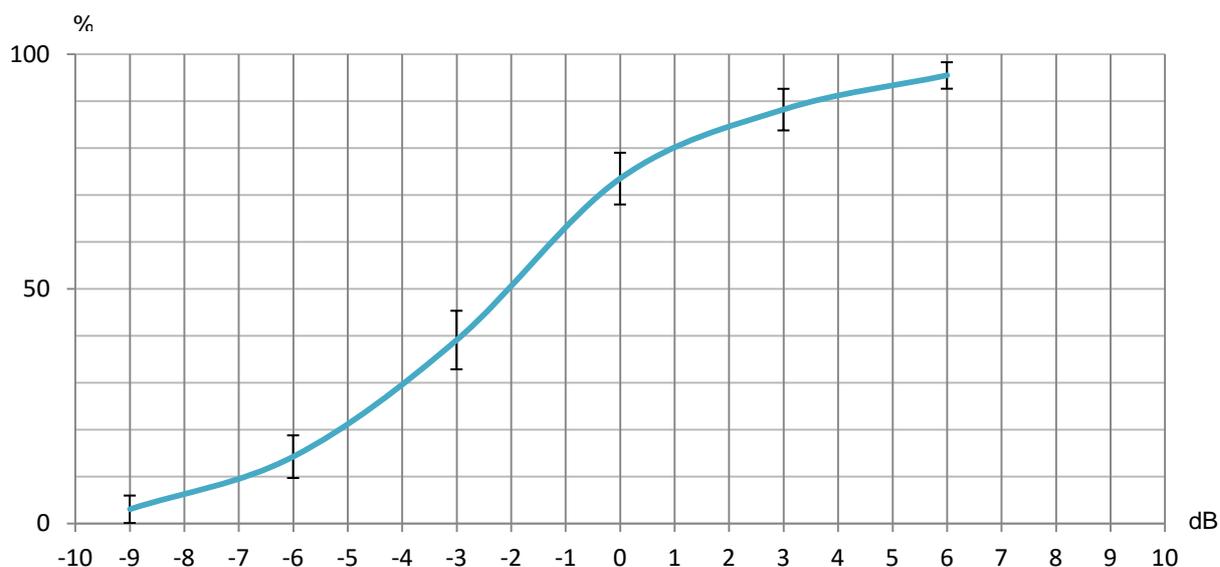


Figure 42 : Courbe vocale de référence établie en milieu bruyant pour les mots dissyllabiques de Fournier

### 8.3.3.3 Observations et interprétations

Cette troisième courbe de référence, issue des mots dissyllabiques de Fournier est d'allure comparable à celle obtenue dans le silence. En effet, cette courbe comporte une allure en « S » mais plus allongée qu'au calme.

On a donc une décroissance d'intelligibilité peu prononcée sur les RSB positifs, +3dB et +6dB avant que celle-ci ne se dégrade de façon significative sur les RSB négatifs. Le normo-entendant obtient donc d'excellents résultats RSB à +6dB et +3dB, respectivement 95,5% et 88,2% de compréhension. Cette faculté à obtenir ces bons scores s'explique en partie par une suppléance mentale beaucoup plus présente sur des listes de mots dissyllabiques que monosyllabiques. En effet, plus le nombre de phonèmes constituant le mot sera élevé, plus il sera facile de le deviner, même si on ne perçoit qu'une partie du mot. De plus et contrairement aux mots monosyllabiques, la présence de l'article permet de renforcer cet aspect cognitif.

La décroissance est ensuite plus prononcée à partir du RSB 0dB. Cette dégradation significative d'intelligibilité, montre que la suppléance mentale ne suffit plus à compenser ce manque de compréhension engendré par le bruit. Le normo-entendant a donc de réelles difficultés à comprendre l'intégralité d'un mot dissyllabique lorsque le bruit prédomine sur la parole, notamment à partir d'un RSB à -3dB où moins d'un mot sur deux sera correctement perçu.

De plus, il importe de souligner la présence d'écart types non négligeables sur les RSB 0dB et -3dB, respectivement 11,02 et 12,48. Cette dispersion de valeurs s'explique à nouveau par la mise en jeu des facteurs non maîtrisables et propres à chacun tels que le champ lexical, la suppléance mentale, la persévérance, l'attention, la fatigue ou encore le stress.

Voici présenté ci-dessous les 3 principales valeurs caractérisant cette courbe vocale de référence issue des mots dissyllabiques de Fournier :

- Maximum d'intelligibilité : 95,45% à RSB +6dB,
- SRV : RSB  $\approx$  -2dB,
- Pente de courbe :  $= \frac{\Delta y}{\Delta x} = \frac{73,48 - 39,09}{3} \approx 11,46$

Le maximum d'intelligibilité, chiffré à 95,45%, est donc élevé. Comme énoncé précédemment, cet excellent résultat s'explique par une suppléance mentale beaucoup plus efficace étant donné que chaque mot se compose de plusieurs syllabes.

Le Seuil de Reconnaissance Vocale (=SRV) est, quant à lui, de -2dB. Cela signifie que le normo-entendant perçoit correctement un mot dissyllabique sur deux lorsque le niveau de bruit est 2dB plus élevé que la voix. La suppléance mentale et le champ lexical sont les deux principaux facteurs permettant la compréhension des mots dissyllabiques en milieu bruyant.

Ce SRV s'accompagne d'une pente de courbe prononcée puisque celle-ci est 11,46. Concrètement, cette valeur signifie que sur l'axe des 50% d'intelligibilité, la compréhension se dégrade de 11 à 12% pour une atténuation de 1dB de RSB.

### 8.3.4 Résultats issus des phrases de Combescure

#### 8.3.4.1 Tableau de valeurs

Sujet \ RSB (dB)	6	3	0	-3	-6	-9
Hervé	8	10	4	1	2	0
Sophie	10	8	6	2	0	0
Capucine	9	7	5	2	1	0
Thomas	8	9	3	2	0	0
Antoine	10	9	2	3	0	0
Florence	9	7	4	2	0	0
Anaëlle	10	9	4	2	0	0
Aurélie	7	6	4	0	0	0
Charlotte	9	8	2	0	1	0
François	10	8	3	0	1	0
Elvire	8	8	5	4	0	0
Anne-Laure	9	8	3	2	0	0
Mérodie	10	6	7	1	0	0
Sébastien	9	7	2	3	1	0
Matthieu	10	9	5	1	0	0
Jonathan	9	7	3	0	0	0
Marie L.	9	6	8	0	0	0
Elodie	8	7	2	0	0	0
Murielle	10	8	3	1	0	0
Johan	9	8	7	3	0	0
Anthony	8	8	4	1	0	0
Thomas	10	10	2	5	1	0
Gauthier	10	10	8	6	2	0
Clément	9	10	7	1	0	0
Jocelyn	9	9	4	1	0	0
Pierrick	10	7	2	2	0	0
Claire P.	10	5	2	0	0	0
Adrien	10	9	4	3	0	0
Claire B.	10	9	7	4	0	0
Nicolas	10	9	8	2	1	0
Maël	10	9	7	2	0	0
Marina	10	8	5	2	1	0
Marie T.	9	8	8	3	1	0
Moyenne	92,73	80,61	45,45	18,48	3,64	0
Ecart type	8,39	12,73	20,93	15,03	6,03	0

**Tableau 8 : Pourcentage de compréhension, moyenne et écart type obtenus à partir des phrases de Combescure selon le RSB utilisé**

### 8.3.4.2 Courbe vocale de référence établie en milieu bruyant pour les phrases de Combescure

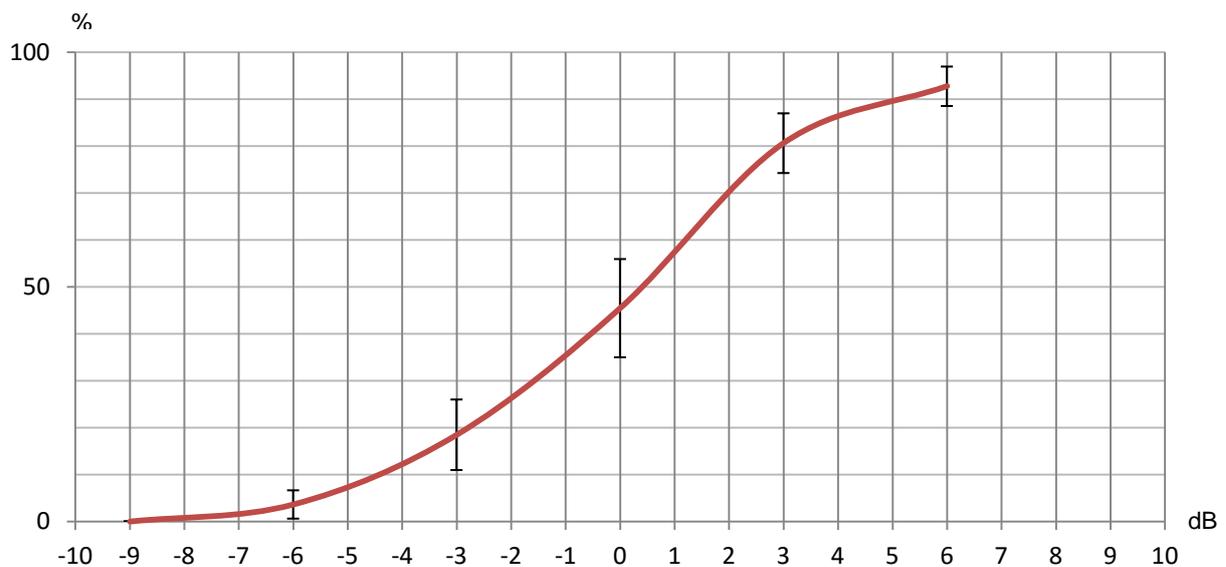


Figure 43 : Courbe vocale de référence établie en milieu bruyant pour les phrases de Combescure

### 8.3.4.3 Observations et interprétations

La courbe vocale de référence, issue des phrases de Combescure et illustrée figure 43, est d'allure comparable à celle obtenue sur listes de mots dissyllabiques de Fournier.

Tout d'abord, malgré une unité d'erreur beaucoup plus sévère que les autres matériels phonétiques précédemment cités, ici la phrase, le normo-entendant parvient à obtenir de bons résultats sur les deux premiers RSB testés. En effet, 92,73% et 80,61% d'intelligibilité étant obtenus sur les RSB +3dB et +6dB. On considère que le normo-entendant comprend sans difficulté l'intégralité d'une phrase énoncée quand le niveau de voix prédomine sur le niveau de bruit ambiant. Par conséquent, sur les RSB positifs, la décroissance d'intelligibilité est peu prononcée.

En revanche, du RSB +3dB à -9dB, on remarque une dégradation très marquée de l'intelligibilité jusqu'à ne plus comprendre l'intégralité d'une phrase à RSB -9dB. Ce déclin s'explique par une unité d'erreur pratiquée beaucoup plus sévère : la phrase. Ainsi, pour chaque liste testée comportant 10 phrases chacune, 10% d'intelligibilité supplémentaire sera attribuée au sujet dès lors que ce dernier répète correctement une phrase. Autrement dit, la réponse est considérée comme erronée dès lors que le sujet testé ne répète pas correctement l'intégralité d'une phrase et ce, même si plusieurs mots ou phonèmes ont été correctement perçus. Cette sévérité de notation explique ce déclin soudain d'intelligibilité

puisque plus l'unité de test employée est grande, plus grand est le risque pour le sujet testé de faire des erreurs et d'obtenir un faible score d'intelligibilité.

Contrairement aux autres courbes précédemment décrites, l'écart type est plus prononcé notamment sur le RSB +3dB, 0dB et -3dB, respectivement 12,73, 20,93 et 15,03. Plusieurs facteurs permettent d'expliquer cette dispersion de valeurs :

- Tout d'abord, il convient de prendre en compte l'impossibilité de tester plusieurs listes pour chaque RSB pratiqué. En effet et comme énoncé précédemment, il était convenu de ne pas dépasser une heure de test pour l'ensemble de notre protocole afin de ne pas trop fatiguer notre sujet sous peine d'obtenir des valeurs aberrantes. A ce souhait, il importe également de rappeler que les listes vocales sélectionnées et approuvées par le « Collège National d'Audioprothèse » ne mettent à disposition que les 10 premières listes de Combescure. De ce fait, il était impossible de tester 4 listes de 10 phrases pour chaque RSB employé.
- De plus, les listes de phrases sont assez déséquilibrées entre elles. Prenons comme exemple deux phrases qui sont les suivantes : « Le facteur va porter le courrier » (liste 3, 3<sup>ème</sup> phrase) et « A la hâte, le métayer ensilait ses récoltes avant l'hiver » (liste 4, 9<sup>ème</sup> phrase). La première citée sera bien évidemment plus facile à répéter car elle est moins longue et dispose d'un vocabulaire usuel. Par opposition, la deuxième phrase est composée d'un lexique plus complexe ne rentrant pas systématiquement dans le champ lexical du sujet. Cette remarque explique en partie l'impossibilité chez un patient à répéter correctement la totalité d'une phrase à RSB +6dB, si cette dernière s'avère être complexe.
- Rappelons également que bon nombre de facultés propres à chacun et donc très variable d'un individu à l'autre rentrent en jeu tels que le champ lexical, la suppléance mentale, la persévérance, l'attention, la fatigue ou encore le stress. A cela s'ajoute un autre facteur typique de ce type de matériel vocal qui est la mémoire. Ce paramètre, rajouté aux autres facteurs, explique ainsi ces dispersions de valeurs et par conséquent un écart type élevé aux RSB négatifs.

Voici présenté ci-dessous les 3 principales valeurs qui caractérisent cette courbe vocale de référence issue des phrases de Combescure :

- Maximum d'intelligibilité : 92,73% à RSB +6dB,
- SRV : RSB  $\approx$  +0,5dB,
- Pente de courbe :  $= \frac{\Delta y}{\Delta x} = \frac{80,61 - 45,45}{3} \approx 11,72.$

Comme évoqué précédemment, au RSB +6dB, le maximum d'intelligibilité est correct et atteint 92,73%. Rappelons qu'un tel score n'était pas forcément attendu étant donné l'unité d'erreur employé : la phrase.

Cette sévérité de notation s'illustre très rapidement puisque le Seuil de Reconnaissance Vocale (=SRV) est positif à +0,5dB. De ce fait, seule une phrase sur deux est correctement perçue dans son intégralité lorsque parole et bruit sont à peu près au même niveau. Dans un tel environnement sonore, la compréhension d'un normo-entendant se démarquera d'un autre selon ses facultés notamment la suppléance mentale, le champ lexical et la mémoire.

Ce SRV s'accompagne d'un déclin d'intelligibilité très marqué avec une pente de courbe chiffrée à 11,72. Concrètement, sur l'axe des 50% d'intelligibilité, la compréhension se dégrade de 11 à 12% pour une atténuation de 1dB de RSB. Par conséquent, lorsque le niveau de bruit ambiant devient de plus en plus perturbant, le normo-entendant doit trouver des solutions pour suivre la conversation : privilégier l'aspect visuel et s'éloigner des sources de bruit parasites.

## 8.4 Réponses aux problématiques

### 8.4.1 Problématique n°1 : Chez le normo-entendant, quelles courbes d'intelligibilité vocale de référence obtenons-nous en milieu bruyant selon le matériel vocal utilisé ?

Voici présenté ci-dessous, sur un même graphique, les 4 courbes d'intelligibilité vocale de référence établies en milieu bruyant selon le matériel phonétique utilisé :

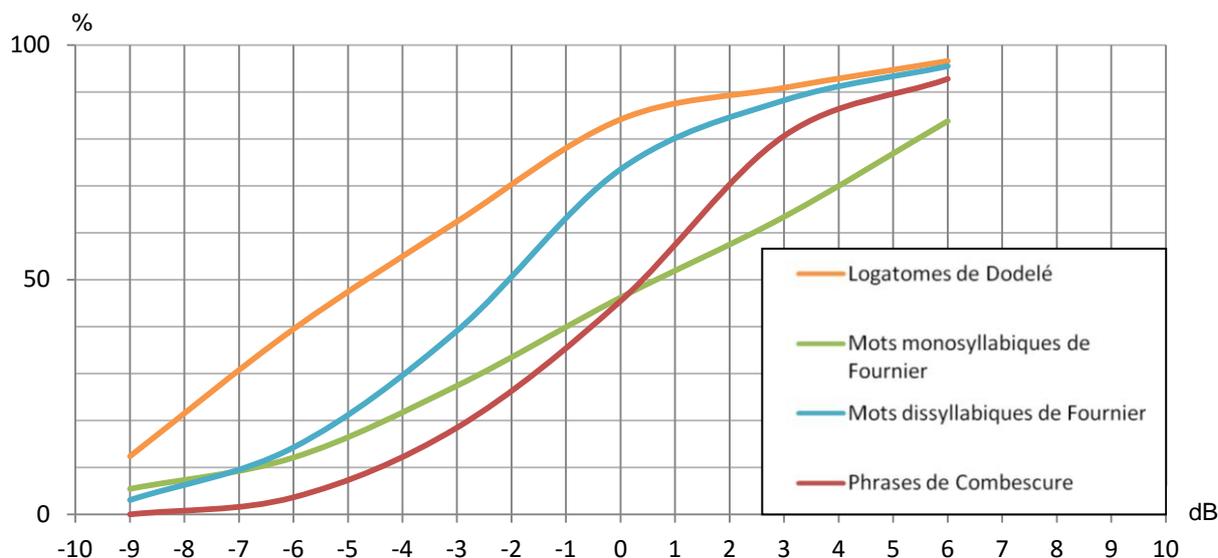


Figure 44 : Courbes d'intelligibilité vocale de référence établies en milieu bruyant en fonction du type de matériel vocal utilisé

Récapitulatif :

	RSB +6dB : Maximum d'intelligibilité	SRV	Pente de la courbe : coefficient directeur
Logatomes de Dodelé	96,5%	-4,75	7,64
Mots monosyllabiques de Fournier	83,78	+0,75	5,73
Mots dissyllabiques de Fournier	95,45%	-2	11,46
Phrases de Combescure	92,73	+0,5	11,72

Tableau 9 : Synthèse selon le matériel vocale utilisé

Ces 4 courbes, représentées sur un seul et même audiogramme vocal permettent de confirmer notre première hypothèse énoncée page 49 à savoir que l'on obtient bien des courbes désordonnées. Cette constatation s'explique par l'unité de test qui n'est pas la même selon le matériel vocal employé. En effet, même si une phrase n'est pas totalement compréhensible en milieu bruyant, des mots voire des phonèmes seront perçus. C'est la courbe vocale de référence issue des logatomes de Dodelé qui est nettement supérieure à

celle issue des mots mono ou dissyllabiques de Fournier et à celle issue des phrases de Combescure.

Ainsi, comme l'indique cette synthèse illustrée tableau 9, le maximum d'intelligibilité et le SRV sont meilleurs pour la courbe vocale de référence issue des logatomes de Dodelé, respectivement 96,5% et -4,75dB.

Enfin, ce tableau permet de répondre à notre deuxième hypothèse également énoncée page 49 puisque la courbe d'intelligibilité issue des phrases de Combescure est effectivement plus inclinée que les autres courbes puisque l'unité d'erreur pratiquée est beaucoup plus sévère. Cependant, il est à noter que la pente de la courbe vocale de référence sur listes de mots dissyllabiques de Fournier est tout aussi prononcée.

#### 8.4.2 Problématique n°2 : la suppléance mentale intervient-elle de façon significative ?

Ces 4 courbes de référence, illustrées sur un même graphique, figure 44, ne permettent pas de savoir si la suppléance mentale intervient significativement ou pas. En effet, comme énoncé sur l'une des hypothèses, l'unité d'erreur pratiquée n'est pas la même selon le matériel phonétique employé et donc chaque courbe obtenue comporte des caractéristiques qui lui sont propres. C'est pourquoi la courbe issue des logatomes, ne faisant pas intervenir la suppléance mentale mais utilisant le phonème comme unité de test, est plus performante que celle des phrases où l'unité d'erreur est la phrase.

Pour répondre à cette question, il faudrait utiliser le même système de notation à savoir le phonème. Initialement, nous souhaitions répondre à cette problématique en notant le moindre phonème erroné. Mais, après avoir testé bon nombre de normo-entendants, on constate que la notation des erreurs est trop approximative, notamment pour les phrases. Pour éventuellement répondre à cette problématique, il faudrait disposer de phrases plus courtes que celles de Combescure, plus équilibrées en terme de difficulté, de nombre de phonèmes et plus couramment employées au quotidien.

Ces nombreuses réflexions nous amènent à remettre en question les courbes vocales de référence établies au calme par J.E. Fournier, illustrées figure 45 (voir paragraphe 3.4). En effet, on constate que plus la suppléance mentale est sollicitée, meilleure est la compréhension. On est donc en droit de se demander quelle fut l'unité d'erreur pratiquée.

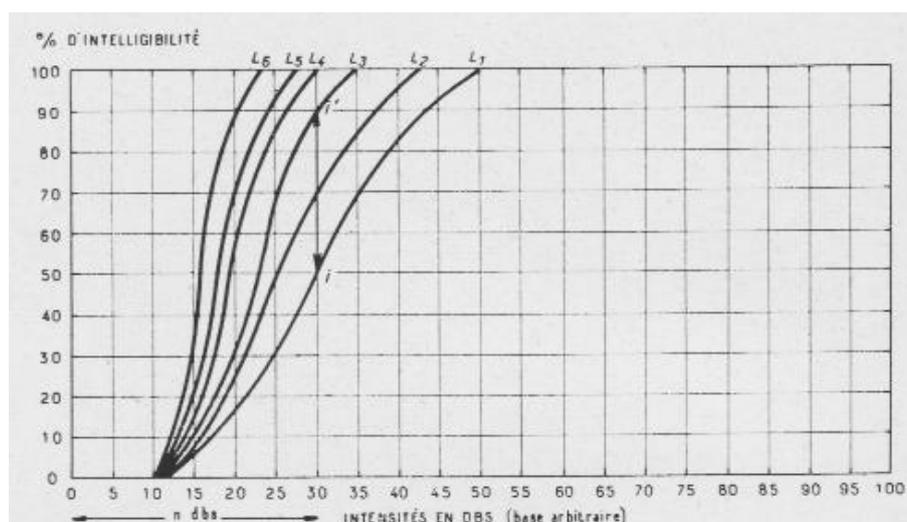


Figure 45 : Courbes d'intelligibilité vocale de référence établies en milieu calme en fonction du type de matériel vocal utilisé [26]

### 8.4.3 Problématique n°3 : La courbe vocale de référence issue des logatomes de Dodelé sera-t-elle comparable à celle effectuée sur le test AV<sub>f</sub>B de Dodelé ?

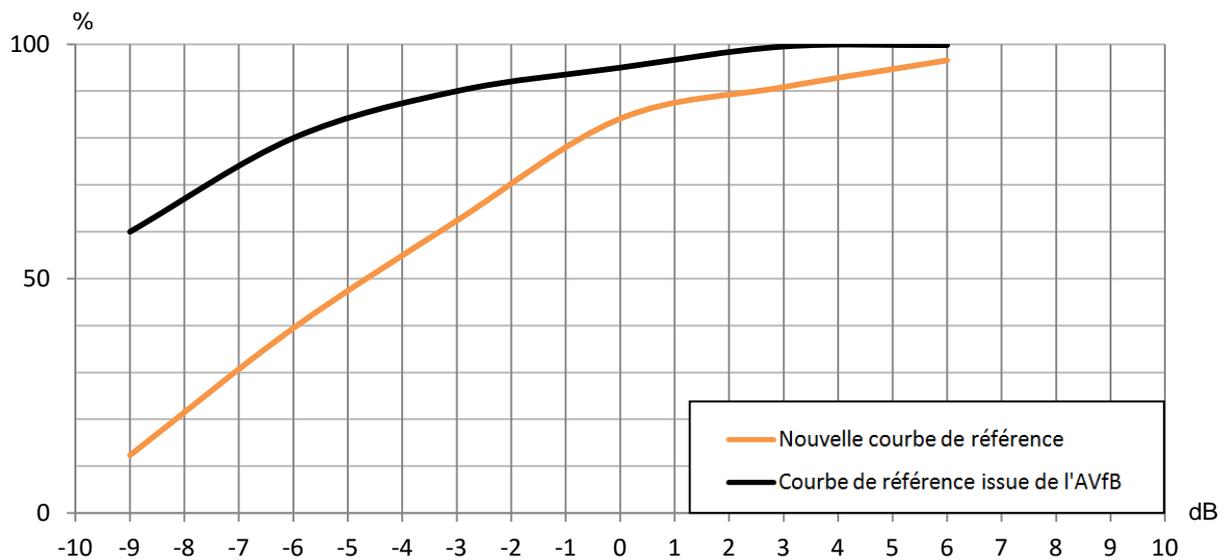


Figure 46 : Comparaison de deux courbes vocales de référence issues des logatomes de Dodelé

On constate que ces deux courbes sont sensiblement différentes. Plusieurs remarques permettent d'expliquer cette dissemblance :

- Tout d'abord la présentation des stimuli qui n'est pas la même. Au test AV<sub>f</sub>B de Dodelé, un seul haut-parleur situé au dos du sujet délivre le bruit perturbant contre 4 pour notre protocole actuel. Cette différence de configuration explique la présence de meilleurs résultats au test AV<sub>f</sub>B de Dodelé sur les RSB négatifs. En effet, il est bien plus difficile de discerner la voix lorsque plusieurs sources de bruit perturbent le signal vocal. C'est pourquoi aux RSB -6dB et -9dB, le normo-entendant obtient respectivement 80% et 60% d'intelligibilité au test AV<sub>f</sub>B de Dodelé contre 39,45% et 12,36% lorsque 4 sources de bruit perturbent le sujet testé.
- Enfin et selon les dires de Monsieur Léon Dodelé, cette courbe de référence fut établie au début des années 90 donc on suppose que le matériel utilisé n'était pas le même.

## 8.5 Synthèse

Ce travail de recherche a donc pour objectif d'aider et d'encourager chaque audioprothésiste à pratiquer l'audiométrie vocale dans le bruit, tant au niveau du bilan d'orientation que du contrôle d'efficacité prothétique immédiat et permanent.

Il sera désormais possible d'objectiver les difficultés de compréhension du patient vis-à-vis du normo-entendant et ce, quelque soit le matériel phonétique employé. Le fait d'avoir commenter et interpréter ces différentes courbes permettra ainsi à chacun de comparer et d'expliquer au mieux les résultats du malentendant.

Cependant, il importe de rappeler que ces courbes ont été élaborées selon une configuration, un type de bruit et un logiciel spécifique. Exploiter ces courbes en utilisant un autre type de bruit et en disposant d'une configuration d'haut-parleurs différente n'aurait donc aucun sens.

Cette étude incite également chacun à poursuivre ces travaux concernant l'audiométrie vocale dans le bruit. En effet, après avoir effectué de telles recherches, de nombreuses questions s'ouvrent à nous telles que :

1. *Peut-on quantifier l'amélioration de la compréhension en milieu bruyant par le seul apport de la lecture labiale, qui est un paramètre non négligeable dans le bruit ?*

⇒ En effet, il serait intéressant de quantifier l'apport de l'aspect visuel en comparant les pourcentages de compréhension obtenus en milieu calme vis-à-vis de ceux obtenus en milieu bruyant. Des études peuvent ainsi être effectuées sur le normo-entendant, sur le malentendant, selon l'ancienneté de la surdité ... etc.

2. *Est-il possible d'anticiper les perspectives de compréhension dans le bruit d'un patient appareillé ?*

⇒ Prévoir les capacités de compréhension du malentendant appareillé dans le bruit permettrait ainsi à l'audioprothésiste de mieux accompagner le patient dans sa rééducation prothétique. Ce dernier prendra ainsi conscience des carences présentes et des possibilités de réhabilitation à venir.

# CONCLUSION

Par ce mémoire, nous avons voulu traiter de la pratique courante de l'audiométrie vocale en milieu bruyant. Ce travail aboutit à plusieurs choses :

- Inciter chaque professionnel de l'audition à s'intéresser à la pratique courante de l'audiométrie vocale en milieu bruyant, tant au niveau du bilan d'orientation que du contrôle d'efficacité prothétique immédiat et permanent.
- Mieux comprendre et interpréter les capacités de compréhension dans le bruit du patient, via les courbes vocales de référence établies,
- Mettre prochainement à disposition ces 4 courbes de référence sur le logiciel BioSoundSystem. Ainsi, selon le matériel vocal employé, la courbe vocale de référence correspondante apparaîtra sur l'audiogramme vocal établi en milieu bruyant.

# Bibliographie

- [1] Lasry Y., BioSoundSystem version 3.0, audiogramme issu de la page d'accueil
- [2] Ducourneau J., Cours magistral sur le traitement du signal : Utilisation du logiciel SPECTRAPLUS, Diplôme d'Etat d'Audioprothèse 3<sup>ème</sup> année, Faculté de Pharmacie de Nancy, 2011/2012  
a : p 3 à 4 - p 12  
b : p 9
- [3] Définition linguistique de la parole, Dictionnaire Le Petit Larousse, Grand format, 1995, p 749
- [4] Bonneau A., Cours magistral de phonétique, Diplôme d'Etat d'Audioprothèse 2<sup>ème</sup> année, Faculté de Pharmacie de Nancy, 2010/2011
- [5] Nefti S., « Segmentation automatique de parole en phones. Correction d'étiquetage par l'introduction de mesures de confiance », Thèse présentée en vue de l'obtention du grade de Docteur de l'Université de Rennes 1, soutenue le 16/12/2001, p 3 à 4
- [6] Collège National d'Audioprothèse, Précis d'Audioprothèse : Production, phonétique acoustique et perception de la parole, édition Masson, 2008  
a : p 1  
b : p 257  
c : p 223 à 236 – p 259 – p 271 – p 285 à 286  
d : p 223  
e : p 236 à 249 - p 289  
f : p 243  
g : p 288 à 290
- [7] Site internet : <http://www.linternaute.com/science/biologie/dossiers/06/0608-langage/4.shtml>
- [8] Lantin P., Cours magistral sur la Compression, Diplôme d'Etat d'Audioprothèse 2<sup>ème</sup> année, Faculté de Pharmacie de Nancy, 2010/2011
- [9] Lasry Y., E.P.U. 2011 – Presbyacousie, 4<sup>ème</sup> âge et surdité – audiométrie vocale dans le bruit- cas particulier du quatrième âge,  
a : PowerPoint p 9  
b : PowerPoint p 18  
c : PowerPoint p 14

[10] Site internet : [www.sante-securite-paca.org/risques\\_prevention/agents.../bruit.pdf](http://www.sante-securite-paca.org/risques_prevention/agents.../bruit.pdf), pourquoi réduire le bruit en entreprise, document pdf. p 3

[11] Site internet : <http://www.afsset.fr/index.php?pageid=696&ongletlstd=636>, quels paramètres peuvent accentuer la nocivité du bruit ?

[12] Site internet : <http://peutz.fr/index.php?page=lacoustique&cat=definitions&def=bruitrose>

[13] Collège National d'Audioprothèse, Précis d'Audioprothèse, l'appareillage de l'adulte, Tome 3, le contrôle d'efficacité prothétique, les éditions du Collège National d'Audioprothèse, 2007

a : p 174 à 175

b : p 171 à 174

c : p 113

d : p 105 à 107

e : p 167 à 181

f : p 75 à 83

[14] Deneulin M. & Renard E., Décalage temporel interaural et discrimination de la parole dans le bruit, Mémoire présenté en vue de l'obtention des diplômes d'ingénieur civil biomédical & en mathématiques appliquées, 2010/2011, p 13

[15] Tricoche J., Influence de l'âge dans la perception des logatomes dans le bruit chez les normo-entendants, Mémoire soutenu en vue de l'obtention du Diplôme d'Etat d'Audioprothèse, Ecole de Fougères, 2010

a : p 37

b : p 40

c : p 69

[16] Dutel M., Cours magistral sur la Lecture Labiale chez l'adulte devenu sourd, Diplôme d'Etat d'Audioprothèse 3<sup>ème</sup> année, Faculté de Pharmacie de Nancy, 2011/2012

[17] Collège National d'Audioprothèse, Précis d'Audioprothèse, l'appareillage de l'adulte, Tome 1 Nouvelle Edition, le Bilan d'Orientation Prothétique, les éditions du Collège National d'Audioprothèse, 2007

a : p 186 à 188

b : p 193

c : p 200

d : p 201

e : p 197 à 205

f : p 205 à 217

g : p 58

h : p 68

i. p. 87-91

[18] Site internet : <http://www.med.univ-rennes1.fr/sisrai/dico/923.html>

[19] Fournier J.E., Audiométrie vocale, les épreuves d'intelligibilité et leurs applications au diagnostic, à l'expertise et à la correction prothétique des surdités, Paris VI, édition Maloine, 1951

a : p 16 à 27

b : p 31 à 32

c : p 18 à 24

d : p 16 à 17

e : p 20

f : p 22

g : p 51

h : p 34 à 39

[20] Bottero M., Heyde C., Lurquin P., Acouphène et attention auditive, les Cahiers de l'Audition, volume 23, Numéro 1, Janvier-Février 2010, p 28 à 34

[21] Gnansia D., intelligibilité dans le bruit et démasquage de la parole chez les sujets normo-entendants, malentendants et implantés cochléaires, les Cahiers de l'Audition, volume 22, Numéro 6, Novembre-Décembre 2009, p 9 à 37

[22] Parietti-Winckler C., Cours magistral sur l'Audiométrie Tonale Liminaire, Diplôme d'Etat d'Audioprothèse 1<sup>ère</sup> année, Faculté de Pharmacie de Nancy, 2009/2010

[23] Adam A., Le test syllabique égalisé ou non égalisé en intensité : étude comparative dans le silence et dans le bruit, les Cahiers de l'Audition, volume 22, Numéro 5, Septembre-Octobre 2009, p 17

[24] Virole B., Psychologie de la surdité, édition de boeck, 2004, p 136

[25] Legent F., Bordure P., Calais C., Malard O., Audiologie pratique, Manuel pratique des tests de l'audition, 2<sup>ème</sup> édition, Masson, 2002

a : p 49

b : p 49 à 51

c : p 53 à 55

d : p 17 à 19

[26] Roy T., Du bon usage de l'audiométrie vocale, les Cahiers de l'Audition, volume 24, Numéro 2, Mars-Avril 2011, p 38 à 42

[27] SFA, Le Guide de Bonnes Pratiques en Audiométrie de l'Adulte, 2006

a : p 12

b : p 30

[28] Portmann M. & C., Précis d'audiométrie clinique, 5<sup>ème</sup> édition, Masson, 1978, p 77

[29] Lasry Y., EPU 2011 – une étape essentielle du bilan d'orientation prothétique pour le 4<sup>ème</sup> âge : l'audiométrie vocale dans le bruit, les Cahiers de l'Audition, volume 25, Numéro 3, Mai-Juin 2012, p 26 à 30

[30] Couespel M.J., Cours magistral sur l'électronique appliquée à l'audioprothèse, Diplôme d'Etat d'Audioprothèse 2<sup>ème</sup> année, Faculté de Pharmacie de Nancy, 2010/2011

a : multimicrophones p 3 à 4

b : corrélation entre données techniques et audiologiques p 1 à 3

[31] Bourquin M., Rééquilibrage des listes de Fournier, Mémoire soutenu en vue de l'obtention du Diplôme d'Etat d'Audioprothèse, Faculté de Pharmacie de Nancy, 2007, p 5

[32] Site internet : <http://www.biap.org/fr/recommandations/65-ct-2-classification-des-surdites/5-recommandation-biap-021-bis>

[33] Site internet : <http://www.neuroreille.com/promenade/francais/explo/fexplo.htm>

[34] Collège National d'Audioprothèse, Précis d'Audioprothèse, l'appareillage de l'adulte, Tome 3, le contrôle d'efficacité prothétique, les éditions du Collège National d'Audioprothèse, 2007, champ auditif réalisé à partir de la figure 3.5. « champ auditif normal et surdité en dB HL. », p 78

[35] Collège National d'Audioprothèse, Précis d'Audioprothèse, l'appareillage de l'adulte, Tome 3, le contrôle d'efficacité prothétique, les éditions du Collège National d'Audioprothèse, 2007, courbe vocale réalisée à partir de la figure 4, p 181

[36] Portmann M. & C., Précis d'audiométrie clinique, 6<sup>ème</sup> édition, Masson, 1988, p 18

[37] NF EN 15927, Services offerts par les audioprothésistes, document AFNOR à destination de Monsieur Yves Lasry, 2010-2011

a : p 9

b : p 29

[38] Site internet : [http://www.hearingreview.com/issues/articles/2007-01\\_02.asp](http://www.hearingreview.com/issues/articles/2007-01_02.asp)

[39] Lasry Y., Développement et mise en place d'un logiciel de tests pour audioprothésistes : BioSoundSystem, les Cahiers de l'Audition, volume 23, Numéro 1, Janvier-Février 2010, p 45 à 51

[40] Lasry Y., Mode d'emploi BioSound 3.pdf

[41] Site internet : <http://francais.istockphoto.com/illustration-4815767-ecouter-icone-religieuse-symbole-haut-parleur-volume.php>, logo de haut-parleur

[42] Lasry Y., Calibrage de l'audiomètre : ce qu'il faut savoir, les Cahiers de l'Audition, volume 24, Numéro 1, Janvier-Février 2011, p 48 à 53

[43] Friant-Michel P., Diplôme d'Etat d'Audioprothèse 1<sup>ère</sup> année, Faculté de Pharmacie de Nancy, 2009/2010

a : Cours magistral sur les statistiques

b : Cours magistral sur les dérivées et différentielles d'une fonction

[44] Site internet : [http://fr.wikipedia.org/wiki/%C3%89cart\\_type](http://fr.wikipedia.org/wiki/%C3%89cart_type)

# Table des illustrations

## Figures :

Figure 1 : Courbe vocale optimale post-appareillage déposée de façon arbitraire[1] .....	2
Figure 2 : Représentation temporelle et spectrale d'un son .....	5
Figure 3 : L'appareil phonatoire6a [7] .....	7
Figure 4 : Courbe d'enveloppe de la première phrase de la liste 1 de Combescure[6d].....	8
Figure 5 : Spectres moyens à long terme de la parole, en valeurs crête, pour des voix fortes, moyennes et chuchotées. Matériel vocal: liste 1 des phrases de Combescure[6f] .....	9
Figure 6 : Spectrogramme de la première phrase de la liste 1 de Combescure[9] .....	10
Figure 7 : Spectrogramme d'un bruit blanc .....	12
Figure 8 : Spectrogramme de l'Onde Vocale Globale de Dodelé .....	13
Figure 9 : Principe de traitement en flux par le système auditif[6e] .....	14
Figure 10 : Audiogramme vocal dans le silence[1] .....	28
Figure 11 : Caractéristiques d'une courbe d'intelligibilité vocale au calme .....	29
Figure 12 : Positionnement de la voix et du bruit suivant le nombre de haut-parleurs[9b] ....	33
Figure 13 : Evolution du spectrogramme selon le rapport signal/bruit[9c] .....	35
Figure 14 : Audiogramme vocal en présence de bruit[1] .....	36
Figure 15 : Caractéristiques d'une courbe d'intelligibilité vocale en présence de bruit .....	37
Figure 16 : Courbes audiométriques moyennes en fonction de l'âge[33] .....	40
Figure 17 : Champ auditif humain en dB SPL[13f] .....	41
Figure 18 : Champ auditif monaural du normo-entendant en dB HL[34] .....	42
Figure 19 : Courbe d'intelligibilité vocale d'un sujet normo-entendant sur listes dissyllabiques de J.E. Fournier[1] .....	43
Figure 20 : Courbes d'intelligibilité vocale de référence établies en milieu calme en fonction du type de matériel vocal utilisé[26] .....	44
Figure 21 : Audiogramme vocal en présence de bruit.....	45
Figure 22 : Audiogramme vocal en présence de bruit[1] .....	47
Figure 23 : Courbes d'intelligibilité vocale de référence établies en milieu calme en fonction du type de matériel vocal utilisé[26] .....	48
Figure 24 : Audiogramme vocal en présence de bruit.....	49
Figure 25 : Salle de mesures audioprothétiques.....	52
Figure 26 : Charte de calibration datant du 12/11/2011 .....	52
Figure 27 : Sonomètre Brüel & Kjaer de type 2250 light .....	52
Figure 28 : Aurical plus (GN otometrics)[38] .....	53

<i>Figure 29 : Logo BioSoundSystem[40]</i> .....	53
<i>Figure 30 : Positionnement des haut-parleurs[41]</i> .....	54
<i>Figure 31 : Exemple de navigation BSS3[40]</i> .....	55
<i>Figure 32 : Exemple de configuration, piste gauche haut-parleur de face à 65dB SPL, piste droite les 4 autres haut-parleurs à 59dB SPL[41]</i> .....	56
<i>Figure 33 : Système microphonique ECM-AW3, SONY</i> .....	57
<i>Figure 34 : Schéma d'une chaîne d'étalonnage en conduction aérienne[27b]</i> .....	59
<i>Figure 35 : Perception des logatomes dans le bruit par tranche d'âge chez les normo-entendants[15c]</i> .....	60
<i>Figure 36 : Audiométrie tonale liminaire avec seuil ODG à 20dB HL de 125 à 8000Hz</i> .....	61
<i>Figure 37 : Critère de sélection vocal[1]</i> .....	62
<i>Figure 38 : Positionnement voix et bruit</i> .....	66
<i>Figure 39 : Répartition de la population en fonction du sexe</i> .....	70
<i>Figure 40 : Courbe vocale de référence établie en milieu bruyant pour les logatomes de Dodelé</i> .....	73
<i>Figure 41 : Courbe vocale de référence établie en milieu bruyant pour les mots monosyllabiques de Fournier</i> .....	76
<i>Figure 42 : Courbe vocale de référence établie en milieu bruyant pour les mots dissyllabiques de Fournier</i> .....	80
<i>Figure 43 : Courbe vocale de référence établie en milieu bruyant pour les phrases de Combescure</i> .....	83
<i>Figure 44 : Courbes d'intelligibilité vocale de référence établies en milieu bruyant en fonction du type de matériel vocal utilisé</i> .....	86
<i>Figure 45 : Courbes d'intelligibilité vocale de référence établies en milieu calme en fonction du type de matériel vocal utilisé[26]</i> .....	88
<i>Figure 46 : Comparaison de deux courbes vocales de référence issues des logatomes de Dodelé</i> .....	89

## **Tableaux :**

<i>Tableau 1 : Synthèse du matériel phonétique employé dans le cadre de l'étude pratique[17f]</i>	26
<i>Tableau 2 : Classification des surdités selon la perte tonale moyenne correspondante.....</i>	39
<i>Tableau 3 : Configuration piste droite et piste gauche[40] .....</i>	56
<i>Tableau 4 : RSB utilisés dans le cadre du protocole de test.....</i>	67
<i>Tableau 5 : Pourcentage de compréhension, moyenne et écart type obtenus à partir des logatomes de Dodelé selon le RSB utilisé.....</i>	72
<i>Tableau 6 : Pourcentage de compréhension, moyenne et écart type obtenus à partir des mots monosyllabiques de Fournier selon le RSB utilisé.....</i>	75
<i>Tableau 7 : Pourcentage de compréhension, moyenne et écart type obtenus à partir des mots dissyllabiques de Fournier selon le RSB utilisé.....</i>	79
<i>Tableau 8 : Pourcentage de compréhension, moyenne et écart type obtenus à partir des phrases de Combescure selon le RSB utilisé.....</i>	82
<i>Tableau 9 : Synthèse selon le matériel vocale utilisé.....</i>	86

# Table des annexes

Annexe 1 : Logatomes de Dodelé.....	101
Annexe 2 : Listes de mots monosyllabiques de Fournier.....	102
Annexe 3 : Listes de mots dissyllabiques de Fournier.....	103
Annexe 4 : Listes de phrases de Combescure.....	105
Annexe 5 : Relevé du niveau de bruit de fond équivalent sur sonomètre B&K type 2250 light.....	107
Annexe 6 : Exemple de cas.....	108

## Annexe 1 : Logatomes de Dodelé

<b>E</b>	36	<b>1</b>	37 42	<b>2</b>	38 43	<b>3</b>	39 44	<b>4</b>	40 45	<b>5</b>	41 46
o d un		a d un		ai d eu		an tr oi		o k a		a s s ain	
ai f a		eu f an		ai f a		eu f é		au f ai		é f au	
eu s s a		u s s ai		eu s s a		i s s eu		ai s s i		ai s s a	
an ch é		eu ch é		an ch é		a ch ou		é ch a		i ch an	
i v é		ain v a		a v au		i v é		a v on		on v a	
i z a		ai z au		ou z eu		on z a		i z ain		ou z é	
a j on		a j on		u j ai		u j é		é j o		eu j i	
é p a		i p a		é p a		au p eu		eu p é		eu p ain	
a t o		ai t é		i t eu		a t o		i t a		ai t i	
ou k an		eu k é		i k a		ou k an		an k ou		u k a	
a b ain		i b an		ai b eu		eu b a		a b ain		eu b an	
a d é		eu d a		ain d eu		ain d an		an d eu		a d é	
an g o		eu g ain		é g an		ai gu eu		eu g ai		an g o	
a m ai		o m an		i m ain		a m ai		i m é		eu m ai	
é n a		ai n ou		é n an		é n a		ou n eu		eu n ain	
ai w a		é w a		on w ai		ain w i		ai w a		a w é	
a r i		a r é		o r i		ai r ai		an r a		a r i	
a l ou		i l ou		a l ou		i l an		u l ou		ai l on	
	/ 50		/ 50		/ 50		/ 50		/ 50		/ 50

## Annexe 2 : Listes de mots monosyllabiques de Fournier

(1) lac	laide	soif	rite	ligue
danse	bile	dalle	nuque	ronde
poule	mare	rire	tome	vigne
cire	taupe	songe	guêpe	sort
fève	sens	laisse	coule	dur
malle	chute	boîte	dites	code
rince	jade	lourd	muse	lave
tank	crime	rame	sonde	riche
rampe	prose	tôle	troupe	traîne
panne	vente	coeur	canne	nasse
(2) lande	scène	tel	sac	narre
corps	gare	rhume	conque	truffe
fil	tripe	pic	moule	lange
messe	vache	geôle	pire	prince
nappe	tic	tonde	soigne	transe
rogue	beurre	ville	crèche	chatte
saute	lippe	datte	rance	rime
cave	monde	baume	soute	tante
toile	sève	loupe	lune	part
dire	cape	ruse	dose	doute
(3) moine	cil	rude	signe	tige
pente	mur	cime	dague	caisse
trousse	sente	genre	roule	feinte
nef	val	ronce	suc	rave
chasse	dîme	douce	lance	soupe
bande	cause	laine	compte	col
serre	tonte	pile	niche	gaz
lame	genre	bac	vol	terre
roide	preuve	côte	rade	trappe
paume	type	môle	duc	lire
(4) ligne	trêve	rente	lard	tour
bouc	soir	saule	nippe	vague
dune	lente	tir	toise	lampe
rompe	chose	dupe	femme	trac
cale	soude	lasse	prune	veuf
mer	dette	rôle	chance	col
site	mille	sauce	lime	ride
natte	ponte	biche	tape	jonque
raïde	rive	sourd	pince	mule
gamme	cage	crête	dol	pense

### Annexe 3 : Listes de mots dissyllabiques de Fournier

(a) le bouchon	le râteau	le souci	le congé	le grillon
souper	donjon	tripot	mouton	terrain
rondin	sergent	balai	roseau	soulier
grumeau	crémier	vallon	frelon	gazon
rebut	niveau	saindoux	lapin	faisceau
glaçon	refrain	brigand	traité	billet
réchaud	veston	rouleau	caillot	rabais
coffret	forban	défi	radis	plateau
gamin	bûcher	bambin	bâton	cordon
clavier	cachot	secret	ruban	ticket
(b) le pigeon	le repas	le dentier	le nougat	le poussin
carnet	complot	boulon	devis	chevreau
noyau	savon	hameau	baquet	forfait
jardin	curé	conflit	débris	mari
portrait	sanglot	bonnet	guichet	bosquet
blason	poulet	fusil	bijou	garçon
salut	chaînon	rayon	cahier	sifflet
délai	sachet	bandeau	goujon	boîtier
sabot	remous	relais	dessin	cahot
jumeau	coquin	canon	coteau	taudis
(c) le parfum	le rideau	le turbot	le cheveu	le carton
cachet	tampon	hoquet	citron	pruneau
ravin	boudin	plastron	rocher	regret
dragon	vacher	raisin	caveau	dément
lilas	débit	croyant	soldat	répit
récit	marteau	fourré	muguet	colon
couvent	cadran	taquin	bouton	respect
galon	requin	morceau	verrier	bilan
courrier	goudron	normand	fourneau	dépôt
crapeau	clocher	poisson	bassin	rachat
(d) le coupon	le reflet	le sapin	le cadet	le crayon
marché	croquis	corset	bidon	château
doyen	moineau	charbon	jury	fusain
torrent	dégoût	serment	sursaut	délit
festin	projet	radeau	rentier	glouton
cliché	chausson	valet	flacon	baudet
drapeau	reçu	cousin	bourreau	dévôt
juron	déchet	foyer	piment	combat
pari	fragment	pardon	béton	profit
sujet	renom	hibou	lingot	cerveau
(e) le logis	le tronçon	le fortin	le mandat	le baron
destin	calot	troupeau	feuille	chagrin
perdreau	banquet	sermon	gâteau	tableau
chalet	mépris	navet	voilier	flocon
fagot	jasmin	cadeau	fuseau	débat
toupet	décret	fripon	volcan	buffet
compas	taureau	témoin	chariot	dépît
héron	patron	cornet	jalon	bouffon
tricot	chemin	tapis	civet	vaisseau
froment	fracas	convoi	gourdin	dossier

(f) le corbeau	le rubis	le talon	le réseau	le gigot
fossé	volet	joyau	buisson	contrat
clairon	frisson	filet	pavé	fardeau
sentier	museau	diamant	genou	briquet
jarret	casier	coussin	bourgeon	melon
ruisseau	wagon	danger	gradin	réduit
ciment	grelot	manchet	filon	brochet
péché	jargon	dégré	dîner	champion
début	gousset	couteau	traîneau	palais
maillot	monceau	neveu	capot	pinçon

(g) le progrès	le caisson	le moulin	le parent	le bossu
marquis	lacet	pinceau	chapeau	gilet
canot	colis	bouquet	talus	salon
poinçon	chiffon	cocher	forçat	jockey
lambeau	ferment	maçon	camion	prénom
pépin	rognon	défaut	satin	béret
balcon	cypès	caillou	paquet	moment
gibier	barreau	gibet	matin	panneau
soupçon	duvet	brouillon	poison	repli
poteau	milieu	tourment	chevet	sommier

(h) le galop	le bureau	le bateau	le blaireau	le verglas
livret	chantier	croûton	levain	côté
défunt	tournoi	serpent	saumon	marron
laquais	chignon	crédit	roman	ciseau
plafond	format	lampion	déclin	berger
tréteau	crochet	roulis	parquet	rôti
poulain	bandit	brevet	trousseau	troupier
talent	refus	tracas	rivet	surnom
boyau	ballon	voisin	poumon	boulet
menton	patin	rameau	musée	cerceau

## Annexe 4 : Listes de phrases de Combescure

<p><b>Liste N°1 :</b></p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1. Il se garantira du froid avec ce bon capuchon.</li> <li>2. Annie s'ennuie loin de mes parents.</li> <li>3. Les deux camions se sont heurtés de face.</li> <li>4. Un loup s'est jeté immédiatement sur la petite chèvre.</li> <li>5. Dès que le tambour bat, les gens accourent.</li> <li>6. Mon père m'a donné l'autorisation.</li> <li>7. Vous poussez des cris de colère ?</li> <li>8. Ce petit canard apprend à nager.</li> <li>9. La voiture s'est arrêtée au feu rouge.</li> <li>10. La vaisselle propre est mise sur l'évier.</li> </ol> <p><i>Nombre total de phonèmes : 234 <math>\chi^2 = 2,687</math></i></p>	<p><b>Liste N° 2 :</b></p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1. Leur chienne a hurlé toute la nuit.</li> <li>2. Pour se protéger, il s'est couché près de ma porte.</li> <li>3. Sa voisine est inimitable.</li> <li>4. Le renard se hâte vers son gîte.</li> <li>5. Le bouillon fume dans les assiettes.</li> <li>6. Le caractère de cette femme est moins calme.</li> <li>7. Le camp d'été s'est passé au bord du fleuve.</li> <li>8. Un train entre déjà en gare.</li> <li>9. Souvent, je m'accoude au muret de ce pont.</li> <li>10. A l'Ouest, mes pommiers donnent peu.</li> </ol> <p><i>Nombre total de phonèmes : 213 <math>\chi^2 = 3,501</math></i></p>
<p><b>Liste N° 3 :</b></p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1. Lentement des canes se dirigent vers la mare.</li> <li>2. Une goélette déploie ses voiles.</li> <li>3. Le facteur va porter le courrier.</li> <li>4. Bien sûr, je connais son nom.</li> <li>5. Maman prend un verre et une assiette.</li> <li>6. Désormais, je me tournerai quand il partira.</li> <li>7. Les avions tournent au-dessus de la place.</li> <li>8. Mettez la faux, ici sous ma tente.</li> <li>9. Je suis resté sourd à ses cris.</li> <li>10. Le chameau est loin de son abri.</li> </ol> <p><i>Nombre total de phonèmes : 213 <math>\chi^2 = 3,501</math></i></p>	<p><b>Liste N° 4 :</b></p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1. Il pense être de retour ici, avant la nuit.</li> <li>2. Des chiens nous montraient leurs crocs pointus.</li> <li>3. La jeune fille se peigne devant sa glace.</li> <li>4. Il a été condamné pour un vol de voiture.</li> <li>5. Je ne veux pas que vous le changiez pour le moment.</li> <li>6. Nous avons pris froid en jouant au tennis.</li> <li>7. Il est désormais accablé par son travail.</li> <li>8. Ce bonbon contenait trop de sucre.</li> <li>9. A la hâte, le métayer ensilait ses récoltes avant l'hiver.</li> <li>10. Une brume épaisse s'est formée sur la mer.</li> </ol> <p><i>Nombre total de phonèmes : 257 <math>\chi^2 = 3,846</math></i></p>
<p><b>Liste N° 5 :</b></p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1. Le menuisier a scié une planche et l'a rabotée.</li> <li>2. Maman a préparé une galette pour jeudi.</li> <li>3. Le football, voilà ce qui l'intéresse.</li> <li>4. C'est un charmant spectacle, je t'assure.</li> <li>5. Ils m'ont apporté des friandises à mon anniversaire.</li> <li>6. Ces élèves prendront l'autocar tout à l'heure.</li> <li>7. Parfois, mon épicière vend à crédit.</li> <li>8. Personne n'a applaudi ce beau discours.</li> <li>9. Je me demande pourquoi on court sans cesse.</li> <li>10. Il se repend de ce qu'il vient de faire.</li> </ol> <p><i>Nombre total de phonèmes : 259 <math>\chi^2 = 3,936</math></i></p>	<p><b>Liste N° 6 :</b></p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1. Des gens se sont levés dans les tribunes.</li> <li>2. Vous éplucherez les légumes du pot-au-feu.</li> <li>3. Ce chasseur projette encore de partir d'ici, ce matin.</li> <li>4. La poire est un fruit à pépins.</li> <li>5. Plus nous le connaissons, plus nous le respectons.</li> <li>6. Là-haut, monte la voix du pâtre qui ramène ses moutons.</li> <li>7. Le courrier arrive en retard en ce moment.</li> <li>8. Cette cage contient mon oiseau.</li> <li>9. Des lièvres jouent à l'orée du bois.</li> <li>10. Je te dis que ma bouteille s'abîme à la cave.</li> </ol> <p><i>Nombre total de phonèmes : 246 <math>\chi^2 = 4,021</math></i></p>
<p><b>Liste N° 7 :</b></p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1. Il s'est réfugié dans ma chambre.</li> <li>2. Le troupeau s'abreuvait au ruisseau.</li> <li>3. Le client s'attend à ce que vous fassiez une réduction.</li> <li>4. Chaque fois que je me lève, ma plaie me tire.</li> <li>5. Une rançon est exigée par les ravisseurs.</li> <li>6. Ainsi cette comédie est en un acte.</li> <li>7. Papa aime mon vin quand il est bon.</li> <li>8. Le ciel est tout noir, il va tomber des cordes.</li> <li>9. On dit que l'essor de ce village est important.</li> <li>10. Ce soir, nous ne nous coucherons pas tard.</li> </ol> <p><i>Nombre total de phonèmes : 239 <math>\chi^2 = 4,080</math></i></p>	<p><b>Liste N° 8 :</b></p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1. Vous avez du plaisir à jouer avec ceux qui ont un bon caractère.</li> <li>2. Le chevrier a corné pour rassembler ses troupeaux.</li> <li>3. Mon cordonnier a ressemellé tes souliers.</li> <li>4. L'oie est dans sa main, son cœur bat et saute.</li> <li>5. Une rivière dessinait des méandres dans sa prairie.</li> <li>6. L'alpiniste continuait à grimper le long d'une roche.</li> <li>7. Effrayé par l'insecte, je rentre précipitamment.</li> <li>8. Je me suis entretenu avec l'institutrice de ma jeune fille.</li> <li>9. Quand le soleil se lève, je saute de mon lit.</li> <li>10. Le fermier est parti pour la foire.</li> </ol> <p><i>Nombre total de phonèmes : 301 <math>\chi^2 = 4,129</math></i></p>
<p><b>Liste N° 9 :</b></p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1. L'été, tout le monde se mettait aux fenêtres.</li> <li>2. Le cocher a fouetté sa jument.</li> <li>3. Je rends souvent visite à mon oncle.</li> <li>4. Ma soirée se passera sans incident.</li> <li>5. La police veut les papiers du chauffeur.</li> <li>6. Jean, quant à lui, est très grand pour son âge.</li> <li>7. Le microscope, qui est sur pied, est le mien.</li> <li>8. Le jardin entoure un petit lac.</li> <li>9. Il a broyé du noir depuis la perte de son ami.</li> <li>10. Le forçat s'est évadé du bagne.</li> </ol> <p><i>Nombre total de phonèmes : 231 <math>\chi^2 = 4,153</math></i></p>	<p><b>Liste N° 10 :</b></p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1. Un fort crédit est consenti par une banque.</li> <li>2. Le passereau lance une roulade et s'enfuit.</li> <li>3. Des hannetons voletaient autour de ce prunier.</li> <li>4. Ces légendes me rappellent les temps anciens.</li> <li>5. Qu'est ce que vous regardez comme oiseau ?</li> <li>6. Ce sont mes meilleurs chevaux dont voici les noms.</li> <li>7. Je parcours les rues des villages avec sa mère.</li> <li>8. Ma partition est sous ce pupitre.</li> <li>9. Il arrive demain d'Italie par la route.</li> <li>10. Le tapis était élimé sur le bord.</li> </ol> <p><i>Nombre total de phonèmes : 238 <math>\chi^2 = 4,323</math></i></p>

**Liste N° 11 :**

1. Ma mère et moi faisons de courtes promenades.
2. La poupée fait la joie de cette très jeune fille.
3. Mais le temps lui a manqué.
4. Il aura été retardé par quelqu'importun.
5. Une grenouille verte saute sur les nénuphars.
6. Des violettes emplissent l'air de subtiles senteurs.
7. Au bois, j'ai ramassé de si bons champignons.
8. Fais ce que je veux dès ce midi !
9. Papa coupe l'herbe dans le jardin.
10. Vous porterez ces caisses dans vos voitures.

Nombre total de phonèmes : 237  $\chi^2 = 4,326$

**Liste N° 13 :**

1. La lune se lève maintenant au-dessus des arbres.
2. Des rires montent de la cour de récréation.
3. Ça et là, la prairie se piquait de fleurs.
4. Une grosse poutre maintient la misérable charpente.
5. Tout s'est animé, dès que le soleil s'est levé.
6. Ma voiture est en panne devant ce pont.
7. Ces femmes portent encore une coiffe.
8. Je lui rapporte des fruits très rouges.
9. Je vois ma table en bois vert.
10. Dans le taillis est caché un nid de fauvettes.

Nombre de phonèmes : 240  $\chi^2 = 4,354$

**Liste N° 15 :**

1. Vous achèterez mes moules minuscules !
2. Une jolie bague scintille au doigt de ta fille aînée.
3. A six heures, un voyageur attendait le train.
4. Ses locataires sont rentrés très tard.
5. Ce que j'ai prévu se produira.
6. Le capitaine regarde par le hublot de sa cabine.
7. Virginie a mis le couvert pour sa fête.
8. Votre portrait est exposé au salon.
9. Maman se demande ce qu'il va dire.
10. Des moineaux se sont querellés dans mon champ.

Nombre total de phonèmes : 245  $\chi^2 = 4,486$

**Liste N° 17 :**

1. Elle habite à proximité du champ de foire.
2. Ma concierge veillait sur mon appartement durant les vacances.
3. Ils sont allés travailler bien qu'ils fussent fatigués.
4. Un colonel commandait le régiment.
5. Je vous dis de recoudre ce bouton.
6. Nos parents sont nos tuteurs naturels.
7. Les mésanges y pondaient des œufs tachetés.
8. Vous lui défendez de jouer sur cette route le soir.
9. Ma goélette noire est rentrée au port.
10. Ce passeport n'avait pas de visa.

Nombre total de phonèmes : 253  $\chi^2 = 4,536$

**Liste N° 19 :**

1. Je ménage une surprise à mon ami.
2. Les boulangers façonnent des pains.
3. Vos livres devront être couverts.
4. Mangeras-tu de cette tarte aux prunes.
5. Le chapeau de Monique est sur la table.
6. Il s'est glissé loin des spectateurs.
7. Il s'empresse de réclamer ce qu'on lui a promis.
8. Vous tremblez parce que vous avez froid.
9. C'est le soir qu'il travaille le mieux.
10. Un serpent noir fuit sous une pierre.

Nombre total de phonèmes : 227  $\chi^2 = 4,670$

**Liste N° 12 :**

1. A midi les collégiens vont au réfectoire.
2. Des pommes mûres se détachent de l'arbre.
3. Il tombe lourdement sur un sol plat.
4. Nous partons avant demain vers Paris.
5. Il a été arrêté par des policiers.
6. Cette voyageuse a loué une voiture sans chauffeur.
7. Jean semblait calme tout à coup.
8. Je n'irai sûrement pas danser à son mariage.
9. Elle le lui redit sans cesse.
10. Une guerre nucléaire ferait de nombreux morts.

Nombre de phonèmes : 232  $\chi^2 = 4,342$

**Liste N° 14 :**

1. On entend les gazouillis d'un oiseau dans le jardin.
2. La barque du pêcheur a été emportée par une tempête.
3. Ce livre provient de la bibliothèque.
4. J'en conclus qu'il n'y a personne à voir.
5. Le mal s'envenime, faute de soins.
6. Je suis sûr que vous connaissez ces noms.
7. Il s'arrêtait tout l'été, ici.
8. Voilà toujours deux choux pour le repas de midi.
9. Les manches de son manteau sont décousues.
10. Ce vaisseau parcourt les mers à travers le monde.

Nombre de phonèmes : 248  $\chi^2 = 4,417$

**Liste N° 16 :**

1. Une société de musique va bientôt défilé.
2. Le juge veut prolonger l'interrogatoire.
3. Ici, ma mère a acheté des coupons de tissu.
4. Pierre cogne par derrière comme un sourd.
5. La pluie ne fait pas le beau temps.
6. Sans fleurs, la maison est triste.
7. Elle a vraiment toujours des doigts menus.
8. Ce boucher n'a encore plus de lard à l'étalage.
9. Confie-moi à quoi tu penses.
10. Ce dont nous discutons vous laisse rêveur.

Nombre total de phonèmes : 230  $\chi^2 = 4,505$

**Liste N° 18 :**

1. La pieuvre saisit sa proie avec ses tentacules.
2. La neige couvre la cime des montagnes.
3. Un mouflon se cache dans les anfractuosités.
4. J'ai entendu ce que vous tâchez de jouer au piano.
5. Ce moyeu de roue grince continuellement.
6. Nous voulons tous nous promener à bicyclette.
7. Je ne peux atteindre les bocaux de confiture.
8. Dans cette crèmerie, on vend du fromage fort.
9. La pie se précipite vers ce qui brille.
10. Un petit lièvre est terré dans le buisson.

Nombre total de phonèmes : 261  $\chi^2 = 4,575$

**Liste N° 20 :**

1. Je me souviens des beaux jours que j'ai vécus.
2. Mon cousin a été très vexé par ce qu'elle avait dit.
3. Grand-père, sois donc un peu raisonnable !
4. En ce moment, les soirées à l'opéra sont données.
5. Tu as beaucoup changé depuis que tu es parti.
6. Il a souffert pendant des semaines.
7. Vous voyez tout le temps cette femme triste.
8. Ce sentier mène à la route du village.
9. Le docteur a ordonné un médicament.
10. Il faut aussi arriver à temps.

Nombre total de phonèmes : 239  $\chi^2 = 4,787$

Annexe 5 : Relevé du niveau de bruit de fond équivalent sur sonomètre B&K type 2250 light







CD 3 piste  
9 11 21 31

L'été, tout le monde se mettait aux fenêtres.  
Le cocher a fouetté sa jument.  
Je rends souvent visite à mon oncle.  
Ma soirée se passera sans incident.  
La police veut les papiers du chauffeur.  
Jean, quant à lui, est très grand pour son âge.  
Le microscope qui est sur pied, est le mien.  
Le jardin entoure un petit lac.  
Il a broyé du noir depuis la perte de son ami.  
Le forçat s'est évadé du bagne.

+3  
/  
/  
/  
/  
/  
/  
/

(9)

10 12 22 32

Un fort crédit est consenti par une banque.  
Le passereau lance une roulade et s'enfuit.  
Des hannetons voletaient autour de ce prunier.  
Ces légendes me rappellent les temps anciens.  
Qu'est-ce que vous regardez comme oiseau ?  
Ce sont mes meilleurs chevaux dont voici les noms.  
Je parcours les rues des villages avec sa mère.  
Ma partition est sous ce pupitre.  
Il arrive demain d'Italie par la route.  
Le tapis était élimé sur le bord.

0  
/  
/

(9)

# RESUME

De nos jours, l'audiométrie vocale dans le bruit semble être un complément indispensable à l'audiométrie vocale dans le silence, tant au niveau du bilan d'orientation que du contrôle d'efficacité prothétique immédiat et permanent. Pourtant simple et rapide à effectuer, l'audiométrie vocale dans le bruit reste un examen peu pratiqué en France. De plus, en parcourant la littérature, seuls quelques ouvrages y font référence.

Dans le cadre de l'obtention du Diplôme d'Etat d'Audioprothésiste, il est prévu de réaliser un mémoire. Le travail de recherche effectué au cours de cette troisième année, s'intitule : « **Audiométrie vocale : étude de l'intelligibilité dans le bruit chez le normo-entendant et détermination de courbes vocales de référence** ».

Cette étude a donc pour objectif de déterminer des courbes vocales de référence dans le bruit pour différents matériels phonétiques qui sont les suivants : logatomes de Dodelé, mots mono et dissyllabiques de Fournier ainsi que les phrases de Combescure. De ce fait, l'audioprothésiste pourra interpréter au mieux ses résultats en comparant l'intelligibilité de son patient avec celle du normo-entendant.

Mots clés :

- Audiométrie vocale dans le bruit,
- Courbes vocales de référence,
- Rapport signal/bruit,
- Normo-entendant,
- Intelligibilité,
- Logatomes de Dodelé,
- Mots dissyllabiques de Fournier,
- Mots monosyllabiques de Fournier,
- Phrases de Combescure.