



HAL
open science

La perception auditive dans le bruit chez l'enfant normo-entendant de 7 à 12 ans

Clara Auzannet, Pauline Corboeuf

► **To cite this version:**

Clara Auzannet, Pauline Corboeuf. La perception auditive dans le bruit chez l'enfant normo-entendant de 7 à 12 ans. Sciences cognitives. 2016. dumas-01357089

HAL Id: dumas-01357089

<https://dumas.ccsd.cnrs.fr/dumas-01357089v1>

Submitted on 29 Aug 2016

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.

ACADÉMIE DE PARIS
UNIVERSITÉ PARIS VI PIERRE ET MARIE CURIE

MÉMOIRE POUR LE CERTIFICAT DE CAPACITÉ D'ORTHOPHONISTE

**La perception auditive dans le bruit
chez l'enfant normo-entendant
de 7 à 12 ans**

Directrice de Mémoire : Aude de LAMAZE, orthophoniste

Co-directeur de Mémoire : Cyrille COUDERT, audioprothésiste

Hôpital Necker Enfants Malades – Service O.R.L. du Pr E.N. GARABEDIAN

Année universitaire 2015-2016

AUZANNET

Clara

Née le 05/01/1992

CORBOEUF

Pauline

Née le 12/10/1993

REMERCIEMENTS

Nous tenons à remercier toutes les personnes qui nous ont accompagnées et soutenues tout au long de ce mémoire.

Tout d'abord, nous sommes très reconnaissantes envers nos deux directeurs de mémoire, Aude de Lamaze et Cyrille Coudert, pour toute l'aide que vous nous avez apportée cette année, aussi bien technique que morale. Nous remercions tout particulièrement Aude, qui en tant que maître de mémoire mais aussi de stage, s'est montrée très disponible et nous a consacré beaucoup de son temps.

Nous adressons nos remerciements au service ORL de l'hôpital Necker :

- Au Professeur Eréa-Noël Garabédian, qui nous a accueillies dans son service,
- Au Docteur Natalie Loundon pour sa rigueur et sa confiance durant toute cette année,
- Aux orthophonistes du service : notamment Isabelle Prang, notre maître de stage, pour son soutien et ses conseils, et Véronique Ettienne, qui a eu la gentillesse de nous prêter son bureau pour la plus grande partie de nos passations.

Un grand merci à notre rapporteuse Cléa Hyman d'avoir accepté d'évaluer et juger notre travail.

Nous sommes également très reconnaissantes envers toutes les familles et enfants qui ont accepté de nous accorder un peu de temps en participant à cette étude. Sans leur aide bénévole, ce mémoire n'aurait pu se faire.

Merci à la maison d'édition Bayard Jeunesse de nous avoir offert les magazines donnés aux enfants pour leur participation.

Enfin, nos pensées se tournent vers notre entourage, qui s'est beaucoup investi dans ce projet, en se déplaçant à l'hôpital Necker, mais aussi en nous soutenant, en nous remontant le moral et en nous encourageant. Nous pensons tout particulièrement à :

- Laurent de Baglion, qui a supporté mes déboires tout au long de cette année. Tu as été là pour moi du début de cette aventure jusqu'à la fin, un grand merci.
- Cyril Brignet, qui a su m'encourager, me reconforter et m'épauler tout au long de cette année. Merci pour ton soutien sans faille et ton aide précieuse.
- Michel Thomas, qui a eu la gentillesse de vérifier nos résultats statistiques.

ENGAGEMENT DE NON PLAGIAT

Je soussignée CORBOEUF Pauline, déclare être pleinement consciente que le plagiat de documents ou d'une partie d'un document publiés sur toutes formes de support, y compris l'Internet, constitue une violation des droits d'auteur ainsi qu'une fraude caractérisée. En conséquence, je m'engage à citer toutes les sources que j'ai utilisées pour écrire ce mémoire.

Je soussignée AUZANNET Clara, déclare être pleinement consciente que le plagiat de documents ou d'une partie d'un document publiés sur toutes formes de support, y compris l'Internet, constitue une violation des droits d'auteur ainsi qu'une fraude caractérisée. En conséquence, je m'engage à citer toutes les sources que j'ai utilisées pour écrire ce mémoire.

TABLE DES MATIERES

<u>INTRODUCTION</u>	1
<u>PARTIE THEORIQUE</u>	2
I. <u>Anatomo-physiologie du système auditif.</u> (<i>Pauline Corboeuf</i>)	3
A. Partie périphérique du système auditif.	3
1. <u>L'appareil auditif de transmission.</u>	3
a) L'oreille externe.	3
b) L'oreille moyenne.	4
2. <u>L'appareil auditif de conduction : l'oreille interne.</u>	4
B. Partie centrale du système auditif.	5
1. <u>Les voies ascendantes.</u>	5
2. <u>Les voies descendantes.</u>	7
C. Cortex auditifs et associatifs.	8
II. <u>Fonctionnement de l'audition.</u> (<i>Clara Auzannet</i>)	9
A. Développement de l'audition.	9
1. <u>Développement des organes de l'audition.</u>	9
2. <u>Mise en place de la fonction auditive.</u>	10
B. Niveaux de traitement perceptif.	11
C. Niveaux de traitement de la parole.	12
D. Autres phénomènes jouant un rôle dans l'intégration auditive.	13
1. <u>La complémentarité audiovisuelle.</u>	13
a) La lecture labiale.....	13
b) L'effet Mc Gurk.....	14
2. <u>La suppléance mentale.</u>	14
III. <u>Spécificités de l'audition dans le bruit.</u> (<i>Rédaction commune</i>)	15

A. Le bruit.	15
1. <u>Définitions.</u>	15
2. <u>Différents types de bruit.</u>	16
a) Les bruits stationnaires.	16
i. Le bruit blanc.	16
ii. Le bruit rose.	16
iii. Le speech noise.	16
b) Les bruits non-stationnaires.	16
i. Le bruit de Cocktail party.	17
ii. L’OVG.	17
B. Mécanismes supplémentaires nécessaires à l'audition dans le bruit.	18
1. <u>L'analyse des scènes auditives.</u>	18
2. <u>Attention et ségrégation auditive.</u>	19
3. <u>Zoom sur la ségrégation des scènes auditives en flux auditifs.</u>	20
a) La ségrégation simultanée.	20
b) La ségrégation séquentielle.	21
c) Le rôle des indices spectraux dans la ségrégation des flux auditifs.	22
d) Le rôle des indices temporeux dans la ségrégation des flux auditifs.	22
C. Phénomènes de binauralité.	23
1. <u>L'effet d'ombre de la tête.</u>	23
2. <u>La sommation de sonie.</u>	24
3. <u>Le démasquage binaural.</u>	25
4. <u>La localisation monaurale.</u>	26
D. Impact du bruit sur la compréhension de la parole.	27
1. <u>Perception et intelligibilité de la parole.</u>	27
a) Perception de la parole.	27
b) Intelligibilité et compréhension de la parole.	27
2. <u>Compréhension de la parole dans le bruit.</u>	29
E. État des connaissances actuelles sur les capacités de perception auditive dans le bruit chez l'enfant par rapport à l'adulte.	30

<u>PARTIE CLINIQUE</u>	33
I. <u>Problématique et objectifs</u>	34
II. <u>Hypothèses</u>	34
III. <u>Méthodologie de recherche</u>	35
A. <u>Échantillon de population testée</u>	35
B. <u>Présentation du protocole d'étude</u>	36
1. <u>Recueil des données</u>	36
2. <u>Vérification préliminaire du niveau langagier</u>	37
3. <u>Vérification préliminaire des compétences mnésiques</u>	37
4. <u>Vérification préliminaire de l'audition</u>	37
5. <u>Évaluation de la concentration</u>	38
6. <u>Évaluation perceptive auditive dans le bruit</u>	38
a) La cabine de mesure audiométrique.....	38
b) L'évaluation de la perception auditive dans le bruit.....	39
IV. <u>Résultats de l'étude</u>	40
A. <u>Étude des facteurs concentration et âge</u>	40
1. <u>Hypothèse 1</u>	40
a) Analyse descriptive.....	40
b) Analyse statistique.....	43
c) Interprétation des résultats.....	44
2. <u>Hypothèse 2</u>	45
a) Analyse descriptive.....	45
b) Analyse statistique.....	48
c) Interprétation des résultats.....	48
B. <u>Étude du facteur RSB</u>	49
1. <u>Hypothèse 3</u>	49
a) Analyse descriptive.....	49

b) Analyse statistique.	50
c) Interprétation des résultats.	51
2. <u>Recherche du SRT</u>	52
C. Analyse au niveau des mots.	54
V. <u>Discussion</u>	55
A. Résultats.	55
B. Difficultés rencontrées au cours de l'étude.	56
C. Limites.	57
D. Perspectives.	58
<u>CONCLUSION</u>	59
<u>BIBLIOGRAPHIE</u>	61
<u>ANNEXES</u>	74

TABLE DES ILLUSTRATIONS

Figures :

Figure 1 : Anatomie de l'oreille (112)	3
Figure 2 : Les voies centrales de l'audition (113).....	7
Figure 3 : représentation de l'intensité sonore de l'OVG en fonction du temps (114)	18
Figure 4 : spectrogramme de l'OGV (115).....	18
Figure 5 : schéma de la courbe audiométrique de l'oreille humaine (116).....	27
Figure 6 : Répartition de la population en fonction du sexe	35
Figure 7 : répartition de la population en fonction de la tranche d'âge	36
Figure 8 : disposition des haut-parleurs dans la cabine d'audiométrie (117)	39
Figure 9 : pourcentage d'intelligibilité moyen pour chaque âge en fonction du RSB (a)...	40
Figure 10 : pourcentage d'intelligibilité moyen pour chaque âge en fonction du RSB (b)	41
Figure 11 : pourcentage d'intelligibilité moyen pour chaque tranche d'âge en fonction du RSB (a).....	42
Figure 12 : pourcentage d'intelligibilité moyen pour chaque tranche d'âge en fonction du RSB (b).....	42
Figure 13 : performances moyennes dans le bruit des 7-8 ans selon la concentration	46
Figure 14 : performances moyennes dans le bruit des 9-10 ans selon la concentration	47
Figure 15 : performances moyennes dans le bruit des 11-12 ans selon la concentration....	47
Figure 16 : courbe vocale établie en milieu bruyant pour les phrases du HINT	49
Figure 17 : SRT en fonction de l'âge	52
Figure 18 : SRT moyen en fonction de la tranche d'âge	53

Tableaux :

Tableau 1 : résultats statistiques de l'effet d'âge sur les performances auditives dans le bruit	43
Tableau 2 : résultats statistiques de l'effet de tranche d'âge sur les performances auditives dans le bruit	44

Tableau 3 : notes de concentration et moyennes pour chaque enfant, chaque groupe d'âge et chaque tranche d'âge	45
Tableau 4 : résultats statistiques de l'effet de la concentration sur les performances auditives dans le bruit.....	48
Tableau 5 : résultats statistiques de l'effet du RSB sur les performances auditives dans le bruit	50
Tableau 6 : différences des moyennes selon le RSB	51
Tableau 7 : SRT moyen selon l'âge.....	52
Tableau 8 : SRT moyen selon la tranche d'âge	52
Tableau 9 : résultats statistiques obtenus en utilisant le pourcentage de réussite en termes de mots	54

LISTE DES ABRÉVIATIONS

ASA = Analyse des Scènes Auditives

HL = Hearing Level

NE = Normo-Entendant

OVG = Onde Vocale Globale

RSB = Rapport Signal sur Bruit

SPL = Speech Sound Level

SRT = Speech Reception Threshold

INTRODUCTION

L'ouïe est un sens primordial pour le bon développement de l'enfant. Sa maturation est complexe, débute très précocement et influe tout spécialement sur le langage. C'est pour cette raison que la surdité, handicap sensoriel majeur, constitue un enjeu essentiel dans la prise en charge en orthophonie.

Or, le bruit est omniprésent dans la vie de tout un chacun. Nous y sommes confrontés à longueur de temps, et ce dès notre plus jeune âge. Mais l'écoute dans le silence et dans le bruit ne reposent pas sur les mêmes mécanismes et n'évoluent pas de la même façon : l'audition en milieu bruyant nécessite notamment la maîtrise de phénomènes binauraux spécifiques. Ce versant de l'audition a donc tout autant d'importance que l'écoute dans le silence.

L'évaluation des capacités auditives dans le bruit est très importante en orthophonie, et est depuis peu intégrée au bilan orthophonique. Cependant, même s'il existe de nombreuses études sur la perception auditive de la parole dans le bruit concernant les populations sourdes et malentendantes, peu s'y intéressent chez le sujet normo-entendant. De plus, les recherches existantes ont souvent été réalisées sur des populations adultes et leurs résultats ne sont donc pas comparables à ceux obtenus par des enfants. Cette absence de normes chez l'enfant normo-entendant rend difficile l'établissement d'un protocole sur l'évaluation des capacités auditives.

Dans ce mémoire, nous avons ainsi voulu étudier l'écoute de phrases en milieu bruyant chez l'enfant normo-entendant (NE) de 7 à 12 ans. Nous avons cherché à établir une courbe de la perception auditive de phrases dans le bruit et à déterminer les seuils moyens de reconnaissance vocale pour chaque âge et par tranche d'âge.

Dans un premier temps, nous détaillerons les connaissances théoriques qui nous ont permis de développer notre réflexion. Puis nous exposerons nos hypothèses quant à la perception auditive dans le bruit chez l'enfant NE, ainsi que les résultats que nous avons obtenus.

PARTIE THEORIQUE

I. Anato-mo-physiologie du système auditif. (Pauline Corboeuf)

Afin de bien comprendre le fonctionnement de l'audition, nous allons commencer par décrire plus précisément l'anatomie et la physiologie du système auditif.

Le système auditif est composé de deux parties : une périphérique et une centrale (McFarland, 2009) (82).

A. Partie périphérique du système auditif.

Le système auditif périphérique se constitue de deux composantes fonctionnelles : l'appareil de transmission (l'oreille externe et l'oreille moyenne) et l'appareil de transduction (l'oreille interne) (Dulguerov & Remacle, 2005) (31).

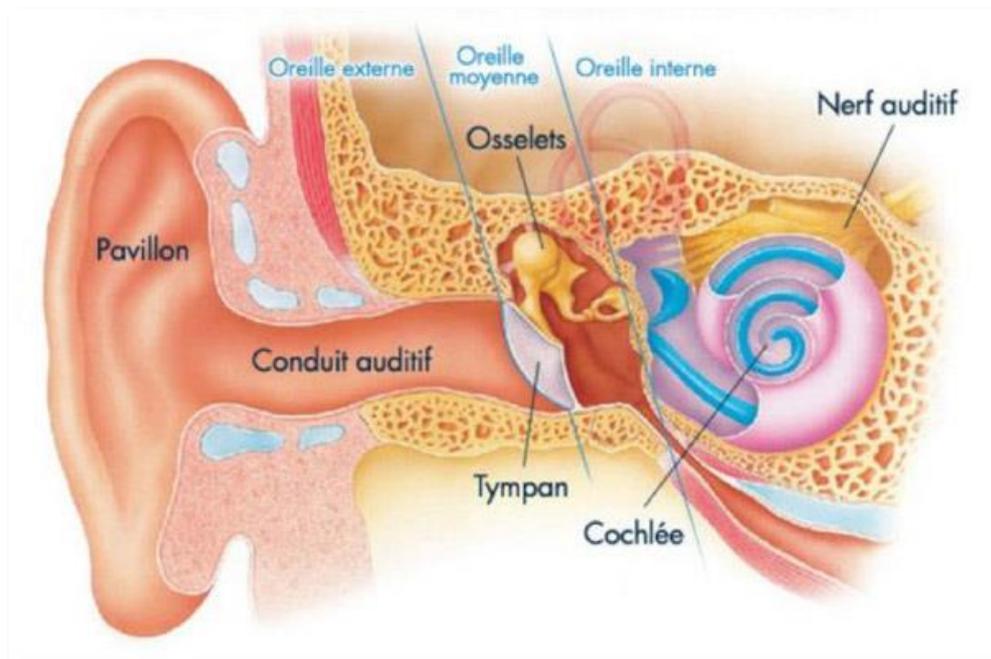


Figure 1 : Anatomie de l'oreille (112)

1. L'appareil auditif de transmission.

a) L'oreille externe.

L'oreille externe est composée du pavillon, ou auricule, et du conduit auditif externe (McFarland, 2009) (82). Elle a pour rôle de capter les sons et de les transmettre de

l'air ambiant à l'oreille moyenne. Ces vibrations sont rassemblées par le pavillon et conduites à la membrane tympanique via le conduit auditif externe.

b) L'oreille moyenne.

L'oreille moyenne comprend la caisse du tympan, la chaîne ossiculaire (marteau ou malleus, enclume ou incus, et étrier ou stapes) et ses muscles et ligaments.

Elle a pour rôle de transmettre les vibrations mécaniques de l'oreille externe jusqu'à l'oreille interne. C'est la vibration du tympan, sous la pression des ondes sonores, qui va le permettre : elle va activer la chaîne ossiculaire. Les vibrations sont ainsi transmises au marteau d'abord, puis à l'enclume, et enfin à l'étrier. La platine de l'étrier va alors s'enfoncer dans la fenêtre ovale, de manière proportionnelle à la vibration du son.

Lors de cette étape, la vibration est amplifiée de 35 à 40 dB car la fenêtre ovale est plus petite que le tympan.

L'oreille moyenne communique également avec la trompe d'Eustache, qui permet le maintien de l'équilibre entre la pression atmosphérique et celle à l'intérieur de la caisse du tympan (Bonfils & Chevallier, 2011) (9).

En cas de son trop fort, l'oreille moyenne a pour rôle de protéger le système auditif grâce au réflexe stapédien. En effet, la contraction du muscle de l'étrier permet d'éviter une trop grande variation de pression.

Une atteinte de l'appareil auditif de transmission (oreille externe et/ou oreille moyenne) provoque une surdité de transmission.

2. L'appareil auditif de conduction : l'oreille interne.

L'oreille interne compte la cochlée, responsable de l'audition, et le système vestibulaire, responsable de l'équilibre. Elle a pour rôle de transformer les vibrations mécaniques en impulsions électriques et de les envoyer au cerveau via le nerf auditif.

Dans le labyrinthe osseux externe, on trouve le vestibule et la cochlée (McFarland, 2009) (82).

La cochlée mesure environ trente-cinq millimètres, elle décrit deux tours et demi de spire et contient un liquide appelé périlymphe.

À l'intérieur de la cochlée osseuse se situe le labyrinthe membraneux. On y trouve un autre liquide, l'endolymphe, et l'organe de Corti. L'organe de Corti contient près de seize mille cellules sensorielles, dites cellules ciliées.

Chaque cellule ciliée code pour une fréquence particulière. Les plus aiguës sont codées par les cellules à la base de la cochlée, et les plus graves à son apex : c'est ce qu'on appelle la tonotopie cochléaire.

Cependant, un autre phénomène intervient pour le codage des fréquences inférieures à 800 Hz : le phase-locking. En effet, la membrane basilaire vibre sur toute la longueur et la tonotopie est alors trop imprécise. Dans le phase-locking, le codage de la fréquence est effectué par « synchronisation des bouffées de potentiels d'action des fibres cochléaires avec la fréquence du signal » (Croguennec, 2007) (24).

On retrouve ce phénomène de phase-locking jusqu'à 3000 Hz. De 800 Hz à 3000 Hz, le codage fréquentiel se fait donc à la fois par la tonotopie cochléaire et le phase-locking. À partir de cette fréquence limite de 3000 Hz, le codage fréquentiel est uniquement tonotopique.

Lorsque la base de l'étrier s'enfonce dans la fenêtre ovale, le liquide endolymphatique contenu dans la cochlée, au niveau de l'organe de Corti, va se mettre en mouvement. Ceci va activer les cellules ciliées externes concernées par la fréquence du stimulus sonore. Leurs contractions vont stimuler à leur tour les cellules ciliées internes. Elles vont alors envoyer un influx nerveux appelé potentiel d'action au nerf auditif, via les neurones auditifs primaires prenant naissance dans le ganglion spiral. Ce potentiel d'action va gagner le système nerveux central et donc la partie centrale de l'audition.

B. Partie centrale du système auditif.

La partie du système nerveux central auditif comporte des relais centraux du tronc cérébral au cerveau, joints par des voies auditives ascendantes et descendantes (McFarland, 2009) (82).

1. Les voies ascendantes.

Les fibres ascendantes du nerf auditif entrent dans le tronc cérébral au niveau du bulbe rachidien ou substance médullaire (Perrot, 2010) (92). Elles rejoignent tout d'abord leur noyau cochléaire respectif, au niveau de la jonction bulbo-protubérentielle/pontique. Ce sont les premiers relais centraux des voies auditives ascendantes.

De là naissent les neurones auditifs secondaires. Ils vont gagner le noyau auditif tronculaire, composé de plusieurs relais successifs :

- des complexes olivaires supérieurs au niveau de la jonction bulbo-protubérentielle,
- des noyaux lemniscaux latéraux au niveau de la protubérance,
- des colliculus inférieurs dans le mésencéphale,
- des corps géniculés médiaux dans le diencephale, au niveau du thalamus.

La voie ascendante a un trajet à la fois ipsilatéral et contralatéral, mais avec une prédominance contralatérale. Ces connexions inter-hémisphériques permettent un apport d'informations binaurales aux différents relais, et donc une compensation par la redondance de l'information en cas de perte d'une partie de l'information.

À cette asymétrie s'ajoutent des réponses corticales contralatérales plus précoces que celles de l'hémisphère ipsilatéral (Azema, 2005) (4).

Chaque relais a un rôle fonctionnel propre. Ainsi, le noyau cochléaire reçoit des informations ipsilatérales et traite plusieurs paramètres des sons simples : la fréquence, l'intensité et la durée. Il transmet également des informations spectrales et des modulations aux « structures sus-jacentes ». Enfin, il permet aussi l'amélioration du rapport signal sur bruit grâce à des mécanismes inhibiteurs.

Le complexe olivaire supérieur reçoit des informations bilatérales. Il est responsable d'interactions binaurales, et de ce fait de la localisation spatiale des sons et du démasquage binaural. De plus, il intervient dans les réponses acoustico-motrices.

Le noyau lemniscal latéral permet lui aussi la localisation spatiale auditive, tout comme le colliculus inférieur. Ce dernier s'occupe également du traitement des sons complexes, des modulations de fréquence et influence les réponses acoustico-motrices.

Enfin, le corps géniculé médial intervient dans la latéralisation auditive et le traitement des sons complexes.

Pour finir, les fibres du nerf auditif arrivent aux cortex auditifs.

2. Les voies descendantes.

Les voies descendantes restent encore méconnues. Elles s'étendent du cortex auditif et vont jusqu'aux cellules ciliées de la cochlée, en passant par tous les relais décrits précédemment.

Elles permettent tout d'abord un rétrocontrôle descendant des aires corticales sur la cochlée et l'origine du message auditif afférent. La modulation du message auditif ascendant est effectuée par la portion efférente la mieux comprise, celle qui s'étend des complexes olivaires supérieurs aux cellules ciliées de la cochlée.

Cette rétroaction agirait notamment lors de l'activation du réflexe stapédien et serait en lien avec l'attention sélective auditive (Perrot, 2010) (92).

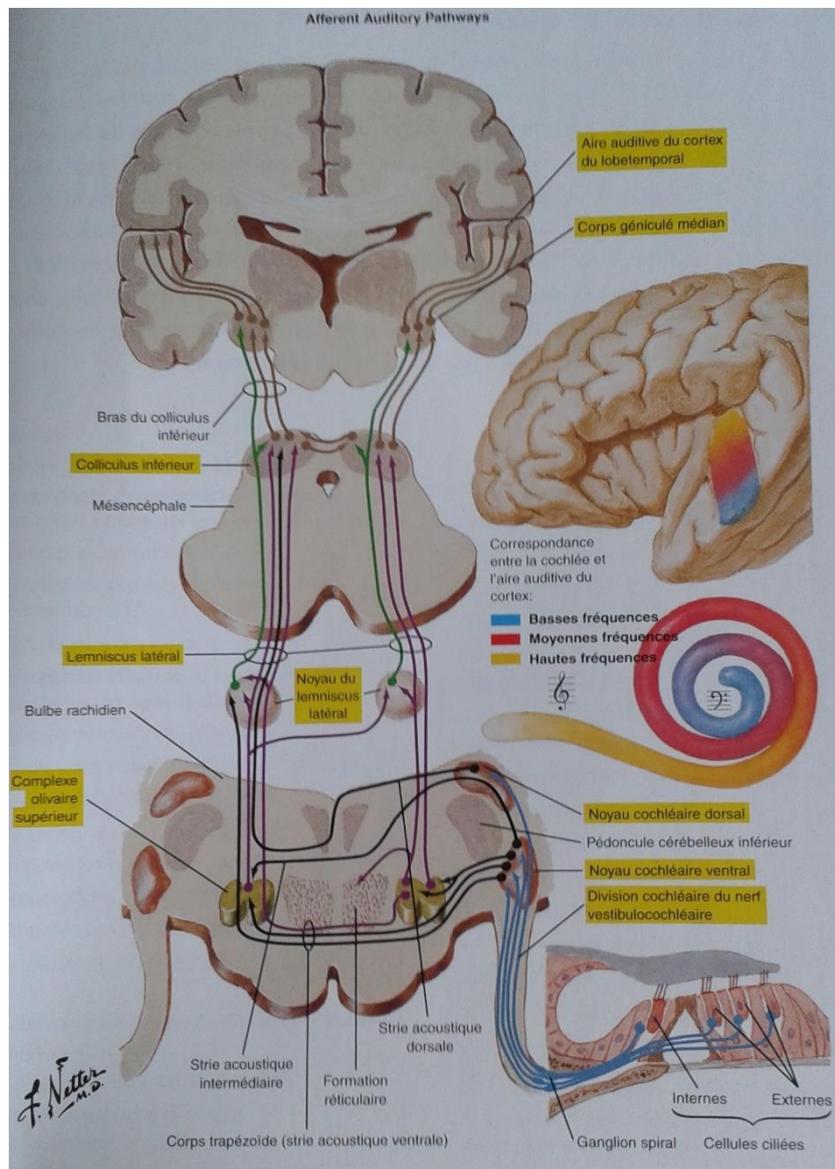


Figure 2 : Les voies centrales de l'audition (113)

Les voies descendantes auraient également un rôle d'anticipation dans les mécanismes de plasticité auditive et permettraient « une amélioration des capacités de traitement et de perception des stimuli auditifs ».

C. Cortex auditifs et associatifs.

Les aires corticales sont activées par les fibres afférentes du nerf auditif lorsqu'un stimulus est entendu. Mais l'activation de ces aires diffère selon la nature du stimulus auditif : parole VS bruit, parole VS musique (Giraud et coll., 2001) (42).

Certaines des aires auditives sont communes à tous les types de bruit : le gyrus temporal supérieur de manière bilatérale (cortex auditif primaire), la partie antérieure gauche de l'insula (aire auditive tertiaire), les régions temporale inférieure gauche et frontale inférieure gauche.

D'autres aires sont activées par les sons de la parole, mais pas par les sons environnementaux. C'est le cas de l'aire de Wernicke. Il serait également intéressant d'ajouter que la scissure temporale supérieure gauche répond à la présence d'informations phonétiques, mais sa partie antérieure répond seulement si le stimulus auditif est aussi intelligible. Ainsi, cette région temporale antérieure gauche a un rôle important dans la compréhension de la parole (Scott et coll., 2000) (102).

Il existe de plus une spécialisation hémisphérique. L'hémisphère gauche, traitant les informations en provenance de l'oreille droite, est caractéristique d'un traitement linguistique : traitements temporels et non verbaux de la parole, sa perception et sa production, ainsi que la discrimination phonétique avec les changements acoustiques rapides tels que les consonnes. C'est au niveau de cet hémisphère que le sens est donné au message. En revanche, l'hémisphère droit, qui traite les informations de l'oreille gauche, est caractéristique du traitement prosodique et émotionnel : traitement spectral, discrimination de la hauteur tonale, traitement des sons simples, des changements acoustiques lents et de la perception des voyelles (Lazard et coll., 2010) (68) (Grimshaw et coll., 2003) (51) (Azema, 2005) (4).

Dans le cas d'un message linguistique, les fibres afférentes activent le cortex auditif primaire des hémisphères droit et gauche. Il correspond au gyrus temporal de Heschl, situé dans la scissure de Sylvius de chaque hémisphère cérébral (aire 41 de Brodman).

Son organisation, tout comme celle de la cochlée et des relais auditifs centraux, est tonotopique : les fréquences hautes activent la partie postéro-médiale du cortex auditif, les basses fréquences la partie antéro-latérale. Mais elle est également amplitopique : l'activité corticale dépend aussi de l'intensité du stimulus auditif (Perrot, 2010) (92).

Les informations sonores sont ensuite transmises au cortex auditif secondaire ou cortex associatif. Enfin, le traitement de l'information est complété par d'autres aires d'association sensorielle de la vision et du toucher, ainsi que par l'aire auditive tertiaire, ou aire multimodale, capable d'intégrer à la fois les informations auditives et visuelles. Cette dernière communique avec les aires frontales et pariétales, et notamment l'aire de Broca (aire motrice du langage) (Guiraud, 2007) (52).

II. Fonctionnement de l'audition. *(Clara Auzannet)*

A. Développement de l'audition.

1. Développement des organes de l'audition.

Dès la huitième semaine d'aménorrhée, l'oreille externe entame son développement (Larsen, 2003) (66). À la dixième semaine, l'oreille externe possède déjà sa forme définitive, qu'elle gardera à l'âge adulte. Elle est cependant située plus bas, vers le cou et se placera sur le côté de la tête du fœtus vers la quatorzième semaine.

L'oreille moyenne quant à elle se développe entre la quatrième et la trente-quatrième semaine.

L'oreille interne commence à se développer dès le vingt-huitième jour environ (Lecanuet, 1995, In Rondal & Esperet, 1999) (97). La cochlée débute sa formation dès la sixième semaine pour achever son développement avant la naissance vers la trente-deuxième semaine de grossesse. Le bon développement de la cochlée est indispensable au bon fonctionnement du cerveau auditif par la suite (Pujol et coll., 1997 In Rubel et coll., 1997) (95).

Les fibres nerveuses destinées à former le nerf auditif commencent à se former également dès les premières semaines de vie de l'embryon. Une gaine de myéline viendra ensuite protéger ces fibres nerveuses à partir de la dix-huitième semaine de grossesse et les

neurones poursuivront leur consolidation, ce qui améliorera la conduction des influx nerveux (Lisch, 2013) (78).

Les structures de l'oreille interne sont donc fonctionnelles avant la naissance.

2. Mise en place de la fonction auditive.

La fonction auditive commence ainsi à se développer dès les premiers mois de la vie in utéro et se poursuit après la naissance. Les deux premières années de vie sont particulièrement importantes (Lisch, 2013) (78). À la naissance, l'appareil auditif est prêt mais immature (Loundon et coll., 2009) (79). Il n'a pas atteint la maturation neurologique périphérique nécessaire pour pouvoir intégrer correctement les informations auditives au niveau central. La myélinisation des fibres nerveuses se poursuit grâce aux stimulations auditives périphériques. Celles-ci vont stimuler la cochlée et permettre aux influx nerveux de rejoindre les centres supérieurs et ainsi parvenir à la maturation nécessaire au bon fonctionnement du système auditif. Ainsi, « la fonction crée l'organe » (Bizaguet, 2006 in Garabédian et coll., 2006) (8) (Beller, 1969) (6) : les voies auditives achèvent leur développement au contact de stimulations sonores.

Si les voies auditives ne sont pas stimulées, alors le territoire de l'audition peut être réutilisé pour remplir une autre fonction avec le phénomène de plasticité cérébrale (Cotte et coll., 2006) (23). Il est donc primordial de présenter des stimuli sonores au nourrisson dès que possible.

C'est à partir de la quatorzième semaine, vers la fin du premier trimestre de grossesse, que le fœtus commence à réagir aux stimuli auditifs (Larsen, 2003) (66). Vers la seizième semaine, il entend la voix de sa mère et tous les sons produits par l'organisme maternel (battements de cœur, digestion). Il entend également certains sons forts provenant de l'extérieur mais de façon diffuse. À la vingt-cinquième semaine d'aménorrhée, le fœtus est capable de distinguer la voix de sa mère. La voix de son père lui parvient également quelques semaines après et est bien perçue par le bébé, étant composée de sons plus graves. Il peut également percevoir les bruits de fond (Lisch, 2013) (78) (Lecanuet, 1995) (69).

Durant la période néonatale, le nourrisson normo-entendant est attentif au moindre bruit. Il tourne pourtant plus volontiers son attention sur les stimuli verbaux plutôt que non verbaux. Il distingue également les bruits agréables des bruits dérangeants (Loundon et coll., 2009) (79), mais s'habitue assez vite à son environnement sonore. Le nouveau-né est sensible au rythme et à la prosodie de la parole, notamment à l'intonation de la voix

maternelle. Quelques semaines après sa naissance, il commence déjà à discriminer les sons (Moscato & Pieraut-Le-Bonnec, 1984) (85). La parole commence alors à être analysée de façon syllabique et phonémique, le nourrisson peut ainsi reconnaître une même syllabe dans différentes phrases. La perception catégorielle des contrastes se met en place au cours du premier mois : elle faiblira à partir de deux ans, et il faudra attendre entre le cinquième et le septième mois postnatal pour que la sensibilité aux catégories vocaliques apparaisse (Kuhl et coll., 1992) (61) (Gout, 2001) (46). Entre huit et dix mois, le nourrisson peut repérer des mots au sein de phrases (Lenneberg, 1967) (76) (Loundon et coll., 2009) (79).

Les centres auditifs quant à eux achèvent leur développement entre quatre et sept ans (Pujol et coll., 1997, In Rubel et coll., 1997) (95).

B. Niveaux de traitement perceptif.

Afin d'accéder à la compréhension des informations sonores de leur environnement, tous les enfants normo-entendants doivent passer par différentes étapes de traitement, qui sont en interaction les unes avec les autres.

La fonction d'alerte consiste à réagir à la présence ou l'absence de stimulus sonore sans y avoir été préparé, sans être placé en situation d'écoute. Elle est indispensable au bon déroulement des apprentissages.

La détection, quant à elle, s'effectue en situation d'écoute ; l'enfant doit être concentré et s'attacher à déceler la présence ou l'absence de bruits dans différents contextes.

La discrimination est « l'habileté à percevoir les similitudes et les différences des paramètres acoustiques des sons (fréquence, intensité, durée) » (Bergeron & Henry, 1994) (7). C'est également la capacité de pouvoir comparer deux stimuli entre eux et dire s'ils sont identiques ou non.

Vient ensuite la reconnaissance, autrement dit l'habileté à reproduire un stimulus, en manifestant sa reconnaissance. Une phase d'imprégnation préalable est donc nécessaire, tandis que l'identification est l'action de nommer précisément le stimulus en question en liste ouverte, et par conséquent d'avoir accès au sens de celui-ci. Cela permet d'accéder à l'étape finale qu'est la compréhension, l'étape la plus complexe, qui permet de saisir le sens des nouveaux mots et de percevoir le sens du message (Loundon et coll., 2009) (79).

C. Niveaux de traitement de la parole.

Comprendre la parole nécessite de mettre du sens sur ce qui n'était à la base qu'un signal acoustique. Ceci passe par une succession d'étapes intermédiaires pour traiter et analyser la parole, qui s'automatisent dès le plus jeune âge chez le sujet normo-entendant :

- L'étape acoustique consiste à reconnaître, par un traitement auditif, le type de signal acoustique auquel le sujet est confronté : un son langagier ou non.
- Puis dans ce signal de parole continu, le sujet doit segmenter et « délimiter les frontières phonémiques des sons » (Lemaire, 1999) (75) : c'est l'étape phonétique. La façon dont chaque unité minimale distinctive est prononcée est ainsi analysée.
- Au niveau phonologique, le traitement de ces phonèmes ne s'effectue plus de manière isolée, c'est une étude fonctionnelle des sons, de leur interaction. Ce sont des mots, non porteurs de sens.
- L'étape syntaxique permet de traiter les mots non plus de manière isolée mais au sein d'une phrase et de se concentrer sur les structures du langage (Nourdin, 2010) (90).
- Il sera nécessaire de passer au niveau lexico-sémantique pour avoir accès à une représentation sémantique du mot, mettre du sens et accéder à son concept. C'est l'étape de reconnaissance des mots.
- Enfin, l'étape contextuelle influe sur la reconnaissance des mots ; elle associe le contexte aux mots dans une conversation pour permettre une meilleure compréhension.

D. Autres phénomènes jouant un rôle dans l'intégration auditive.

1. La complémentarité audiovisuelle.

« L'audition ne peut se résumer à l'oreille » (Mazeau, 2005) (81). En effet, l'audition seule peut parfois ne pas suffire à comprendre la parole de son interlocuteur, notamment en milieu bruyant. La perception de la parole devient alors multimodale.

a) La lecture labiale.

Une coopération audiovisuelle s'effectue lors de la perception de la parole. La congruence temporelle et spatiale de la parole apporte un bénéfice supplémentaire dans la compréhension du message (Rouger, 2007) (99).

La lecture labiale est une stratégie qui consiste à distinguer les sons émis par une personne de manière visuelle. A. Dumont et C. Calbourt parlent même de « perception visuelle de la parole » plutôt que de lecture labiale : en effet, cette dernière s'appuie non seulement sur l'observation du mouvement des lèvres, mais aussi sur celle des dents, des mâchoires, de la langue, des joues, voire des gestes manuels et corporels (Dumont & Calbour, 2002) (32). La perception auditive est ainsi influencée par le mouvement des lèvres et du visage, voire du corps : le son est déterminé avant même qu'il ne soit discriminé en phonème.

Les voyelles sont plus facilement identifiables que les consonnes car la lecture labiale ne permet d'avoir qu'une vue extérieure des organes phonatoires. Chez les personnes normo-entendantes, la lecture labiale est utilisée comme une aide supplémentaire, notamment dans un environnement bruyant. Et même lorsque le bruit ambiant augmente, elle continue à contribuer à la perception de la parole (Sumby & Pollack, 1954) (107). Elle est innée, automatique et inconsciente. Mais son utilisation reste limitée à cause de la variabilité du mode d'articulation de chaque interlocuteur, des sosies labiaux qui ne permettent pas d'obtenir toutes les informations nécessaires par une lecture labiale isolée. Elle nécessite donc de percevoir, interpréter et compléter ce qui est vu, perçu en complément des sons de la parole : elle fait donc appel à la suppléance mentale.

Dès le cinquième mois après la naissance, le nourrisson est capable de corrélérer la perception auditive et la perception visuelle au niveau des voyelles. Il peut ainsi se rendre

compte d'une mauvaise combinaison auditivo-articulatoire (Loundon et coll., 2009) (79), capacité liée à l'effet Mc Gurk.

b) L'effet Mc Gurk.

Au niveau perceptif, ce phénomène crée une interférence entre l'audition et la vision de la parole. Ce phénomène illusoire a été démontré pour la première fois par McGurk et McDonald dans les années 1970 et étudié maintes fois par la suite (McGurk, 1976) (83).

L'expérience consiste à voir le visage d'une personne qui prononce la syllabe [ga] et entendre une bande sonore enregistrée avec la syllabe [ba]. Le stimulus sonore ne correspondant pas au stimulus visuel proposé simultanément, le sujet alors soumis à cette expérience entend [da] par phénomène de fusion de phonèmes (consonne vélaire perçue et consonne bilabiale entendue). Le phénomène inverse (consonne bilabiale perçue et consonne vélaire entendue) entraîne un phénomène de combinaison de phonèmes où le sujet entend [bga].

La perception de la parole n'est donc pas uniquement auditive. Ce qui est entendu est différent de ce qui est vu et cela perturbe la perception auditive. En effet, la perception visuelle tend à déformer le stimulus sonore perçu ; même si l'auditeur est informé du stimulus sonore exact, il ne peut l'entendre correctement, l'illusion perceptive persiste.

2. La suppléance mentale.

Il arrive parfois que des parties du signal sonore nous échappent, notamment en milieu bruyant. Notre cerveau arrive à contourner ces discontinuités dans le message sonore et à reconstruire les parties manquantes grâce au phénomène de suppléance mentale.

La suppléance mentale est une stratégie qui consiste « à deviner ce qu'on n'a pas réussi à comprendre immédiatement » (Brin et coll., 2011) (14). Il est donc primordial de pouvoir s'appuyer sur de bonnes capacités langagières et cognitives pour pouvoir accéder à la suppléance mentale.

La suppléance mentale est permise par la redondance des indices acoustiques ; ceux-ci permettent de compléter les parties manquantes dans le flux de la parole. Les

indices acoustiques pour les consonnes sont (Delattre, 1958) (26) : une turbulence ou pôle de bruit (explosion ou friction), les transitions formantiques et les indices temporels de voisement VOT (Voice Onset Time) ; pour les voyelles, on trouve les hauteurs fréquentielles des formants, le fondamental laryngé F_0 , l'intensité de la voyelle prononcée et l'indice de compacité (rapport entre F_1 et F_2). Ainsi, l'intelligibilité du message est préservée même lorsqu'un indice est altéré ou absent grâce aux nombreux indices acoustiques.

Il existe d'autres procédés de suppléance mentale : les phénomènes d'illusion de continuité et de restauration phonémique (Warren & Warren, 1970) (111). Concernant le premier, l'auditeur ne se rend absolument pas compte du phonème manquant, il est incapable de dire quel était le phonème absent dans la phrase. Et pour le second, le phonème manquant ne gêne pas non plus la compréhension de la phrase car il permet d'accéder au mot tronqué en s'appuyant sur le contexte phrastique. L'ambiguïté qui aurait pu s'installer est vite écartée, le phonème est suppléé grâce au contexte dans lequel il se trouve.

III. Spécificités de l'audition dans le bruit. (Rédaction commune)

A. Le bruit.

1. Définitions.

Le bruit est une vibration acoustique erratique, non périodique, qui se compose d'une multitude de fréquences. Il correspond à toute sensation auditive désagréable ou gênante : c'est un signal indésirable superposé au signal-cible.

Le bruit de fond se compose de « bruits stables, de bruits fluctuant de façon répétitive, de bruits fluctuants avec événements acoustiques prévisibles ou imprévisibles » (Legent et coll., 2011) (72) (Legent et coll., 2012) (71).

Différents types de bruits sont utilisés en examen ORL afin de tester les capacités perceptives auditives en milieu bruyant.

Le rapport signal sur bruit (RSB) ou Signal-to-Noise Ratio est la différence, exprimée en décibels, entre le niveau du signal vocal et le niveau du bruit. Ce rapport est positif quand l'intensité de la voix est plus élevée que celle du bruit, et inversement (Goujon, 2012) (44) (Goujon, 2013) (45).

2. Différents types de bruit.

a) Les bruits stationnaires.

Les bruits stationnaires ne présentent pas de fluctuation temporelle. De ce fait, leur calibration est facile et leur rapport signal sur bruit est précis. Ils permettent donc une bonne reproductibilité lorsqu'ils sont utilisés en examen (C. Coudert).

i. Le bruit blanc.

Le bruit blanc est un bruit dont l'énergie spectrale est constante sur toutes les fréquences (Lalitte, 2008) (64). Le son soufflé que produit un téléviseur lorsqu'il y a un effet de neige en est un bon exemple. Ce type de son ne correspond pas à la situation réelle la plus courante.

ii. Le bruit rose.

Le bruit rose est un signal aléatoire présent sur toutes les fréquences. Il se différencie du bruit blanc par une diminution de 3 dB chaque fois que la fréquence est doublée. Ainsi, l'énergie spectrale reste constante par bande d'octave et non sur toute l'échelle de fréquence. Comme toutes les fréquences sont perçues de manière égale, le bruit rose est souvent qualifié d' « uniformément masquant » (Lalitte, 2008) (64).

iii. Le speech noise.

Le speech noise est un bruit dont la densité spectrale est constante sur toutes les fréquences jusqu'à 1000 Hz, puis qui diminue ensuite de 12 dB par octave. Ce type de bruit se rapprocherait du spectre moyen de la parole (Lalitte, 2008) (64).

b) Les bruits non-stationnaires.

Les bruits non-stationnaires présentent des fluctuations temporelles, ils sont plus réalistes. Cependant, leur calibration est difficile, leur dynamique et rapport signal sur bruit

sont fluctuants. La reproductibilité d'un examen est donc plus problématique avec ces bruits (C. Coudert).

i. Le bruit de Cocktail party.

Le bruit de Cocktail party est un mélange des paroles de plusieurs personnes, très proche du spectre à long terme de la parole. Il existe plusieurs types de séquences Cocktail party selon la manière dont ces voix ont été mixées : quatre, six ou huit voix mixées (le nombre et le sexe des personnes n'étant pas vraiment défini d'un point de vue scientifique) (Collège National d'Audioprothèse, 2008) (20).

Cette situation d'écoute est représentative de la vie courante, puisqu'au quotidien, nous sommes souvent confrontés à des signaux de parole présentés simultanément (au restaurant, dans une cour de récréation...).

Ce bruit contient un contenu sémantique, donc des caractéristiques phonétiques similaires à celles de la parole, pouvant perturber l'attention auditive et la compréhension dans le bruit (Goujon, 2012) (44) (Goujon, 2013) (45).

ii. L'OVG.

L'OVG, ou Onde Vocale Globale, a été créée par Léon Dodelé dans le but d'obtenir une situation d'écoute représentative de la vie courante. Elle se compose de plusieurs signaux de parole simultanés (Lasry & Del Rio, 2012) (67) : au moins quatre personnes lisent chacune un texte différent en même temps (deux en français, deux en anglais).

L'OVG est donc un bruit représentatif de la réalité. Son utilisation, plus que celle de tout autre bruit, est pertinente puisqu'elle tend à se standardiser lors de la réalisation de tests d'audiométrie vocale dans le bruit dans la plupart des hôpitaux (Gabet, 2011) (39), (Lasry & Del Rio, 2012) (67).

Cette situation peut apparaître comme gênante pour l'auditeur, étant donné qu'il y a concurrence entre tous ces signaux (répartition énergétique et spectre de modulation d'amplitude similaires) (Collège National d'Audioprothèse, 2008) (20). Cependant, contrairement au bruit de Cocktail party, il ne présente aucun contenu sémantique (Deneulin & Renard, 2011) (28).

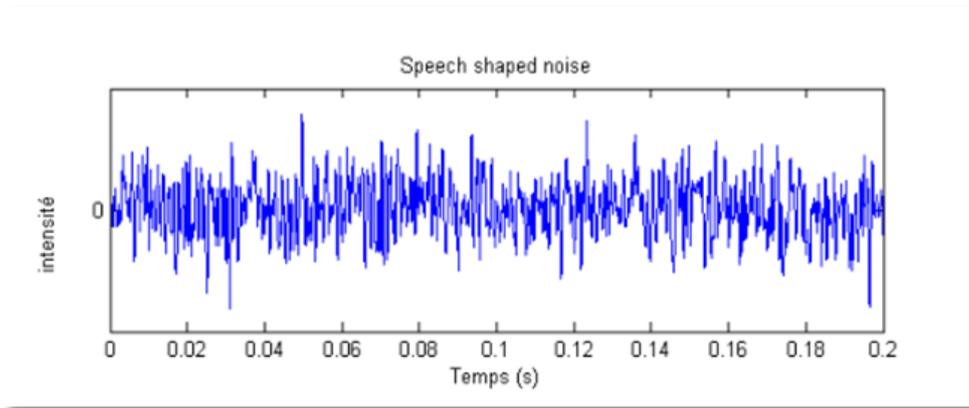


Figure 3 : représentation de l'intensité sonore de l'OVG en fonction du temps (114)

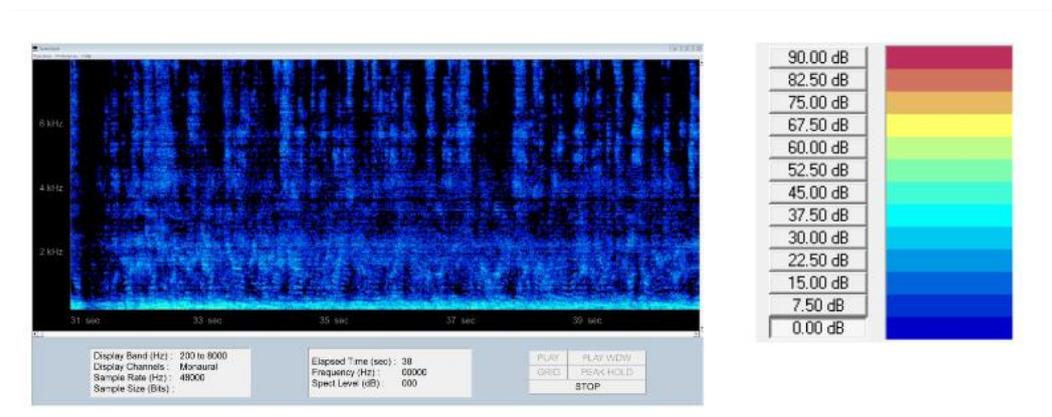


Figure 4 : spectrogramme de l'OVG (115)

B. Mécanismes supplémentaires nécessaires à l'audition dans le bruit.

1. L'analyse des scènes auditives.

Au quotidien, nous sommes régulièrement confrontés à différents signaux sonores nous parvenant simultanément : la voix de notre interlocuteur, les autres voix alentour, les bruits environnants... Malgré des situations d'écoute de parole plus ou moins optimales, le sujet normo-entendant peut décoder et comprendre les messages reçus. Ceci est rendu possible grâce à des mécanismes auditifs très particuliers, qui s'effectuent au niveau central de l'audition : on parle d' « analyse des scènes auditives » (ASA) (Bregman, 1994) (12).

Les scènes auditives peuvent être composées de parole, de bruit ou d'un mélange des deux à la fois. Leur analyse est la capacité à regrouper les sons provenant d'une même

source sonore en un seul flux auditif, et inversement, à séparer les sons issus de sources sonores différentes en plusieurs flux auditifs (Grimault & Gaudrain, 2006) (49). L'ASA permet de cette manière la discrimination et l'identification des représentations sonores qui sont à l'origine de ces scènes auditives, et ainsi de comprendre notre environnement auditif. Si les différents stimuli perçus ne peuvent être séparés, on ne peut comprendre la scène auditive et elle ne peut prendre sens (Bregman, 1994) (13) (Lienard, 2006) (77).

Ce travail de « tri » des différents sons est effectué à partir d'indices de similarité et de différence, issus des informations spectrales et temporelles du stimulus auditif. Grâce à ces indices, les sons peuvent être (Cheveigné, 2000) (18) :

- reconnus comme provenant d'une seule source sonore et rassemblés en un même flux auditif : c'est la fusion des scènes auditives en un flux,
- reconnus comme provenant de sources sonores différentes et séparés en plusieurs flux auditifs distincts : c'est la ségrégation des scènes auditives en flux. Ce processus favorise particulièrement la compréhension dans le bruit.

Il faut également noter que la perception d'un signal sonore précis parmi d'autres émissions présentées simultanément nécessite « d'identifier à chaque instant les éléments propres à cet événement, mais aussi de les suivre au cours du temps ». La structuration de la scène auditive peut donc se faire :

- à un moment donné : on parle alors d'organisation auditive simultanée,
- au cours du temps : on parle alors d'organisation auditive séquentielle.

2. Attention et ségrégation auditive.

Le facteur attentionnel jouerait également un rôle dans l'analyse des scènes auditives : la ségrégation reposerait à la fois sur un mécanisme de ségrégation automatique et sur un mécanisme attentionnel (Snyder et coll., 2006) (106).

Les mécanismes de ségrégation auditive s'effectuant de manière purement automatique sont dits « primitifs ». Le processus de fusion des flux, par exemple, semble reposer sur des mécanismes automatiques (Collège National d'Audioprothèse, 2008) (20).

L'ASA peut aussi s'effectuer à partir de processus de plus haut niveau, et alors faire appel à des mécanismes attentionnels. Un premier mécanisme attentionnel permet d'améliorer le traitement de l'information pertinente. Il y a reconnaissance volontaire de la part du sujet : Alain et Arnott parlent d'attention sélective (Alain & Arnott, 2000) (1)

(Alain & Bernstein, 2008) (2). L'attention du sujet se focalise sur certains sons ou certaines classes de sons. Ce processus conscient est particulièrement important pour la ségrégation des flux (Normand, 2008) (89).

Un second mécanisme attentionnel est le mécanisme de suppression. Il est basé sur les images sonores préenregistrées dans notre mémoire auditive, appelées schémas, reconnues lors de l'analyse. Ce mécanisme est lié à nos précédentes expériences auditives, contrairement au mécanisme primitif (Devergie et coll., 2010) (29).

3. Zoom sur la ségrégation des scènes auditives en flux auditifs.

La ségrégation d'une voix parmi d'autres signaux de parole non pertinents est appelée « effet cocktail » selon Cherry (Cherry, 1953) (17). Elle est soumise à plusieurs facteurs (Bronkhorst, 2000) (15). Le RSB semble avoir un rôle dominant dans ce phénomène. D'autres facteurs sont également remarquables : les indices de localisation spatiale des sources sonores, les indices binauraux, les indices de hauteur, les fluctuations présentes dans les signaux de parole, la réverbération de la salle et les capacités d'attention divisée. De plus, une déficience auditive entraîne des conséquences néfastes sur la ségrégation des scènes auditives dès 41 dB de perte, c'est-à-dire dès le stade de la surdité moyenne.

a) La ségrégation simultanée.

L'organisation auditive simultanée repose sur différents indices (Baudouin & Tiberghien, 2007) (5) (Collège National d'Audioprothèse, 2008) (20) (Nie & Nelson, 2015) (87) :

- Le synchronisme des attaques et des chutes :

Les composantes spectrales d'un événement émanant d'une même source tendraient à commencer en même temps, à varier ensemble et à chuter simultanément. Ce phénomène s'observe à la fois pour le bruit et pour la parole. Ainsi, un décalage temporel de plus de 60 millisecondes entre les attaques de deux signaux de parole suffit à faire comprendre au système auditif que les flux sont à traiter séparément. À l'inverse, deux attaques séparées par moins de 30 millisecondes seront fusionnées par le système auditif.

- La cohérence des modulations d'amplitude et de fréquence :

Les fréquences émises par une source sonore évoluent en accord avec la fréquence fondamentale. Ainsi, une incohérence dans la variation d'amplitude/fréquence sera traduite par le système auditif comme la présence d'un deuxième événement sonore, et sera donc traitée séparément (Grimault et coll., 2002) (48) (Slazardy et coll., 2013) (104).

- L'harmonicité commune et la séparation des fréquences fondamentales :

Le système auditif tend à regrouper ensemble une fréquence fondamentale et tous ses multiples entiers, et à en séparer les fréquences n'ayant pas de rapport avec ce F_0 . Ainsi, lors d'une situation d'écoute avec plusieurs signaux de parole simultanés, les différentes fréquences fondamentales seront traitées afin de séparer les composantes fréquentielles émises par chacun des locuteurs.

- La position commune dans l'espace :

Les événements sonores provenant d'une même position spatiale tendent à être regroupés ensemble. Localiser un signal de parole parmi d'autres, comme dans une situation de cocktail party, favorise donc son traitement perceptif auditif.

b) La ségrégation séquentielle.

L'organisation auditive séquentielle a pour but de regrouper dans un même flux auditif des événements sonores temporellement disjoints. Elle repose en règle générale sur la base d'un brusque changement perceptif. Les principaux facteurs de ségrégation séquentielle sont (Grimault & Gaudrain, 2006) (49) :

- Des différences de contenus fréquentiels,
- Des différences d'enveloppes spectrales,
- Des différences de hauteurs (E. Gaudrain a montré à ce propos que la périodicité de l'enveloppe temporelle ne semblait pas être un indice de hauteur utilisable pour la parole (Gaudrain, 2008) (40)),
- Des différences de bandes passantes,
- Des différences d'intensités (en cas de variation trop rapide par rapport au taux d'événements).

Les événements successifs provenant d'une même source sonore ont des composantes fréquentielles, une enveloppe spectrale, une hauteur, une bande passante et

une intensité similaires. Une variation trop importante de ce contenu indique donc la présence d'une ou plusieurs autres sources. Les composantes sont alors traitées séparément par le système auditif.

c) Le rôle des indices spectraux dans la ségrégation des flux auditifs.

La « théorie des canaux » défend l'idée que les indices spectraux sont issus de la décomposition fréquentielle tonotopique, effectuée par la membrane basilaire (dans la cochlée au sein de l'oreille interne). Ainsi, deux sons excitant la même zone de la cochlée seront soumis à la même analyse ; on parle de « signaux non résolus » par le système auditif. À l'inverse, deux sons excitant des zones différentes de la cochlée seront traités séparément, dans deux flux différents (Hartmann & Johnson, 1991) (53).

Ces indices peuvent être stables, comme les formants des voyelles, ou dépendants du contexte, tels que les transitions entre deux phonèmes (Gnansia, 2009) (43).

Toutefois, cette théorie est remise en question. En effet, des travaux comme ceux de C. Mackersie montrent que la perte de sélectivité fréquentielle et les performances de ségrégation ne sont pas significativement liées (Mackersie et coll., 2001) (80).

De plus, il a été montré que la ségrégation des ASA est possible même sans indices spectraux, le degré de résolubilité des harmoniques ayant une grande influence : les informations concernant l'enveloppe temporelle peuvent donc conduire à une reconnaissance de la parole (Grimault et coll., 2000) (50) (Smith et coll., 2002) (105). Cette observation est renforcée par l'intelligibilité réduite de la parole constatée chez des enfants atteints de troubles centraux perturbant les traitements temporels (Tallal, 1993) (109).

d) Le rôle des indices temporels dans la ségrégation des flux auditifs

Les indices auditifs temporels sont « fournis par les distributions de décharges neurales des fibres afférentes du nerf auditif » (Gnansia, 2009) (43). Ce sont les fluctuations de l'amplitude et de la fréquence du signal de parole au sein de chaque bande de fréquence cochléaire. Ces fluctuations temporelles sont de deux types :

- L'enveloppe temporelle correspond aux fluctuations du signal de parole les plus lentes (inférieures à 50 Hz environ). Elle donne des informations sur l'intensité, la durée, le temps d'attaque/de chute du signal, codées par la cochlée via le phénomène de tonotopie.
- La structure temporelle fine correspond aux fluctuations les plus rapides (plus de 50 Hz). Elle donne des informations sur la fréquence fondamentale, le timbre, le lieu d'articulation, la nasalité, codées grâce au phénomène de phase-locking.

L'enveloppe temporelle seule peut suffire à identifier un signal de parole dans le silence (Grimault et coll., 2002) (48). En revanche, c'est la structure temporelle fine qui sera essentielle dans le bruit (Hopkins et coll., 2008) (56), notamment pour obtenir la fréquence fondamentale du signal de parole (Hopkins & Moore, 2007) (55).

C. Phénomènes de binauralité.

Notre appareil auditif est composé de deux organes, placés de chaque côté de la tête. L'audition binaurale, plus confortable que l'audition monaurale, engendre moins d'efforts pour trouver le signal de parole cible en milieu bruyant. Elle doit être équilibrée pour être efficace.

Cependant, il ne s'agit pas d'effectuer une simple addition des indices acoustiques arrivant à nos deux oreilles, le traitement cérébral au niveau des aires auditives va permettre d'analyser et traiter les sons afin de faire émerger la parole de notre interlocuteur.

L'audition binaurale est utile à bien des niveaux ; elle apporte une meilleure compréhension en milieu bruyant, améliore la sensation et la qualité des sons, permet la localisation des sons et l'analyse des scènes auditives.

La stéréophonie s'appuie sur (Fournet & Guindéo Roccia, 2014) (38) : l'audition binaurale mais aussi sur la fonction binaurale, qui analyse les informations acoustiques, pour que l'auditeur conserve la répartition des sources sonores (IEC, 1997) (58).

Ainsi, il existe différents phénomènes intervenant dans l'efficacité de l'audition binaurale.

1. L'effet d'ombre de la tête.

Lorsqu'un son en provenance d'un côté de notre tête arrive dans notre direction, il se voit ralenti par notre tête ; pour que le son arrive jusqu'à l'oreille controlatérale, il doit contourner cet obstacle. Les deux oreilles perçoivent la même onde sonore, mais à une fréquence, une intensité et un intervalle de temps interaural différents (Bronkhorst & Plomp, 1988) (16), permettant de localiser la provenance du son. L'effet d'ombre de la tête n'est pas identique sur toutes les fréquences. Les ondes sonores aiguës, ayant une longueur d'onde plus courte et se voyant freinées par un obstacle plus grand qu'elles, sont ainsi ralenties. La perception du son par l'oreille controlatérale est alors abaissée de 25 dB sur les fréquences aiguës (E. Bizaguet).

Un son arrivant latéralement (à un angle de 90°) et dont la fréquence est inférieure à 1500 Hz subira une diffraction et contournera facilement l'obstacle pour arriver à la deuxième oreille située à l'opposé de la source, tandis qu'un son dont la fréquence est supérieure à 3000 Hz sera réfléchi et n'atteindra pas la deuxième oreille.

Si la fréquence est comprise entre 1500 et 3000 Hz, il se produit alors un mélange de ces deux phénomènes.

Par contre, un son provenant de devant ou derrière la tête de l'auditeur est quant à lui plus difficile à localiser.

2. La sommation de sonie.

La sonie est la sensation subjective liée à l'intensité acoustique ; c'est ce qui nous permet de différencier un son fort d'un son faible, d'apprécier le volume sonore via la pression acoustique.

Lorsque les deux oreilles perçoivent le même son, au même moment, la sommation de sonie double cette sensation au niveau central (Plomp, 1976) (94) (Deys & Lermigeaux., 2004) (30), l'auditeur a l'impression d'entendre deux fois plus fort ; au seuil de perception, la sonie est de 3 dB et de 6 dB au seuil supraliminaire.

Il est indispensable que l'audition soit symétrique (Parizet, 2011) (91), sinon la sonie s'en trouve perturbée. La sonie peut également être modifiée :

- par l'effet de masque : avec un masquage au niveau central et non périphérique, on peut modifier la sonie d'un son pur sans toucher à l'oreille testée.
- par l'effet de durée : après avoir augmenté, la sonie baisse légèrement après 400 millisecondes.

- par le réflexe stapédien : ce dernier diminue la sonie en réduisant la vibration sonore contre le tympan par contraction de la chaîne tympano-ossiculaire.
- par la prévisibilité du signal : lorsqu'on s'attend à entendre un son fort, la sonie est plus faible que lorsqu'on ne s'y attend pas.
- par la fatigue auditive : après une exposition à un son trop fort, notre seuil d'audition s'élève, faussant notre sensation (Botte & Scharf, 1980) (11). La sonie, contrairement aux autres sensations, ne connaît pas d'adaptation subjective d'intensité, elle ne diminue pas en fonction du temps (Scharf et coll., 1983) (101).

3. Le démasquage binaural.

Le démasquage binaural ou squelch effect est un phénomène permettant de repérer un son dans un environnement bruyant (Cotte et coll., 2006) (23). Il permet de comparer les informations sonores perçues par les deux oreilles et de séparer le signal de parole cible du bruit de fond. Il s'agit donc d'extraire un son cible en présence d'autres sons masquants.

On parle d'effet de masque lorsqu'un son est rendu inaudible par un autre. Il existe deux types d'effet de masque : les masquages temporels et les masquages fréquentiels.

Les masquages temporels peuvent se dérouler de façon simultanée, mais aussi avec effet de précédence également appelé « effet de Haas », avant le son masqué, ou encore en second lieu, c'est-à-dire que le son masquant est émis après le son masqué.

Concernant les masquages fréquentiels, ce sont les sons graves qui masquent les sons aigus. Si jamais les fréquences sont identiques, c'est au niveau de l'intensité que se joue le masquage : les fréquences basses vont masquer les fréquences hautes.

Il existe également deux grands types de masquages perceptifs : le masquage énergétique et le masquage informationnel (Renard & Azema, 2008) (96).

« Le masquage énergétique est présent dès que la parole est perçue dans une situation où un bruit extérieur vient s'ajouter au signal de parole et recouvre en temps et en fréquence une partie des informations qu'elle contient » (Grataloup, 2007) (47).

Le masquage informationnel, quant à lui, serait composé par « les informations langagières présentes dans le bruit concurrent. Lorsque ce dernier est un bruit de parole, celui-ci contient des informations linguistiques qui vont pouvoir interférer avec les informations du signal de parole cible », selon Grataloup. Le « signal est en partie camouflé par d'autres éléments, il ne s'impose pas immédiatement à la perception »

(Renard & Azema, 2008) (96) et il serait plus difficile ici de faire émerger le signal de parole (Summers & Molis, 2004) (108). Cependant, chez les normo-entendants, il y a une grande variabilité interindividuelle de ce masquage selon Neff et Dethlefs (Neff & Dethlefs, 1995) (86) (Collet et coll., 2001) (21).

Il a été constaté que lorsque le son cible était masqué par plus de quatre locuteurs, les performances d'identification de la cible étaient similaires à celles obtenues avec un masque constitué d'un bruit façonné par la parole (Bronkhorst, 2000) (15) (Gaudrain, 2008) (40). Il faut ajouter un nombre suffisant de locuteurs pour produire un masque quasi-stationnaire avec un signal de parole : ainsi « le masquage maximum apparaît dès que l'on mélange quatre voix » (Lehmann, 1969 in Renard & Azema, 2008) (96). D'après l'étude de Miller, le bruit masquant le plus efficace, parmi différents types de masques sur la perception de la parole, est un bruit dont le spectre à long terme est celui de la parole (Miller, 1947) (84).

Si le masque et le son cible sont situés à deux emplacements distincts, alors en situation d'audition binaurale, les ressources attentionnelles seront dirigées vers l'oreille recevant le meilleur RSB, ce qui permettra une meilleure intelligibilité de la parole dans le bruit (Hornsby et coll., 2006) (57).

4. La localisation monaurale.

La localisation monaurale ne peut remplacer l'audition binaurale mais elle permet, grâce au pavillon de l'oreille externe notamment, de localiser sur le plan vertical un son provenant droit devant ou droit derrière la tête, ce qui est impossible en situation d'écoute binaurale.

Le signal est soumis à des transformations acoustiques en venant se répercuter sur les structures anatomiques de l'oreille externe spécifiques à chaque individu, comprenant le pavillon, ses aspérités et le conduit auditif externe (Cotte et coll., 2006) (23).

Le son subit des altérations : des pics (résonances) et des creux (antirésonances) se forment sur le spectre fréquentiel du signal, sur lesquels l'auditeur se base pour déterminer la direction de la source du signal (Croguennec, 2007) (24).

Un court apprentissage ainsi qu'une liberté de mouvement de la tête sont nécessaires pour améliorer les performances de localisation monaurale.

D. Impact du bruit sur la compréhension de la parole.

1. Perception et intelligibilité de la parole.

a) Perception de la parole.

Le champ auditif humain d'un jeune individu normo-entendant s'étend de 0 à 120 dB HL ; au-delà, il y a un risque d'endommager les cellules ciliées de la cochlée. Il peut percevoir les sons dont les fréquences sont comprises entre 20 Hz et 20 000 Hz (Demichelis et coll., 1969) (27). Le seuil d'audibilité se situe à 0 dB HL : c'est le seuil le plus faible où l'on peut entendre un son. À 10 dB HL, le seuil de reconnaissance permet d'entendre la différence entre de la parole, de la musique et du bruit.

Mais il y a une grande différence entre entendre et comprendre : pour pouvoir comprendre la parole, il faut un seuil minimum de 20 dB HL au-dessus du seuil d'audibilité, sinon l'émergence de la voix n'est pas suffisante pour comprendre la parole (E. Bizaguet).

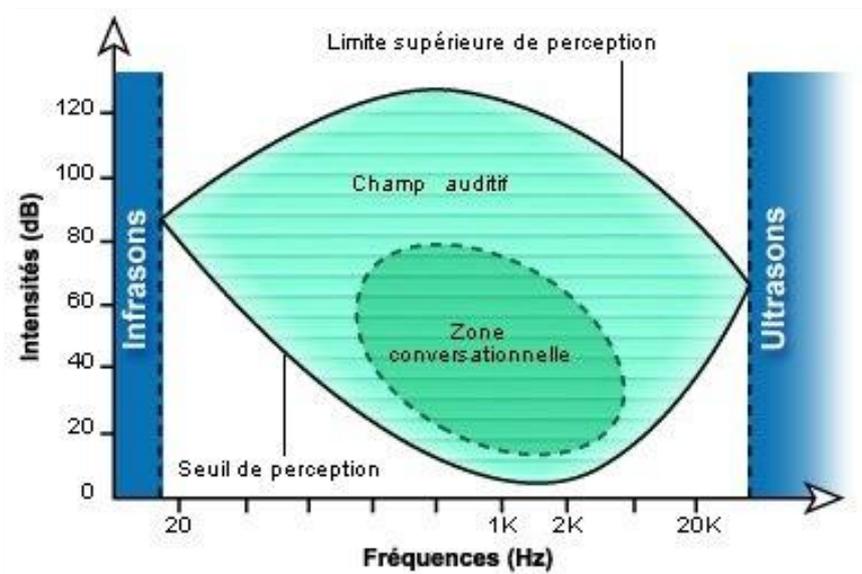


Figure 5 : schéma de la courbe audiométrique de l'oreille humaine (116)

b) Intelligibilité et compréhension de la parole.

Selon Fletcher et Steinberg (Fletcher & Steinberg, 1929) (36), l'intelligibilité est définie comme une mesure du taux de transmission de la parole. Elle peut être mesurée via

des auditeurs, des signaux artificiels ou des paramètres physiques comme la géométrie d'une pièce.

L'intelligibilité de la parole se base ainsi sur le canal de communication, tandis que la compréhension de la parole se fonde sur les performances du locuteur (Fontan, 2013) (37).

Le seuil de réception de la parole ou seuil d'intelligibilité (« Speech Reception Threshold » noté SRT en anglais) est défini comme la valeur du RSB pour laquelle l'auditeur arrive à comprendre 50% des mots émis par l'interlocuteur (Brin et coll., 2011) (14) (Artières et coll., 2010) (3). Il est communément utilisé pour évaluer l'intelligibilité. Le « Speech Transmission Index » (STI) est également utilisé comme échelle pour calculer le niveau d'intelligibilité de la parole (Rossi, 2007) (95).

De nombreux facteurs peuvent venir perturber l'intelligibilité de la parole :

- La direction du son, notamment en présence de bruit : si le masque et le son cible sont situés à deux emplacements distincts, alors en situation d'audition binaurale, les ressources attentionnelles seront dirigées vers l'oreille recevant le meilleur RSB, ce qui permettra une meilleure intelligibilité de la parole dans le bruit (Hornsby et coll., 2006) (57).
- Le bruit de fond : plus le bruit masquant augmente, plus l'effet masquant augmente à son tour (Grataloup, 2007) (47). De plus, un bruit de cocktail party est plus masquant que tout autre bruit identique au spectre de la voix (Simpson & Cooke, 2005) (103).
- Le temps de réverbération et la configuration d'une pièce : pour un individu normo-entendant, la compréhension de la parole peut être perturbée dès 40 dB de bruit lors d'une conversation de niveau sonore normal dans une pièce de taille moyenne. En effet, l'onde acoustique peut être réfléchiée ou absorbée suivant les obstacles qu'elle rencontre, et une durée d'écho peut apparaître, perturbant notamment l'aspect temporel du signal de parole. Le temps de réverbération optimal est de l'ordre de 0,

5 à 1 seconde concernant l'intelligibilité de la parole ; plus il est court, meilleure est l'intelligibilité (Roulet, 2004) (100).

- Le signal de parole lui-même : « la parole est un signal particulier, par sa variabilité et sa richesse » (Genoud, 1999) (41). La variabilité interlocuteur joue un rôle important dans la qualité du message sonore ; les indices acoustiques des consonnes (transitions formantiques, pôle de bruit, temps de voisement) et des voyelles (fréquence, hauteur, intensité) peuvent être perturbés et détériorer la qualité du signal de parole. Le débit, l'accent, l'émotion ou encore les particularités physiologiques et anatomiques du locuteur rendent l'intelligibilité du signal de parole très variable d'un locuteur à un autre.

2. Compréhension de la parole dans le bruit.

Lorsque plusieurs sons occupent le même espace sonore, la compréhension de la parole se trouve perturbée.

L'effet de masque empêche l'émergence du signal de parole en milieu bruyant ; par ailleurs, il s'accroît d'autant plus avec l'élévation du bruit de fond : plus le bruit de fond augmente, plus le son masquant couvre la parole (Grataloup, 2007) (47).

La stratégie la plus courante pour essayer de se faire comprendre lorsque l'on se trouve dans un milieu bruyant consiste à élever sa voix dans les aigus pour conserver au maximum la compréhension.

Cependant, ce sont les sons aigus qui sont touchés en premier par le bruit. La plupart des informations acoustiques véhiculées dans un message se situent entre 300 et 3000 Hz. Or la compréhension repose pour beaucoup sur les hautes fréquences ; les consonnes contiennent ainsi 60% de traits pertinents pour la compréhension, tandis que les voyelles (sons graves) véhiculent 95% de l'énergie émise par la voix (Bizaguet, 2006, In Garabédian et coll., 2006) (8). Les voyelles sont utiles pour entendre, les consonnes pour comprendre (E. Bizaguet).

Pour que la compréhension de la parole soit préservée, il faut pour un adulte NE que le rapport signal sur bruit soit de 15dB HL, c'est-à-dire que la voix de l'interlocuteur émerge de 15 dB HL au-dessus du bruit.

Or les apprentissages ne sont possibles que lorsque l'émergence de la voix est de 30 à 40 dB au-dessus du seuil d'audition (Bizaguet, 2006, In Garabédian et coll., 2006) (8).

Lors d'une étude menée dans les écoles, il a été constaté que le niveau sonore dans les salles de classe était trop élevé par rapport au seuil de compréhension optimal prescrit. Étaient en cause notamment le bruit de fond ambiant et la réverbération existante dans les salles (Picard & Bradley, 2001) (93). Cela nuit donc à la compréhension en classe et ainsi aux apprentissages, qui ne peuvent se dérouler de façon adéquate si le bruit de fond ne permet pas l'émergence de la voix du maître au sein de la classe.

Par ailleurs, la croissance de la sonie est augmentée par la fatigue et l'effet de masque cumulés (Botte & Scharf, 1980) (11).

E. État des connaissances actuelles sur les capacités de perception auditive dans le bruit chez l'enfant par rapport à l'adulte.

Chez l'enfant, il existe peu d'études sur les capacités de perception auditive dans le bruit, et encore moins chez l'enfant NE. Celles existant montrent quelques différences entre adultes et enfants, que nous allons détailler.

Concernant l'enfant normo-entendant, les performances en discrimination auditive dans le silence équivalent à celles de l'adulte à partir de 8 ans. Dans le bruit en revanche, un enfant NE a plus de difficultés à percevoir la parole qu'un adulte. En effet, les recherches menées chez l'enfant tendent à montrer un effet de l'âge sur les performances d'identification de parole dans le bruit (Fallon et coll., 2002) (35) (Lagacé, 2010) (63) (Laroche et coll., 2006) (65) (Kühnle et coll., 2013) (62).

Les performances dans le bruit entre enfants et adultes deviennent similaires à partir de 11 ans, mais continuent encore à se développer jusqu'à l'adolescence (Deggouj & Demanez, 2010) (25). Une étude, menée plus précisément sur les capacités d'identification de consonnes en milieu bruyant, conclut que les résultats de l'enfant ne deviennent similaires à ceux de l'adulte qu'à partir de 14 ans environ. En outre, lorsque d'autres facteurs se surajoutent au bruit, tels que la réverbération de la salle, cette capacité n'atteindra sa maturité qu'à un âge avancé de l'adolescence (Johnson, 2000) (60).

Une étude portant sur l'identification de mots dissyllabiques en milieu bruyant (bruit continu à 55 dB SPL) a déterminé un seuil d'identification de la parole chez le

nourrisson de 8-10 mois supérieur de 24 dB au seuil de l'adulte (Corbin et coll., 2016) (22).

Florine Fournet et Mélanie Guindéo Roccia ont également étudié la compréhension de mots dans le bruit chez les enfants NE âgés de 3 à 6 ans. Elles ont ainsi trouvé 100% d'intelligibilité pour tous les enfants jusqu'au RSB 0 dB (Fournet & Guindéo Roccia, 2014) (38).

F. Goujon a établi en 2012 une courbe de référence de la compréhension des phrases de Combescure chez les adultes. Il a obtenu de bons résultats pour les RSB +6 dB et +3 dB avec un SRT de +0,5 dB. Il a ensuite observé un déclin de l'intelligibilité à partir de +3 dB, et ce jusqu'à -9 dB, RSB à partir duquel un sujet n'est plus capable de comprendre l'intégralité d'une phrase.

Nilsson et ses collaborateurs ont quant à eux étudié la compréhension de l'enfant en milieu bruyant, à l'aide du HINT (Hearing In Noise Test) (Vaillancourt et coll., 2008) (110). Ils n'ont trouvé aucune différence significative auprès de groupes d'enfants NE âgés de 7-8-9-10 et 11 ans. En revanche, ils ont pu voir que les résultats obtenus s'amélioraient avec l'âge jusqu'à 12 ans inclusivement, quelles que soit les conditions de présentation du test ; après cet âge, les performances étaient similaires à celles de l'adulte (Lagacé, 2010) (63).

Cet âge pivot de 12 ans se retrouve également dans d'autres études. Ainsi, pour les adolescents de 12 ans et plus et les jeunes adultes sans déficit du traitement de la compréhension de la parole dans le bruit, un niveau sonore ambiant n'excédant pas 40 dB est considéré comme acceptable. En revanche, de jeunes enfants, avec un niveau de traitement de la compréhension de la parole dans le bruit de leur âge (donc normal mais n'ayant pas atteint leur maturité), exigeraient des niveaux sonores bien inférieurs : de 39 dB pour les 10-11 ans à seulement 28,5 dB pour les 6-7 ans (Picard & Bradley, 2001) (93).

Cette différence de performances en fonction de l'âge serait due au manque de maturation de l'enfant. Plus particulièrement, deux grands domaines seraient concernés :

- le niveau des compétences cognitivo-linguistiques (Nittrouer & Boothroyd, 1990) (88),
- le développement du système auditif (Fallon et coll., 2000) (34), celui-ci permettant « la distribution spatiale pour supprimer un message non désiré (en particulier lorsque le message et le bruit ne proviennent pas de la même direction) ».

La détection des enveloppes temporelles des stimuli langagiers pourrait également être moins bonne chez l'enfant (Deggouj & Demanez, 2010) (25).

La sensibilité au bruit de fond évolue également avec l'âge : la perception de la parole en présence d'un bruit constitué de voix requiert une plus grande habileté à ségréger et sélectionner des flux auditifs qu'en présence d'un masque composé de bruit.

Ainsi, quel que soit le matériel linguistique utilisé, les performances d'identification des enfants sont moins bonnes que celles des adultes en présence d'un bruit de fond composé de deux voix. En revanche, les résultats des enfants plus âgés recueillis en présence d'un bruit type speech noise (voix multiples) sont similaires à ceux des adultes ; la différence n'est significative qu'entre les enfants jeunes et ceux plus âgés (Leibold & Buss, 2013) (73) (Leibold et coll., 2016) (74) (Bonino et coll., 2013) (10).

PARTIE CLINIQUE

I. Problématique et objectifs.

Nous avons constaté qu'il n'existait que peu d'études de perception auditive dans le bruit portant sur des sujets sans trouble auditif, et encore moins sur des enfants.

Suite à cette observation, nous nous sommes fixé pour but d'étudier les performances perceptives dans le bruit des enfants normo-entendants âgés de 7 à 12 ans : nous avons tenté de créer une courbe de référence de la perception auditive de phrases et d'établir le seuil d'intelligibilité moyen pour chaque âge et par tranche d'âge.

Cette recherche tend vers un seul et unique objectif : faciliter le protocole d'évaluation de l'audition dans le bruit du service ORL de l'hôpital Necker. En effet, nous avons besoin de constamment nous référer au développement normal de l'enfant. Les résultats des patients du service pourront ainsi être comparés à ceux des enfants normo-entendants du même âge.

Nous nous sommes concentrées sur l'une des épreuves de perception auditive dans le bruit très régulièrement proposée en bilan par les orthophonistes au sein du service : le HINT.

II. Hypothèses.

À partir de nos objectifs de recherche, nous avons émis plusieurs hypothèses :

Hypothèse 1 : il existe une corrélation entre l'âge et les performances auditives dans le bruit : les performances s'améliorent avec l'âge.

Hypothèse 2 : Plus l'enfant est concentré, meilleures sont ses performances perceptives.

Hypothèse 3 : Plus le RSB est négatif, plus les performances perceptives diminuent.

III. Méthodologie de recherche.

A. Échantillon de population testée.

Notre population inclut 30 enfants, comprenant 16 filles et 14 garçons, répondant aux critères d'inclusion suivants :

- Des enfants âgés de 7 ans 0 mois à 12 ans 11 mois,
- Ayant une audition normale à sub-normale,
- Une bonne maîtrise de la langue française,
- Sans difficulté particulière observée dans le développement langagier.

Cette population est donc suffisamment conséquente pour que d'une part, les résultats puissent être représentatifs et fiables, et d'autre part assez équilibrée en ce qui concerne la proportion des deux sexes et des trois tranches d'âge.

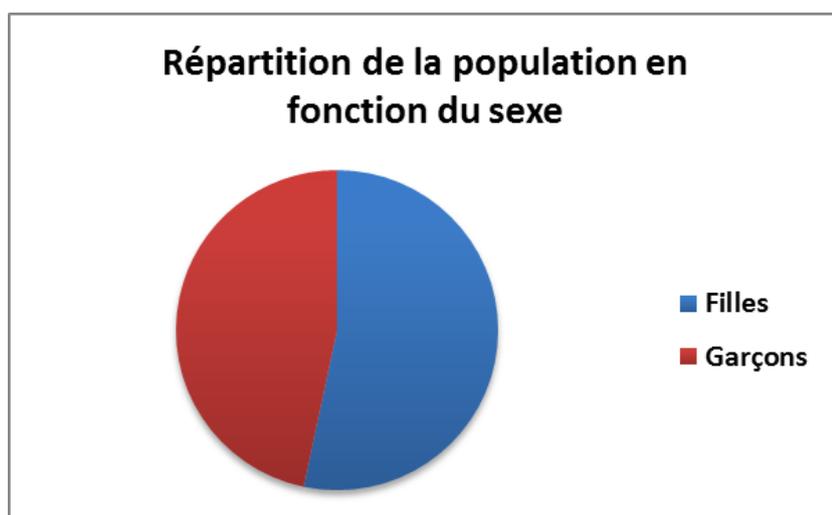


Figure 6 : Répartition de la population en fonction du sexe

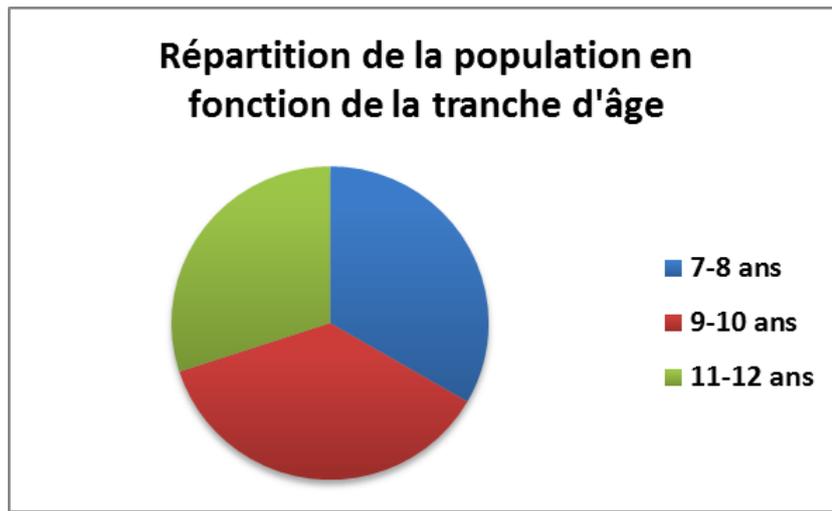


Figure 7 : répartition de la population en fonction de la tranche d'âge

Les enfants de cette étude ont été recrutés de différentes manières : dans notre entourage, parmi les promotions de l'école d'orthophonie de Paris, via les réseaux sociaux sur Internet, ainsi qu'au sein du service ORL de l'hôpital Necker.

B. Présentation du protocole d'étude.

1. Recueil des données.

Une brève anamnèse a tout d'abord été conduite avant chaque test (Cf. Annexe A). Elle avait pour but de s'assurer de :

- La bonne maîtrise de la langue française : pas de suivi orthophonique, éventuel bilinguisme, difficultés scolaires....
- L'absence de difficultés particulières dans le développement de l'enfant : âge de la marche, âge des premiers mots, âge des premières phrases, éventuelles prises en charge et traitements antérieurs/actuels...
- Les antécédents médicaux et notamment au niveau ORL, ainsi que l'éventuelle présence d'une affection ORL : opération des végétations, otites chroniques, présence d'aérateurs...
- L'éventuelle présence de difficultés auditives (périphériques ou centrales) ou de concentration : remarques de la maîtresse, des parents, temps de latence, répétitions nécessaires, gêne dans le bruit...

Il est à noter qu'aucun enfant n'a été exclu sur la base de cette anamnèse.

2. Vérification préliminaire du niveau langagier.

Les enfants ont ensuite été soumis à des tests langagiers, afin de s'assurer de la bonne maîtrise de la langue française (Cf. Annexes B et C) :

- Une évaluation du stock lexical passif à l'aide de l'EVIP (Échelle de Vocabulaire en Images Peabody) (Dunn et coll., 1993) (33),
- Une évaluation de la compréhension syntaxique grâce à l'E.CO.S.SE (Épreuve de COmpréhension Syntaxico-SEmantique) (Lecocq, 1996) (70).

Malgré leur ancienneté, ces tests ont été sélectionnés parce qu'ils sont habituellement utilisés dans le service ORL de l'hôpital Necker. De plus, nous cherchions à effectuer une simple vérification et non un contrôle précis et exhaustif des compétences langagières.

La passation de ces deux tests durait environ 30 minutes. Ils n'ont permis d'exclure aucun enfant de notre étude.

3. Vérification préliminaire des compétences mnésiques.

La mémoire auditivo-verbale a été testée bien qu'elle ne fasse pas partie de nos critères d'exclusion. Son évaluation avait pour but de se rendre compte des capacités de stockage à court terme des enfants car celles-ci interviennent dans la répétition de phrases effectuées lors de l'évaluation auditive. Elle consistait en une tâche d'empan de chiffres envers et endroit, tirée de l'ODEDYS 2 (Jacquier-Roux et coll., 2005) (59) (Cf. Annexe D).

Cette batterie a été choisie car c'est la seule non informatisée qui correspondait à la tranche d'âge de nos sujets. De plus, elle était suffisante pour la simple tâche de screening que nous souhaitions mener.

La passation de cette tâche durait 5 minutes environ. Aucun enfant n'a été exclu sur la base de cette épreuve.

4. Vérification préliminaire de l'audition.

Les enfants ont été soumis à une audiométrie vocale, basée sur les listes de mots pour enfants de Boorsma (Collège National d'Audiprothèse, 2006) (19) (Cf. Annexe E).

Celle-ci a eu lieu au casque, dans le silence, oreilles séparées, à 35 dB HL. Cette précaution avait pour objectif d'écartier toute possibilité de gêne auditive (otites séro-muqueuses, bouchons de cérumen...) et de s'assurer de la bonne audition des enfants.

La passation de cette tâche durait environ 5 minutes. Elle a permis d'exclure 3 enfants de notre étude.

5. Évaluation de la concentration.

Le niveau de concentration a été noté tout au long des épreuves, grâce à une échelle subjective de la concentration allant de 0 à 4 :

- 0 : pas concentré
- 1 : peu concentré
- 2 : concentration fluctuante
- 3 : concentré
- 4 : très concentré

Cette échelle provient du précédent mémoire d'orthophonie réalisé sous la direction d'Aude de Lamaze, dans le service ORL de l'hôpital Necker (Fournet et Guindéo Rocchia, 2014) (38). La note de concentration attribuée à chaque enfant ne correspond cependant pas à une seule et unique note comme dans le précédent mémoire. Nous avons choisi d'attribuer cette fois-ci cinq notes, à la fin de chaque tâche : passation de l'EVIP, de l'ECOSSE, de l'empan de chiffres, de l'audiométrie vocale et de l'évaluation perceptive dans le bruit. Cette modification a pour objectif d'affiner l'évaluation de la concentration.

6. Évaluation perceptive auditive dans le bruit.

a) La cabine de mesure audiométrique.

Dans un souci de fiabilité, nous avons choisi de conduire toutes les passations perceptives auditives au sein de la même cabine audiométrique.

Cette cabine insonorisée comporte cinq haut-parleurs. Le premier se situe en face du patient, à une distance de un mètre, et délivre le signal vocal. Les quatre autres émettent un bruit de fond et sont disposés de manière symétrique autour du sujet, avec un angle d'incidence de 45° : avant-gauche, avant-droit, arrière-gauche, arrière-droit.

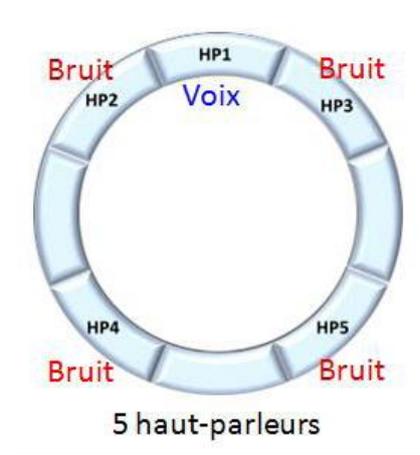


Figure 8 : disposition des haut-parleurs dans la cabine d'audiométrie (117)

L'évaluation perceptive en milieu bruyant avait pour buts de :

- Déterminer le pourcentage moyen d'identification correcte aux RSB +10, +5, 0 et -5 dB pour chaque âge et tranche d'âge,
- Déterminer le SRT pour chaque âge et tranche d'âge,
- Etablir une courbe de référence de la compréhension des phrases du HINT chez les enfants de 7 à 12 ans.

b) L'évaluation de la perception auditive dans le bruit.

L'évaluation de la perception auditive dans le bruit a consisté en une répétition de phrases. Elle a été réalisée à l'aide du logiciel OTOsuite (de la marque Otometrics).

Nous avons utilisé les phrases du HINT pour adultes (Vaillancourt et coll., 2008) (110) (Cf. Annexe F). N'ayant que 5 listes de 20 phrases à notre disposition, nous avons divisé chaque liste à parts égales, afin d'obtenir 10 listes de 10 phrases.

Afin de limiter la fatigabilité et la durée de la passation, nous n'avons présenté aux enfants qu'une liste de phrases par RSB. Les performances pour chaque RSB d'un sujet sont donc basées sur une seule liste et non sur la moyenne de plusieurs listes.

Le bruit de fond utilisé, l'OVG, a été fixé à une intensité de 65 dB SPL. La modification du rapport signal sur bruit se faisait en variant l'intensité du signal vocal de +10 à -5 dB SPL.

La passation de cette tâche durait 15 à 20 minutes.

IV. Résultats de l'étude.

Nous avons utilisé dans cette étude le test du Kruskal-Wallis, qui est un équivalent non-paramétrique de l'ANOVA pour groupes indépendants. Il correspondait le mieux à nos demandes car :

- Nos données ne répondant pas à la loi normale, nous devons utiliser un test non paramétrique,
- Ce test est applicable sur plusieurs échantillons à la fois, de taille réduite, et non appariés.

Le seuil de significativité de la probabilité retenu est $p < 0,05$.

A. Étude des facteurs concentration et âge.

1. Hypothèse 1.

Hypothèse 1 – il existe une corrélation entre l'âge et les performances auditives dans le bruit : les performances s'améliorent avec l'âge.

a) Analyse descriptive.

➤ En distinguant 6 groupes, c'est-à-dire en fonction de l'âge :

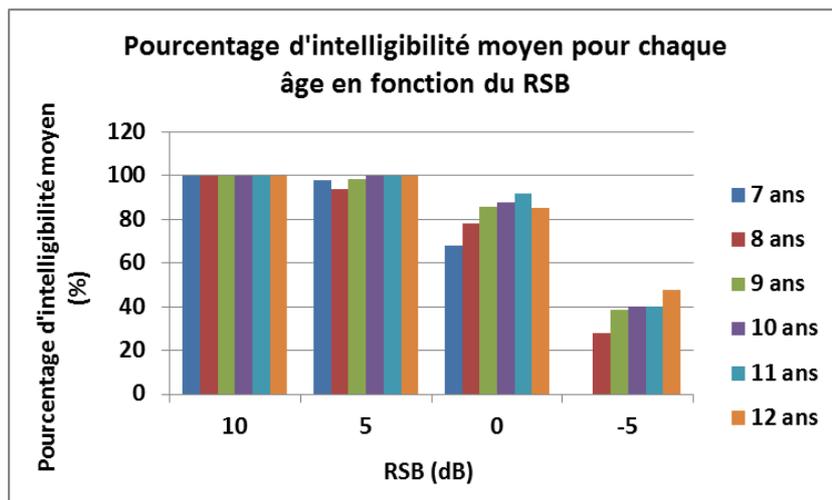


Figure 9 : pourcentage d'intelligibilité moyen pour chaque âge en fonction du RSB (a)

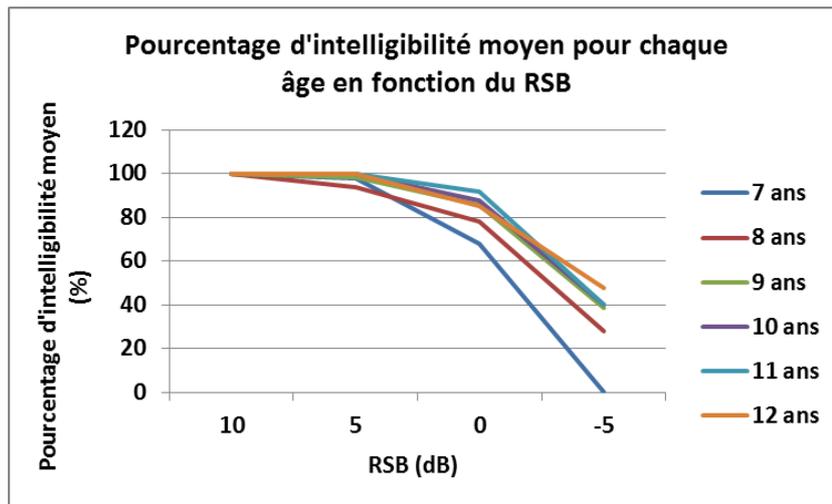


Figure 10 : pourcentage d'intelligibilité moyen pour chaque âge en fonction du RSB (b)

Nous avons représenté les performances moyennes pour chaque âge en fonction du RSB de deux manières différentes, sous forme de graphique et de courbe (Cf. Figure 9 et Figure 10).

Nous observons que les résultats restent semblables pour tous les groupes d'âge aux RSB +10 et +5 dB. En revanche, à 0 dB, un écart régulier apparaît entre chaque groupe d'âge jusqu'à 11 ans ; à 12 ans les scores baissent à nouveau. Au RSB -5 dB, on observe une évolution avec l'âge, mais moins régulière : l'écart est surtout visible entre les âges extrêmes (entre les 7-8 ans et les 11-12 ans), tandis qu'ils restent similaires pour les 9, 10 et 11 ans.

Un effet de l'âge semble donc à première vue se distinguer sur les deux RSB les plus faibles.

➤ En distinguant 3 groupes, c'est-à-dire en fonction de la tranche d'âge :

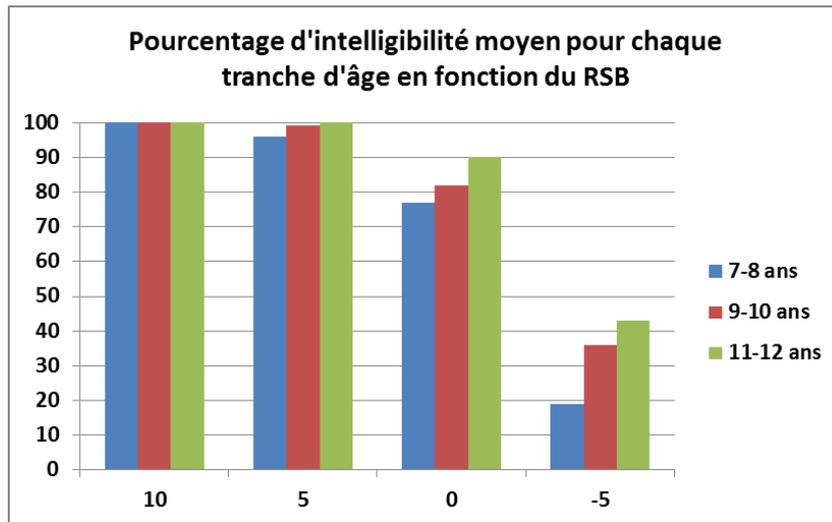


Figure 11 : pourcentage d'intelligibilité moyen pour chaque tranche d'âge en fonction du RSB (a)

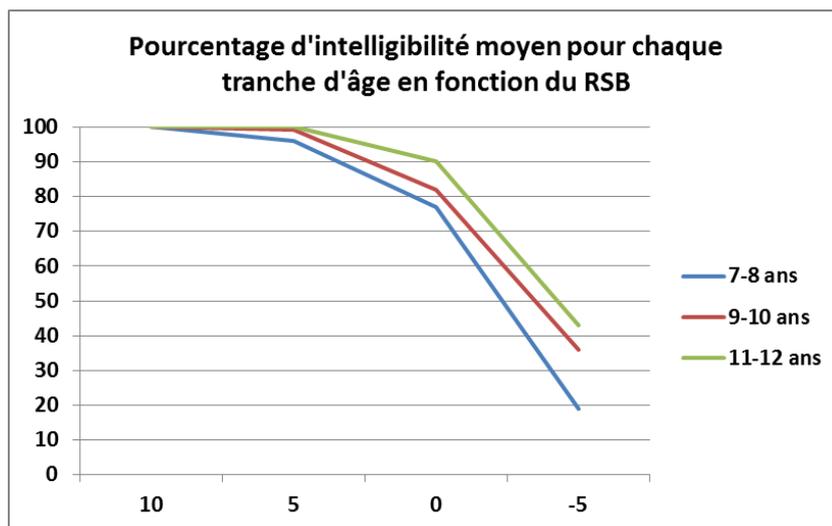


Figure 12 : pourcentage d'intelligibilité moyen pour chaque tranche d'âge en fonction du RSB (b)

En distinguant trois tranches d'âge cette fois-ci, nous obtenons un effet de l'âge encore plus visible : les figures 11 et 12 révèlent une amélioration des résultats en fonction de l'âge, dès le RSB +5 dB. L'écart semble particulièrement se creuser entre les enfants de 7-8 ans et ceux de 9-10 ans au RSB -5 dB.

b) Analyse statistique.

Nous avons tout d'abord tenté d'analyser l'effet de l'âge sur les performances auditives dans le bruit en isolant le facteur concentration. Malheureusement, une fois nos échantillons formés selon le degré de concentration, ils n'étaient, à notre connaissance, plus suffisants pour faire l'objet d'un calcul statistique. Par exemple, en fixant le paramètre concentration au sein des groupes d'âge, les échantillons se réduisaient parfois au nombre de deux, et le nombre d'individus dans chacun d'eux variait le plus souvent entre 1 et 4. Les conséquences étaient similaires en considérant les groupes de tranches d'âge.

Nous avons donc été contraintes d'étudier le paramètre âge sans fixer les autres potentiels facteurs d'influence.

Tous les enfants ayant eu 100% de réussite à +10 dB, nous n'avons pas analysé les résultats à ce RSB.

➤ **En distinguant 6 groupes, c'est-à-dire en fonction de l'âge :**

Nous avons tout d'abord voulu séparer les sujets en 6 groupes distincts, selon l'âge : 7 ans, 8 ans, 9 ans, 10 ans, 11 ans, 12 ans. Cependant, encore une fois, certains de nos échantillons étaient trop petits pour être analysés statistiquement : les groupes des 10 ans et 12 ans ne totalisaient pas 5 enfants, condition d'application nécessaire au test du Kruskal-Wallis. Nous avons donc été obligées de réaliser notre test sur les 7, 8, 9 et 11 ans seulement. Nous avons obtenu les résultats suivants (Cf. Tableau 1) :

RSB (dB)	Valeur du H de Kruskal-Wallis	Valeur de la probabilité p
+5	8,01	0,046
0	7,88	0,049
-5	7,70	0,053
Valeurs critiques	7,8147	0,05

Tableau 1 : résultats statistiques de l'effet d'âge sur les performances auditives dans le bruit

Au RSB -5dB, aucune différence significative n'a été trouvée entre les classes d'âge. En revanche, le H calculé est supérieur au H théorique aux RSB +5 dB et 0 dB, et la valeur p est inférieure à notre seuil de significativité. L'hypothèse H_0 de performances similaires pour les groupes d'âge à +5 dB et à 0 dB est rejetée.

➤ **En distinguant 3 groupes, c'est-à-dire en fonction de la tranche d'âge :**

Nous avons ensuite analysé les performances en séparant les sujets en 3 groupes distincts, selon la tranche d'âge : les 7-8 ans, les 9-10 ans et les 11-12 ans. Voici les résultats trouvés (Cf. tableau 2) :

RSB (dB)	Valeur du H de Kruskal-Wallis	Valeur de la probabilité p
+5	3,93	0,140
0	8,41	0,015
-5	8,73	0,013
Valeurs critiques	5,9915	0,05

Tableau 2 : résultats statistiques de l'effet de tranche d'âge sur les performances auditives dans le bruit

Le H calculé est supérieur au H théorique aux RSB 0 dB et -5 dB, ce qui signifie qu'il existe une différence significative entre les performances des enfants de ces trois groupes d'âge. La valeur p de la probabilité, inférieure au seuil de significativité, vient corroborer ce résultat.

En revanche, l'hypothèse H_0 ne peut être rejetée au RSB +5 dB : les performances sont semblables quel que soit l'âge.

c) **Interprétation des résultats.**

Malgré le potentiel effet de la concentration non fixé, nous avons tout de même trouvé un effet de l'âge significatif sur les performances auditives dans le bruit :

- Aux RSB +5 dB et 0 dB en tenant compte des âges 7, 8, 9 et 11 ans,
- Aux RSB 0 dB et -5 dB en tenant compte des trois tranches d'âge.

Ainsi, plus l'enfant grandit, meilleur il devient en contexte bruyant : plus il est âgé, plus ses capacités perceptives s'améliorent. On peut donc penser que la maturation des voies auditives centrales continue à se développer au contact du milieu bruyant, puisque les études tendent à montrer que les performances perceptives des adultes ne sont comparables à celles des enfants qu'à partir de 12 ans (Cf. partie théorique III.E).

➔ **Ces observations tendent donc à confirmer l'hypothèse 1.**

2. Hypothèse 2.

Hypothèse 2 - Il existe une corrélation entre la concentration et les performances auditives dans le bruit : plus l'enfant est concentré, meilleures sont ses performances.

a) Analyse descriptive.

Age	Sujet	EVIP	ECOSSE	ODEDYS	Audio voc	HINT	Total /4	Moy/âge	Moy/tranche
7	Paul	4	4	4	4	3	3,8	3,44	
	Anya	2	3	3	4	3	3,0		
	Julien de V.	4	4	2	4	4	3,6		
	Alice E.	2	3	4	4	3	3,2		
	Elias S.	4	2	4	4	4	3,6		
8	Julien D.	3	4	4	4	3	3,6	3,16	
	Emma A.	3	3	2	3	4	3,0		
	Antoine G.	4	4	4	4	4	4,0		
	Adam	3	2	3	4	2	2,8		
	Kéone	2	2	3	3	2	2,4		
9	Thaïs	4	4	4	4	3	3,8	2,94	
	Amélie	3	3	3	3	3	3,0		
	Antoine L.	3	3	2	4	3	3,0		
	Elias A.	3	3	2	3	3	2,8		
	Mathilde G.	4	3	2	2	3	2,8		
	Alexandre	3	3	2	3	2	2,6		
	Louise	3	2	3	3	2	2,6		
10	Andréo	3	3	3	4	4	3,4	3,50	
	Antoine D.	3	4	4	4	3	3,6		
	Jasmine	3	3	3	4	3	3,2		
	Vincent	4	4	3	4	4	3,8		
11	Romane	4	3	3	3	3	3,2	3,40	
	Jeanne	3	4	4	4	3	3,6		
	Corentin	3	3	3	4	3	3,2		
	Angèle	4	4	4	3	3	3,6		
	Alice C.	3	4	2	4	4	3,4		
12	Emma C.	3	4	3	4	4	3,6	3,25	
	Mathilde B.	2	4	2	4	3	3,0		
	Victor	3	3	2	4	3	3,0		
	Alicia	4	3	4	4	2	3,4		

Tableau 3 : notes de concentration et moyennes pour chaque enfant, chaque groupe d'âge et chaque tranche d'âge

Le tableau ci-dessus (Cf. Tableau 3) fait état des notes obtenues par chaque enfant en concentration, à l'aide de l'échelle subjective que nous avons établie.

Nous avons choisi d'évaluer la concentration des enfants lors de la passation du HINT, mais aussi lors des autres épreuves afin que notre échelle soit un minimum sensible à la concentration et représentative des efforts des enfants. Les moyennes obtenues s'étendent de 2,4 à 4,0 et montrent de vraies différences entre les niveaux de concentration des enfants, même chez ceux du même âge. À première vue, cette échelle paraît donc bien refléter le degré de concentration des enfants.

À partir de ce tableau, nous ne remarquons aucune augmentation de la concentration avec l'âge. En effet, la concentration se situe entre 3,16 et 3,5 pour tous les âges, hormis à 9 ans où la concentration moyenne se situe à 2,94.

En étudiant les degrés de concentration moyens en fonction de la tranche d'âge, les observations restent similaires : les moyennes sont quasiment identiques chez les 7-8 ans et les 11-12 ans, tandis que celle des 9-10 ans est très légèrement plus basse.

En étudiant plus spécifiquement les notes du HINT, nous pouvons voir que la moitié des enfants ont eu une note strictement inférieure à cette épreuve par rapport à leur capacité moyenne de concentration. Cela laisse supposer que :

- Soit cette épreuve demanderait beaucoup d'effort et que 50% des enfants auraient des difficultés à garder une concentration maximale tout au long de cette passation
- Soit cette épreuve devient trop difficile pour les enfants à partir d'un certain RSB.

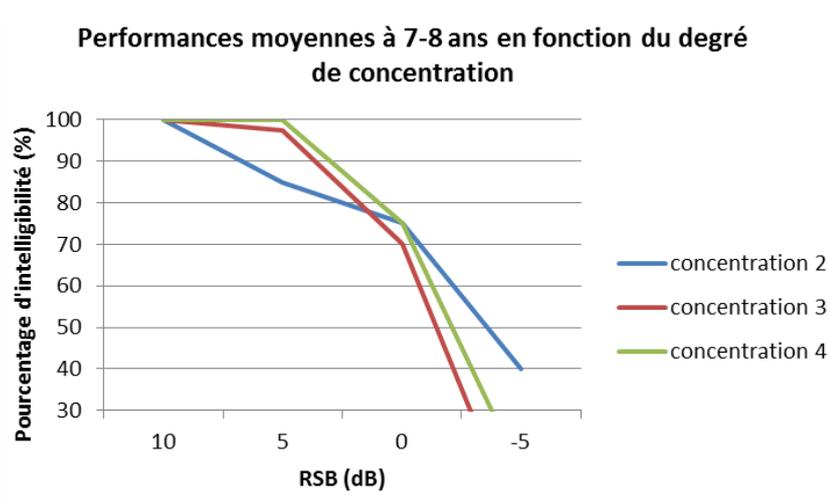


Figure 13 : performances moyennes dans le bruit des 7-8 ans selon la concentration

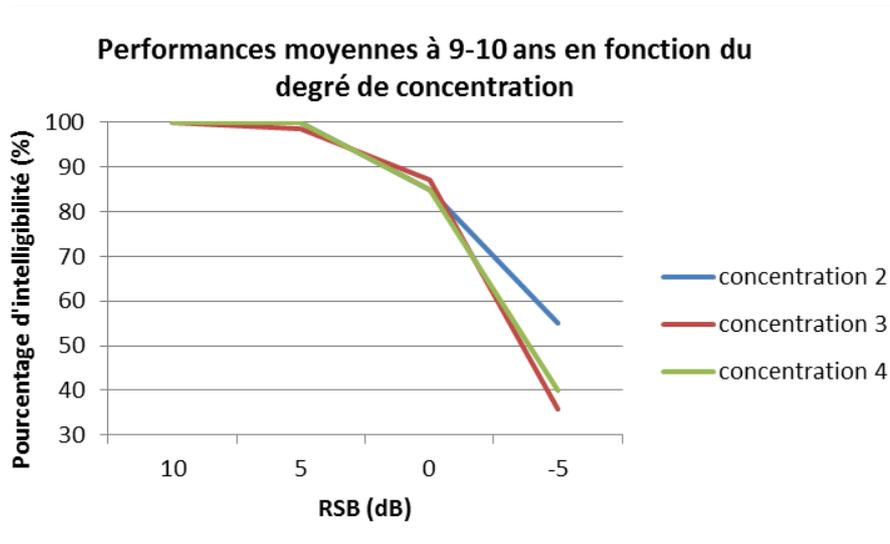


Figure 14 : performances moyennes dans le bruit des 9-10 ans selon la concentration

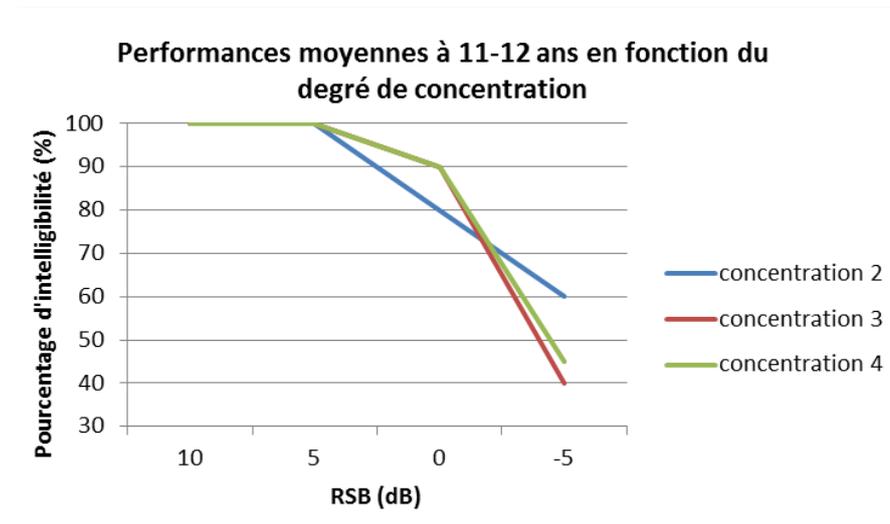


Figure 15 : performances moyennes dans le bruit des 11-12 ans selon la concentration

Sur les figures 13, 14 et 15, nous nous intéressons à la concentration des enfants au HINT en isolant chaque tranche d'âge. Nous remarquons que les performances des enfants ayant reçu une note de 3 ou 4 en concentration suivent des courbes relativement comparables. En revanche, la courbe correspondant au degré de concentration 2 diffère des deux autres pour les trois tranches d'âge. En effet, contrairement à ce que nous avons supposé, au RSB -5 dB le degré de concentration 2 donne la meilleure moyenne des résultats. Nous pouvons également noter que cette courbe se démarque des deux autres par une moins bonne moyenne aux RSB +5 dB chez les 7-8 ans (85% contre 97,5 et 100% de réussite) et 0 dB pour les 11-12 ans (80% contre 90% de réussite).

b) Analyse statistique.

Au niveau statistique, nous avons tout d'abord voulu analyser le facteur concentration sur les performances auditives dans le bruit en isolant le paramètre âge. Ceci était d'autant plus nécessaire que nous avons démontré qu'il avait un effet significatif sur les résultats. Malheureusement, que nos échantillons soient séparés par âge ou par groupe d'âge, ils ne semblaient encore une fois pas suffisants pour faire l'objet d'un calcul statistique. Nous avons donc été obligées d'étudier le facteur concentration sans plus se préoccuper de l'âge des sujets.

Tous les enfants ayant eu 100% de réussite à +10 dB, nous n'avons pas analysé les résultats à ce RSB.

Nous avons obtenu les résultats suivants (Cf. Tableau 4) :

RSB (dB)	Valeur du H de Kruskal-Wallis	Valeur de la probabilité p
+5	4,51	0,105
0	0,82	0,663
-5	1,89	0,388
Valeurs critiques	5,9915	0,05

Tableau 4 : résultats statistiques de l'effet de la concentration sur les performances auditives dans le bruit

Pour les trois RSB, le H calculé est inférieur à la valeur théorique et la probabilité supérieure au seuil de significativité retenu. Ces deux critères ne nous permettent pas de rejeter notre hypothèse initiale H_0 , à savoir que les performances sont semblables quel que soit le degré de concentration.

c) Interprétation des résultats.

Nous n'avons trouvé aucun effet significatif de la concentration sur les performances auditives dans le bruit. Mais nous ne pouvons pas savoir si cela est dû au fait que :

- Il n'existe effectivement aucun effet significatif de la concentration,
- Les échantillons étudiés ne sont pas suffisants pour faire ressortir cet effet,
- L'échelle utilisée, étant basée sur nos impressions personnelles, est trop subjective ou trop peu précise,

- Le facteur âge, non fixé, a masqué l'effet de concentration.

➔ Ces observations ne tendent ni à invalider ni à confirmer l'hypothèse 2.

B. Étude du facteur RSB.

1. Hypothèse 3.

Hypothèse 3 – Il existe une corrélation entre le RSB et les performances auditives dans le bruit : les performances diminuent avec le RSB.

a) Analyse descriptive.

À partir des moyennes obtenues pour chaque RSB, nous avons pu établir une courbe vocale en milieu bruyant pour les phrases du HINT :

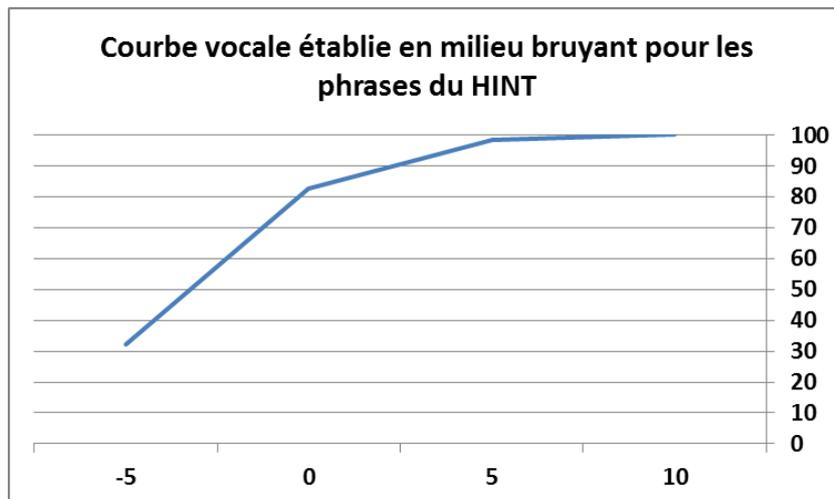


Figure 16 : courbe vocale établie en milieu bruyant pour les phrases du HINT

Cette courbe (Cf. figure 16) révèle une augmentation nette des performances avec le RSB. L'intelligibilité est maximale au RSB +10 dB (100%). De +10 à +5 dB, les résultats sont excellents, les scores restent supérieurs à 90% de réussite. Une chute progressive est observée dès +5 dB, dont la pente s'accroît à partir de 0 dB. Au RSB le plus négatif, -5 dB, l'intelligibilité est au plus bas, mais elle reste malgré tout bien au-dessus de 0 avec 32,33% de réussite en moyenne.

b) Analyse statistique.

À nouveau, nos échantillons auraient été trop réduits pour tenir compte du facteur concentration, mais nous avons pu cette fois-ci écarter le paramètre âge. Le facteur RSB n'est donc pas entièrement isolé, mais l'effet le plus significatif a pu être écarté.

Voici les résultats obtenus (Cf. Tableau 5) :

Age (années)	Valeur du H de Kruskal-Wallis	Valeur de la probabilité p
7	11,33	0,03
8	13,18	0,01
9	11,61	0,03
10	10,35	0,006
11	11,71	0,003
12	9,429	0,09
Valeurs critiques	5,692	0,05

Tableau 5 : résultats statistiques de l'effet du RSB sur les performances auditives dans le bruit

Le test révèle une différence significative entre les performances en fonction du RSB utilisé, et ce quel que soit l'âge.

Nous avons également effectué le test de Mann-Whitney, qui est un équivalent non paramétrique du t test. Il a permis de mettre en évidence les paires de moyennes qui diffèrent significativement :

Age	Moyennes des paires	Valeur du W de Mann-Whitney	Valeur du W théorique	Valeur de la probabilité p
7 ans	RSB +5 - RSB 0	15,5	2	0,0147
	RSB 0 - RSB -5	17,5	2	0,0432
	RSB +5 - RSB -5	15,0	2	0,0107
8 ans	RSB +5 - RSB 0	x	2	x
	RSB 0 - RSB -5	40,0	2	0,0099
	RSB +5 - RSB -5	x	2	x
9 ans	RSB +5 - RSB 0	68,5	8	0,0272
	RSB 0 - RSB -5	71,0	8	0,0192
	RSB +5 - RSB -5	73,0	8	0,0058
10 ans	RSB +5 - RSB 0	x	0	x
	RSB 0 - RSB -5	26,0	0	0,0265
	RSB +5 - RSB -5	x	0	x
11 ans	RSB +5 - RSB 0	x	2	x
	RSB 0 - RSB -5	40,0	2	0,0114
	RSB +5 - RSB -5	x	2	x
12 ans	RSB +5 - RSB 0	x	0	x
	RSB 0 - RSB -5	26,0	0	0,0304
	RSB +5 - RSB -5	x	0	x

Tableau 6 : différences des moyennes selon le RSB

Dans le tableau ci-dessus (Cf. Tableau 6), les calculs représentés par des x correspondent aux calculs que nous n'avons pu effectuer (lorsque les échantillons sont composés de performances identiques, le test ne peut s'effectuer).

Les dix calculs effectués montrent des paires de moyennes différant significativement entre tous les RSB : +5 dB VS. -5 dB, 0 dB VS. +5 dB, 0 dB VS. -5 dB.

c) Interprétation des résultats.

Malgré le paramètre concentration non fixé, nous avons trouvé un effet significatif du RSB sur les performances auditives dans le bruit, quel que soit l'âge de l'enfant. Les moyennes obtenues à partir des calculs statistiques sont également significativement différentes entre :

- les RSB +5 dB et 0 dB,
- les RSB +5 dB et -5 dB,
- les RSB 0 dB et -5 dB.

Ces résultats sont cohérents avec ce que nous avons décrit plus haut (Cf. partie théorique III.C.3) : plus le RSB est négatif, plus le signal de parole est masqué par le bruit. Ainsi, à partir d'un certain RSB, les indices acoustiques ne peuvent plus être perçus et l'intelligibilité décroît.

→ Ces observations tendent donc à confirmer l'hypothèse 3.

2. Recherche du SRT.

➤ En distinguant 6 groupes, c'est-à-dire en fonction de l'âge :

Nous avons recherché le SRT de chaque enfant, puis avons établi les moyennes pour chaque groupe d'âge, présentées dans le tableau 7 :

Age (année)	7	8	9	10	11	12
SRT moyen	-2,00	-3,00	-3,86	-4,25	-3,80	-5,25
Ecart-type	1,52	1,14	2,73	2,63	3,16	2,22

Tableau 7 : SRT moyen selon l'âge

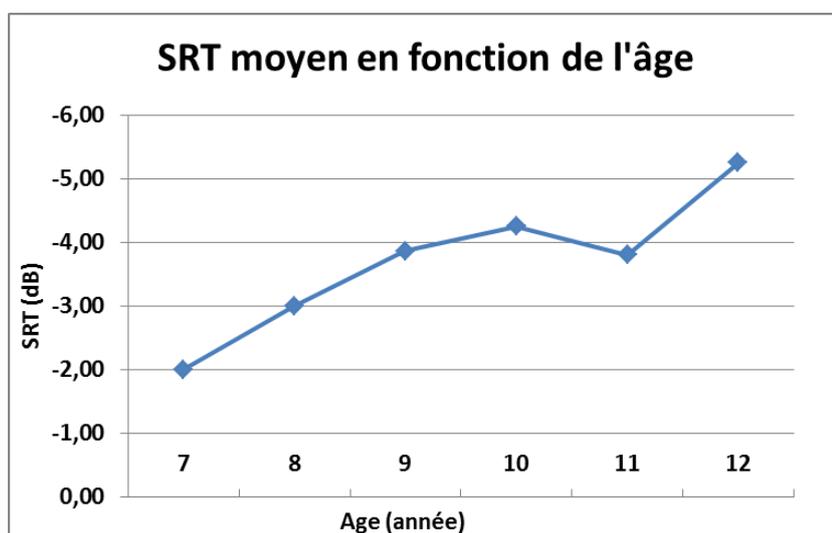


Figure 17 : SRT en fonction de l'âge

Nous avons de la même manière calculé le SRT moyen pour chaque tranche d'âge, afin d'obtenir une moyenne basée sur de plus grands échantillons (Cf. Tableau 8) :

Tranche âge (année)	7-8	9-10	11-12
SRT moyen	-2,50	-4,05	-4,53
Ecart-type	1,27	2,57	2,7

Tableau 8 : SRT moyen selon la tranche d'âge

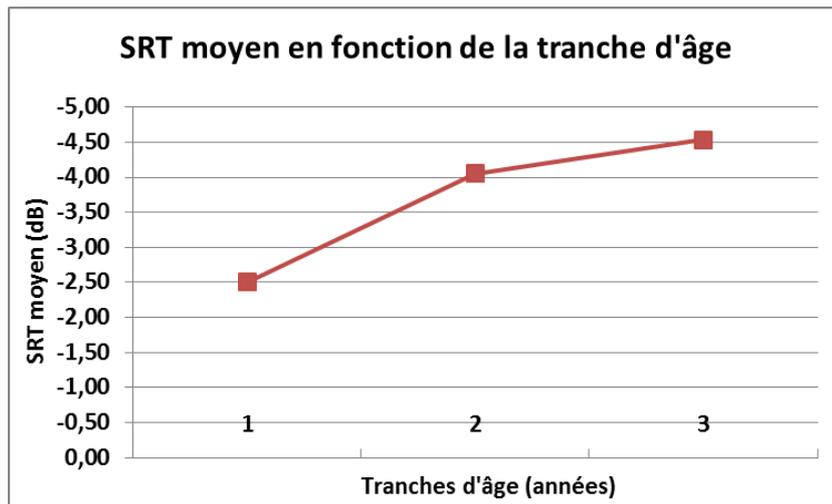


Figure 18 : SRT moyen en fonction de la tranche d'âge

Les figures ci-dessus (Cf. Figure 17 et Figure 18) permettent de visualiser ces moyennes. De manière globale, nous retrouvons bien cet effet d'âge sur les performances auditives dans le bruit décrit dans l'hypothèse 1 (Cf. IV.A.1) : le SRT semble s'améliorer chaque année. Nous ne notons qu'une seule exception à cette observation, à savoir les enfants de 11 ans. Ceci se retrouve également dans l'écart-type calculé pour chaque âge : il est stable à 7 et 8 ans et n'excède pas 1,5 (respectivement 1,52 et 1,14). Ceci montre qu'à 7 et 8 ans, les performances dans le bruit sont très regroupées autour de la moyenne. En revanche, de 9 à 11 ans, l'écart-type augmente, et en particulier à 11 ans (3,16) ; à partir de 12 ans, il baisse à nouveau quelque peu (2,22). Les résultats obtenus sont donc beaucoup plus fluctuants à partir de 9 ans, et recommencent à s'équilibrer seulement à 12 ans.

Cette irrégularité pourrait s'expliquer d'une part par les petits effectifs présents dans ces groupes, et d'autre part par le développement anatomo-physiologique de l'enfant. En effet, nous avons pu remarquer dans cette étude que les classes des 7 ans et des 12 ans obtenaient quasiment à chaque fois des résultats stables, respectivement les plus bas et les plus élevés. Les scores restant souvent les plus fluctuants se situaient aux âges médians de 9, 10, 11 et 12 ans. Nous retrouvons ces âges extrêmes dans la littérature (Cf. partie théorique III.E) : il est reconnu que c'est vers l'âge de 7-8 ans que l'audition dans le silence devient équivalente à celle de l'adulte, et à partir de 12 ans pour l'audition dans le bruit. Entre ces deux âges, l'audition dans le bruit se développerait donc à un rythme propre à chaque individu.

C. Analyse au niveau des mots.

Nous avons effectué les mêmes calculs dans les mêmes conditions, mais en analysant cette fois-ci les performances auditives dans le bruit avec le pourcentage de réussite de mots et non plus de phrases. En effet, le protocole utilisé par les orthophonistes du service inclut le calcul du pourcentage dans les deux modalités, phrases et mots. Nous avons cherché à savoir si les scores basés sur les mots n'avaient qu'une valeur qualitative ou bien s'ils pouvaient également révéler un effet significatif de l'âge et/ou de la concentration. Voici les résultats obtenus (Cf. Tableau 9) :

	Valeur du H de Kruskal-Wallis	Valeur p de la probabilité	Valeur critique du H	Valeur critique de la p-valeur
Effet de l'âge au RSB +5 dB, selon la classe d'âge	3,19	0,363	7,8147	0,05
Effet de l'âge au RSB 0 dB, selon la classe d'âge	4,66	0,199	7,8147	0,05
Effet de l'âge au RSB -5 dB, selon la classe d'âge	3,47	0,325	7,8147	0,05
Effet de l'âge au RSB 0 dB, selon la tranche d'âge	3,47	0,177	5,9915	0,05
Effet de l'âge au RSB +5 dB, selon la tranche d'âge	3,92	0,141	5,9915	0,05
Effet de l'âge au RSB -5 dB, selon la tranche d'âge	1,59	0,453	5,9915	0,05
Effet de la concentration au RSB +5 dB	4,51	0,105	5,9915	0,05
Effet de la concentration au RSB 0 dB	0,82	0,663	5,9915	0,05
Effet de la concentration au RSB -5 dB	1,89	0,388	5,9915	0,05
Effet du RSB à 7 ans	16,60	0,001	5,692	0,05
Effet du RSB à 8 ans	18,49	0,000	5,692	0,05
Effet du RSB à 9 ans	17,40	0,001	5,692	0,05
Effet du RSB à 10 ans	14,59	0,002	7,235	0,05
Effet du RSB à 11 ans	16,41	0,001	5,692	0,05
Effet du RSB à 12 ans	13,18	0,004	7,235	0,05

Tableau 9 : résultats statistiques obtenus en utilisant le pourcentage de réussite en termes de mots

La valeur du H de Kruskal-Wallis n'est supérieure à la valeur critique que pour l'effet du RSB sur les performances auditives dans le bruit, quel que soit l'âge.

- ➔ Les observations basées sur les mots tendent à confirmer une fois encore l'hypothèse 3,
- ➔ Mais les hypothèses 1 et 2 ne peuvent être ni confirmées ni invalidées sur la base des scores de réussite en mots.

V. Discussion.

Dans ce mémoire, nous voulions évaluer les performances perceptives dans le bruit d'enfants normo-entendants âgés de 7 à 12 ans, afin de créer une courbe de référence de la perception auditive de phrases dans le bruit et trouver le seuil d'intelligibilité moyen par âge et par tranche d'âge.

A. Résultats.

Hypothèse 1 : il existe une corrélation entre l'âge et les performances auditives dans le bruit : les performances s'améliorent avec l'âge.

- ➔ L'hypothèse tend à être validée :
 - Aux RSB +5 dB et 0 dB en tenant compte des âges 7, 8, 9 et 11 ans,
 - Aux RSB 0 dB et -5 dB en tenant compte des trois tranches d'âge.

Hypothèse 2 : Plus l'enfant est concentré, meilleures sont ses performances perceptives.

- ➔ Cette hypothèse n'a pu être ni confirmée, ni invalidée.

Hypothèse 3 : Plus le RSB est négatif, plus les performances perceptives diminuent.

- ➔ L'hypothèse tend à être validée.

Parallèle avec le précédent mémoire de F. Fournet et M. Guindéo Roccia :

Dans leur mémoire, F. Fournet et M. Guindéo Roccia ont étudié la perception auditive de mots isolés dans le bruit chez le jeune enfant NE et implanté cochléaire âgé de 3 à 6 ans (Fournet & Guindéo Roccia, 2014) (38). Notre étude quant à elle, a porté sur la perception auditive de phrases dans le bruit chez des enfants entre 7 et 12 ans normo-entendants.

Des résultats similaires sont apparus concernant la population normo-entendante du précédent mémoire comparée à la nôtre (échantillons de même taille, à savoir de 30 enfants). Nous avons pu dégager des tendances semblables au niveau de :

- L'âge : l'âge influencerait bien sur les performances auditives au sein des deux cohortes ; les résultats obtenus par tranche d'âge montrent que les enfants plus âgés obtiennent de meilleurs résultats perceptifs.
- La concentration : excepté un effet de concentration trouvé uniquement à -4 dB dans le précédent mémoire, aucune corrélation entre la concentration et les performances perceptives n'a pu être mise en évidence, que ce soit au niveau des mots ou au niveau des phrases,
- Le RSB avec les performances perceptives : la même tendance a pu être observée ; plus le RSB diminue, plus les performances perceptives baissent, pour les mots comme pour les phrases. Cependant, nous n'avons pas recueilli exactement les mêmes résultats, travaillant à des niveaux de syntagmes différents.

Nous n'avons pas obtenu 100% d'intelligibilité au RSB 0 dB pour les phrases comme dans le précédent mémoire sur les mots, le degré de difficulté étant plus élevé. Nous avons recueilli 100% d'intelligibilité dans le bruit sur des phrases à +10 dB, et encore plus de 90% d'intelligibilité entre les RSB +10 et +5 dB.

B. Difficultés rencontrées au cours de l'étude.

Nous voulions que nos résultats soient fiables et pour cela, il nous paraissait donc primordial que tous les enfants soient testés avec le même matériel, dans les mêmes conditions de passation. Mais le montage de la nouvelle cabine au sein du service ayant pris plus de retard que prévu, nous n'avons pu commencer les passations qu'en janvier 2016, ce qui a réduit notre temps de passation de trois mois.

Nous avons de plus été confrontées à des difficultés de calibrage dans la nouvelle cabine audiométrique. En effet, ces réglages sont complexes et nécessitent beaucoup de précision lors de l'installation ; plusieurs recalibrages ont dû être réalisés avant que la cabine ne soit fiable.

En plus de la contrainte temporelle imprévue, nous avons rencontré quelques difficultés au cours de la recherche de population normo-entendante. En effet, nous ne pouvions chercher des enfants qu'au sein du service ORL de l'hôpital Necker, or la plupart des enfants de ce service présentaient des critères d'exclusion à notre étude. De plus, malgré plusieurs plages horaires aménagées, le déplacement nécessaire à l'hôpital Necker dû à la cabine audiométrique a été un critère rédhibitoire pour beaucoup de parents d'enfants NE.

Nous avions initialement prévu de tester un effet d'habituation à l'aide de plusieurs listes du HINT pour adultes appliquées au même RSB. Cependant, nous disposions d'un matériel plus limité que prévu, nous avons donc dû ajuster notre protocole en abandonnant la vérification expérimentale de cette hypothèse et en divisant toutes nos listes en deux.

C. Limites.

Lors de cette étude, nous avons réussi à réunir un échantillon suffisant d'enfants normo-entendants pour obtenir d'un point de vue statistique des résultats significatifs sur l'ensemble du groupe. Cependant, nous ne disposions pas d'une cohorte d'enfants assez importante pour créer de plus petits groupes : certains de nos échantillons étaient trop réduits pour étudier un effet significatif en tenant compte de la concentration ou de l'âge. Nous n'avons donc pas pu fixer pleinement tous nos paramètres lors de notre analyse statistique.

Notre échelle de concentration était constituée de plusieurs notes, mais d'une seule et unique note pour toute la passation du HINT. Ainsi, l'absence d'effet de la concentration sur les performances est peut-être due à ce fait : l'échelle n'a pu refléter assez précisément les fluctuations de concentration possibles au cours de l'épreuve. De plus, les notes attribuées reposaient sur des observations purement subjectives.

D. Perspectives.

Les résultats de cette étude seront utiles aux orthophonistes travaillant avec des enfants sourds et malentendants. En effet, la perception auditive dans le bruit augmente avec l'âge chez l'enfant NE. Ceci implique que l'éducation auditive doit rester un axe de rééducation jusqu'à l'adolescence : les capacités auditives dans le bruit progressent jusqu'à un âge avancé de l'adolescence.

De plus, nous avons pu montrer que les performances auditives sur des phrases dans le bruit ne sont déjà plus optimales à partir de +5 dB pour certains enfants normo-entendants. Travailler à un RSB trop important avec des enfants ayant des troubles auditifs est par conséquent inadapté : un RSB de +5 dB voire 0 dB est déjà suffisant.

Il reste également de nombreux projets à mener sur l'audition dans le bruit au niveau des populations d'enfants.

Il serait intéressant de comparer les résultats obtenus dans cette étude avec les performances d'enfants NE du même âge ayant passé le HINT-E pour enfants (Laroche et coll., 2006) (65). En effet, les phrases utilisées sont similaires à celles du HINT pour adultes, mais les listes ont été remodelées afin qu'elles soient phonémiquement équilibrées ; de plus certaines phrases ont été retirées (en raison du lexique utilisé ou de la complexité articulatoire). Les critères de cotation étant plus souples, les résultats pourraient différer de ceux de ce mémoire.

Ce mémoire pourrait être complété par une étude menée sur une plus large cohorte d'enfants normo-entendants du même âge. En effet, nous ne pouvons ici prétendre à généraliser nos résultats à toute la population normo-entendante entre ces âges : nos échantillons étaient de qualité certes, mais pas assez conséquents pour établir une norme définitive.

Il aurait été également intéressant de tester la concentration encore plus en détail en notant la concentration de l'enfant sur chaque liste.

Nous avons présenté les différents RSB dans un ordre invariable. Il serait pertinent de regarder si l'ordre de présentation des RSB pourrait avoir une influence sur les performances perceptives.

Les résultats obtenus dans ce mémoire ainsi que la population réunie pourraient servir de population témoin à un prochain mémoire étudiant la perception auditive dans le bruit chez des enfants ayant des troubles auditifs.

CONCLUSION

Notre mémoire avait pour objectifs d'élaborer une courbe de la perception auditive de phrases dans le bruit chez l'enfant normo-entendant, en observant les performances auditives obtenues à différents RSB (+10, +5, 0, -5 dB). Nous recherchions également à déterminer le seuil d'intelligibilité moyen pour chaque âge et par tranche d'âge. Grâce à ces résultats, nous souhaitons ajuster le protocole d'évaluation de phrases dans le bruit au sein du service ORL de l'hôpital Necker en apportant des points de repère au sujet de l'écoute dans le bruit des phrases du HINT.

Sur une population de 30 enfants normo-entendants âgés de 7 à 12 ans, sans trouble langagier ni auditif, nous avons trouvé un effet significatif de l'âge pour chaque âge, ainsi que par tranche d'âge. Par conséquent, nous pouvons en déduire que plus l'enfant grandit, meilleures sont ses performances perceptives.

Nous avons pu observer un effet significatif du RSB sur les performances : plus le RSB est négatif, plus les scores diminuent, quel que soit l'âge.

En revanche, aucune corrélation n'a pu être mise en évidence dans ce mémoire entre la concentration et les performances auditives des enfants.

Les seuils moyens de reconnaissance vocale par tranche d'âge se situent à -2,5 dB pour les 7-8 ans, -4,05 dB pour les 9-10 ans et -4,53 dB pour les 11-12 ans. Ces résultats vont également dans le sens de l'hypothèse selon laquelle plus les enfants sont âgés, meilleures sont leurs performances dans le bruit.

Concernant la perception auditive de mots dans les phrases, nous avons constaté une corrélation entre les performances perceptives et le RSB, mais aucun lien ni avec l'âge ni avec la concentration n'a pu être établi.

L'ensemble de ces résultats apporte quelques éléments de précision pour la rééducation orthophonique des enfants sourds et malentendants.

Il apparaît primordial lors de la prise en charge de poursuivre l'éducation auditive dans le bruit jusqu'à l'adolescence. De plus, ce travail est à effectuer à la fois à un niveau de bruit de fond moins élevé que le signal de parole, et à un niveau de signal sonore plus élevé que pour les mots.

Notre mémoire n'a pas pu explorer tous les aspects de la perception auditive dans le bruit et ne prétend pas être exhaustif, c'est pourquoi il pourra être complété par d'autres études sur la perception auditive dans le bruit.

BIBLIOGRAPHIE

1. Alain, C., & Arnott, S. (2000). Selectively attending to auditory objects. *Frontiers in Bioscience*.
2. Alain, C., & Bernstein, L. J. (2008). From sounds to meaning: the role of attention during auditory scene analysis. *Current Opinion in Otolaryngology & Head and Neck Surgery*, 16(5), 485-489.
3. Artières, F., Bizaguet, E., Dauman, R., Delaroche, M., Eliot, M., Lina-Granade, G., & Matha, N. (2010). Guide des bonnes pratiques en audiométrie de l'enfant. SFA, Société Française d'Audiologie.
4. Azema, B. (2005). *Audition binaurale*. Présenté à l'UNSAF, congrès des Audioprothésistes, Paris.
5. Baudouin, J.-Y., & Tiberghien, G. (2007). *Psychologie cognitive: Tome 1, L'adulte*. Lexifac Psychologie. Editions Bréal.
6. Beller, D. I. (1969). Oreille, langage et communication. *Communication et langages*, 3(1), 27-43.
7. Bergeron, A., & Henry, F. (1994). *L'Entraînement auditif, GIRAFE : Guide d'intervention en réadaptation auditive : formule de l'enfant*. Santé Médecine.
8. Bizaguet, E. (2006). *Réhabilitation prothétique de l'enfant*. In Garabédian, E.-N., Bobin, S., Monteil, J.-P., Triglia, J.-M. *ORL de l'enfant*. Médecine-Sciences Flammarion. Paris.
9. Bonfils, P., & Chevallier, J.-M. (2011). Anatomie du système vestibulaire. *Anatomie - ORL - Tome 3*, 3ème édition. Médecine Sciences - Lavoisier.
10. Bonino, A. Y., Leibold, L. J., & Buss, E. (2013). Release from perceptual masking for children and adults: benefit of a carrier phrase. *Ear and Hearing*, 34(1), 3-14.
11. Botte, M. C., & Scharf, B. (1980). La sonie. Effets simultanés de fatigue et de masque. *Acta Acustica united with Acustica*, 46(1), 100-106.

12. Bregman, A. (1994). *Auditory Scene analysis : the perceptual organization of sound*. Cambridge, MA.
13. Bregman, A. S. (1994). *Auditory Scene Analysis : The Perceptual Organization of Sound*. Cambridge, Massachusetts: The MIT Press.
14. Brin, F., Courrier, C., Lederlé, E., & Masy, V. (2011). *Définition suppléance mentale, Dictionnaire d'orthophonie*. Ortho Edition., Vol. VIII. Isbergues.
15. Bronkhorst, A. W. (2000). The Cocktail Party Phenomenon: A Review of Research on Speech Intelligibility in Multiple-Talker Conditions. *Acta Acustica united with Acustica*, 86(1), 117-128.
16. Bronkhorst, A. W., & Plomp, R. (1988). The effect of head-induced interaural time and level differences on speech intelligibility in noise. *The Journal of the Acoustical Society of America*, 83(4), 1508-1516.
17. Cherry, E. (1953). Some experiments on the recognition of speech with one and two ears. *Journal of the Acoustical Society of America*, (25).
18. Cheveigné, A. (2000). Analyse de scène auditive et parole. Présenté à XXIIIèmes Journées d'Etudes sur la Parole, Aussois.
19. Collège National d'Audioprothèse. (2006). Listes pour enfants Boorsma [CD d'audiométrie vocale].
20. Collège National d'Audioprothèse. (2008). *Précis d'audioprothèse : production, phonétique acoustique et perception de la parole*. Elsevier Masson.
21. Collet, L., Micheyl, C., & Vuillet, E. (2001). Variabilité et Plasticité de l'Audition Humaine de l'Adulte: Modèle du Cochléo-Lésé, CNRS UMR 5020. CNRS GDR 2213 « Prothèses auditives », *Neurosciences et Systèmes Sensoriels*.
22. Corbin, N. E., Bonino, A. Y., Buss, E., & Leibold, L. J. (2016). Development of Open-Set Word Recognition in Children: Speech-Shaped Noise and Two-Talker Speech Maskers. *Ear and Hearing*, 37(1), 55-63.

23. Cotte, C., Descourtieux, C., Legendre, I., Loundon, N., & Avan, P. (2006). Mécanismes neurophysiologiques de la binauralité. *Connaissances Surdités*, (15), 32-34.
24. Croguennec, P.-Y. (2007). *Localisation auditive dans le plan horizontal : Influence du mode microphonique et de l'acclimatation audioprothétique*. Université de Rennes I, Rennes.
25. Deggouj, N., & Demanez, L. (2010). Maturation des processus auditifs centraux. *Les Cahiers de l'Audition, revue d'informations techniques et scientifiques*, 23(6), 29-36.
26. Delattre, P. (1958). Les indices acoustiques de la parole : Premier rapport. *Phonetica International Journal of Phonetic Science*, 2(3-4), 226-251.
27. Demichelis, G., Schindler, O., & Piazza, R. (1969). *Intelligibilité de la parole et filtrage chez les presbyacousiques*. Turin, pp. 325-327.
28. Deneulin, M., & Renard, E. (2011). Décalage temporel interaural et discrimination de la parole dans le bruit. Université catholique de Louvain.
29. Devergie, A., Grimault, N., Tillmann, B., & Berthommier, F. (2010). Effect of rhythmic attention on the segregation of interleaved melodies. *The Journal of the Acoustical Society of America*, 128(1), pp. EL1-EL7.
30. Deys, S., & Lermigeaux, S. (2004). *L'audition binaurale et l'appareillage stéréophonique, Nouvelles données en Audiologie et en Appareillage stéréophonique*. Les Monographies Amplifon., Vol. 36. Paris.
31. Dulguerov, P., & Remacle, M. (2005). *Précis d'audiophonologie et de déglutition - L'oreille et les voies de l'audition*. Voix, parole, langage. Marseille, Solal.
32. Dumont, A., & Calbour, C. (2002). *Voir la parole*. Elsevier Masson. Paris.
33. Dunn, L. M., Dunn, L. M., & Thériault-Whalen, C. (1993). *Échelle de Vocabulaire en Images Peabody : série de planches*. Psycan, Toronto.

34. Fallon, M., Trehub, S. E., & Schneider, B. A. (2000). Children's perception of speech in multitalker babble. *The Journal of the Acoustical Society of America*, 108(6), 3023–3029.
35. Fallon, M., Trehub, S. E., & Schneider, B. A. (2002). Children's use of semantic cues in degraded listening environments. *The Journal of the Acoustical Society of America*, 111(5), 2242.
36. Fletcher, H., & Steinberg, J. C. (1929). Articulation Testing Methods. *Bell System Technical Journal*, 8(4), 806-854.
37. Fontan, L. (2012). *De la mesure de l'intelligibilité à l'évaluation de la compréhension de la parole pathologique en situation de communication*. Université Toulouse le Mirail-Toulouse II.
38. Fournet, F., & Guindéo Rocchia, M. (2014). *La perception auditive dans le bruit chez le jeune enfant normo-entendant et implanté cochléaire*. Université Pierre et Marie Curie Paris VI, Paris.
39. Gabet, L. (2011). *Influence du discours motivant de l'audioprothésiste sur les résultats cliniques d'un test d'intelligibilité dans le bruit*. Ecole d'Audioprothèse J.E. Bertin de Fougères, Rennes.
40. Gaudrain, E. (2008). *Rôle de la ségrégation séquentielle pour la séparation de voix concurrentes*. Université Claude Bernard-Lyon I.
41. Genoud, D. (1999). *Reconnaissance et transformation de locuteurs*. Ecole Polytechnique Fédérale de Lausanne.
42. Giraud, A. L., Price, C. J., Graham, J. M., & Frackowiak, R. S. J. (2001). Functional plasticity of language-related brain areas after cochlear implantation. *Brain*, (124), 1307-1316.

43. Gnansia, D. (2009). Intelligibilité dans le bruit et démasquage de la parole chez les sujets normo-entendants, malentendants et implantés cochléaires. *Revue d'informations techniques et scientifiques*, Les Cahiers de l'audition, 22, 9-42.
44. Goujon, F. (2012). *Audiométrie vocale : étude de l'intelligibilité dans le bruit chez le normo-entendant et détermination de courbes vocales de référence*. Université Henry Poincaré, Nancy I, Nancy.
45. Goujon, F. (2013). Etude de l'intelligibilité dans le bruit chez le normo-entendant et détermination de courbes vocales de références. *Les Cahiers de l'Audition*, 26(4), 20-27.
46. Gout, A. (2001). *Etapas précoces de l'acquisition du lexique*. Ecole des Hautes Etudes en Sciences Sociales.
47. Grataloup, C. (2007). *La reconstruction cognitive de la parole dégradée : étude de l'intelligibilité comme indice d'une capacité cognitive humaine*. Lyon 2.
48. Grimault, N., Bacon, S. P., & Micheyl, C. (2002). Auditory stream segregation on the basis of amplitude-modulation rate. *The Journal of the Acoustical Society of America*, 111(3), 1340-1348.
49. Grimault, N., & Gaudrain, E. (2006). Conséquences d'une perte auditive neurosensorielle sur l'analyse des scènes auditives. p.19-30. Présenté à 28ème édition du congrès des Audioprothésistes français.
50. Grimault, N., Micheyl, C., Carlyon, R. P., Arthaud, P., & Collet, L. (2000). Influence of peripheral resolvability on the perceptual segregation of harmonic complex tones differing in fundamental frequency. *The Journal of the Acoustical Society of America*, 108(1), 263–271.
51. Grimshaw, G. M., Kwasny, K. M., Covell, E., & Johnson, R. A. (2003). The dynamic nature of language lateralization: effects of lexical and prosodic factors. *Neuropsychologia*, 41(8), 1008-1019.

52. Guiraud, J. (2007). *Effets de la surdité totale et de la réhabilitation auditive par l'implant cochléaire sur l'organisation fonctionnelle du système auditif*. Université Lumier  Lyon 2, Lyon.
53. Hartmann, W., & Johnson, D. (1991). Stream Segregation and Peripheral Channeling. *Music Perception: An Interdisciplinary Journal*, 9(2).
54. Helmholtz, H. von. (1868). *Th orie physiologique de la musique: fond e sur l'étude des sensations auditives*. Masson.
55. Hopkins, K., & Moore, B. C. J. (2007). Moderate cochlear hearing loss leads to a reduced ability to use temporal fine structure information. *The Journal of the Acoustical Society of America*, 122(2), 1055-1068.
56. Hopkins, K., Moore, B. C. J., & Stone, M. (2008). Effects of moderate cochlear hearing loss on the ability to benefit from temporal fine structure information in speech. *The Journal of the Acoustical Society of America*, 123(2), 1140.
57. Hornsby, B. W. Y., Ricketts, T. A., & Johnson, E. E. (2006). The Effects of speech and speechlike maskers on unaided and aided speech recognition in persons with hearing loss. *Journal of the American Academy of Audiology*, 17(6), 432-447.
58. IEC International Electrotechnical Commission. (1997). Définition « st r ophonie » - Ref 723-03-43. Consulté   l'adresse <http://www.electropedia.org/iev/iev.nsf/display?openform&ievref=723-03-43>
59. Jacquier-Roux, M., Valdois, S., Zorman, M., Lequette, C., & Pouget, G. (2005). *ODEDYS version 2*. Université Pierre Mendes France, Grenoble.
60. Johnson, C. E. (2000). Children's Phoneme Identification in Reverberation and Noise. *Journal of Speech, Language, and Hearing Research*, 43(1), 144-157.
61. Kuhl, P. K., Williams, K. A., Lacerda, F., Stevens, K. N., & Lindblom, B. (1992). Linguistic Experience Alters Phonetic Perception in Infants by 6 Months of Age. *Science*, 255(5044), 606-608.

62. Kühnle, S., Ludwig, A. A., Meuret, S., Küttner, C., Witte, C., Scholbach, J., Fuchs, M. & Rübsamen, R. (2013). Development of auditory localization accuracy and auditory spatial discrimination in children and adolescents. *Audiology & Neuro-Otology*, 18(1), 48-62.
63. Lagacé, J. (2010). Développement du test de mots dans le bruit: Mesure de l'équivalence des listes et données préliminaires sur l'effet d'âge. *Canadian Acoustics, Acoustique Canadienne*, 38(2), 19-30.
64. Lalitte, P. (2008). Aspects acoustique et sensoriel du bruit. *Filigrane - Musique, esthétique, sciences, société*, (7).
65. Laroche, C., Vaillancourt, V., Melanson, C., Renault, M.-E., Thériault, C., Soli, S.-D., & Giguère, C. (2006). Adaptation du HINT (Hearing in Noise Test) pour les enfants francophones canadiens et données préliminaires sur l'effet d'âge. *Canadian Journal of Speech-Language Pathology and Audiology*, 95-109.
66. Larsen, W. (2003). *Embryologie humaine*. De Boeck Supérieur.
67. Lasry, Y., & Del Rio, M. (2012). L'audiométrie vocale en douze questions. *Les Cahiers de l'Audition*, 25(6), 32-35.
68. Lazard, D. S., Collette, J. L., & Perrot, X. (2010). Conséquences et implications de l'asymétrie périphérique et hémisphérique du système auditif dans le traitement de la parole. *Les Cahiers de l'Audition*, 23(6), pp. 18-21.
69. Lecanuet, J. (1995). L'Expérience auditive prénatale, In *Deliège, I., Sloboda, J. (2008). Naissance et développement du sens musical*, éd. Presses Universitaires de France.
70. Lecocq, P. (1996). *L'E.CO.S.SE., Une épreuve de compréhension syntaxico-sémantique*. Presses Universitaires du Septentrion. Mot à Mot.
71. Legent, F., Bordure, P., Calais, C., Malard, O., Chays, A., Roland, J., Garnier, S., & Debruille, X. (2012). *Audiologie pratique - Audiométrie*. Elsevier Masson.

72. Legent, F., Bordure, P., Calais, C., Malard, O., Chays, A., Roland, J., Garnier, S., & Debruille, X. (2011). Sonotraumatismes et acoustique. *Audiologie pratique – audiométrie*. 3ème édition. p.308. Elsevier Masson.
73. Leibold, L. J., & Buss, E. (2013). Children's identification of consonants in a speech-shaped noise or a two-talker masker. *Journal of speech, language, and hearing research: 56(4)*, 1144-1155.
74. Leibold, L. J., Yarnell Bonino, A., & Buss, E. (2016). Masked Speech Perception Thresholds in Infants, Children, and Adults. *Ear and Hearing*.
75. Lemaire, P. (1999). *Psychologie cognitive*. De Boeck Supérieur.
76. Lenneberg, E. (1967). *Language in the context of growth and maturation*. Biological foundations of language. Wiley & sons.
77. Lienard, J.-S. (2006). Analyse des Scènes Auditives et Perception Située. p.11-18. Présenté à 28ème édition du Congrès des Actes Audioprothésistes français.
78. Lisch, J. (2013). *Le dépistage néonatal des troubles auditifs*. Metz.
79. Loundon, N., Busquet, D., Garabédian, E., Alis, V., Descourtieux, C., Gaillard, D., Groh, V., Hervatin, S., Jubien, N., de Lamaze, A., Prang, I., Rebichon, C. (2009). *Implant cochléaire pédiatrique et rééducation orthophonique*. Pédiatrie. Médecine-Sciences Flammarion.
80. Mackersie, C. L., Prida, T. L., & Stiles, D. (2001). The role of sequential stream segregation and frequency selectivity in the perception of simultaneous sentences by listeners with sensorineural hearing loss. *Journal of speech, language, and hearing research, 44(1)*, 19-28.
81. Mazeau, M. (2005). Perception visuelle et mémoire. *Connaissances Surdités*, (11), 9-14.
82. McFarland, D. H., & Netter, F. H. (2009). Système auditif. *L'anatomie en orthophonie : Parole, déglutition et audition*. Elsevier Masson. pp. 175-204

83. McGurk, H., & MacDonald, J. (1976). Hearing lips and seeing voices. *Nature*, 264, 746-748.
84. Miller, G. A. (1947). The Masking of speech. *Psychological Bulletin*, 44(2), 105-129.
85. Moscato, M., & Pieraut-Le-Bonnec, G. (1984). L'équipement initial pour la perception de la parole. *Langage (Le) : construction et actualisation*. Publication Université Rouen Havre.
86. Neff, D. L., & Dethlefs, T. M. (1995). Individual differences in simultaneous masking with random-frequency, multicomponent maskers. *The Journal of the Acoustical Society of America*, 98(1), 125-134.
87. Nie, Y., & Nelson, P. B. (2015). Auditory stream segregation using amplitude modulated bandpass noise. *Frontiers in Psychology*, 6, 1151.
88. Nittrouer, S., & Boothroyd, A. (1990). Context effects in phoneme and word recognition by young children and older adults. *The Journal of the Acoustical Society of America*, 87(6), 2705-2715.
89. Normand, I. (2008). *Presbyacousie : du trouble à la prise en charge*. Université de Nantes, Nantes.
90. Nourdin, V. (2010). *Les Evaluations des adultes sourds porteurs d'un implant cochléaire*. Université Henry Poincaré Nancy 1, Nancy.
91. Parizet, E. (2011). Projet LoudNat (Evaluation de la sonie de sons naturels). Consulté à l'adresse <http://www.agence-nationale-recherche.fr/?Projet=ANR-11-BS09-0016>
92. Perrot, X. (2010). Anatomie et physiologie du système nerveux auditif central. *Les Cahiers de l'Audition*, 23(6), 5-16.
93. Picard, M., & Bradley, J. S. (2001). Revisiting speech interference in classrooms. *Audiology: Official Organ of the International Society of Audiology*, 40(5), 221-244.

94. Plomp, R. (1976). Binaural and Monaural Speech Intelligibility of Connected Discourse in Reverberation as a Function of Azimuth of a Single Competing Sound Source (Speech or Noise). *Acta Acustica united with Acustica*, 34(4), 200-211.
95. Pujol, R., Lavigne-Rebillard, M., & Lenoir, M. (1997). *Development of sensory and neural structures in the mammalian cochlea*, *Development of the Auditory System*, E.W. Rubel, A.N. Popper and R.R. Fay. Springer Handbook of Auditory Research. Vol. XII. New York.
96. Renard, C., & Azema, B. (2008). *Données fréquentielles et temporelles de la perception de la parole*. Les Editions du Collège National d'Audioprothèse, Vol. Production, phonétique acoustique et perception de la parole, *Précis d'Audioprothèse*. Elsevier Masson.
97. Rondal, J.-A. (1999). *Manuel de psychologie de l'enfant*. Editions Mardaga.
98. Rossi, M. (2007). *Audio*. Lausanne: PPUR Presses Polytechniques et Universitaires Romandes.
99. Rouger, J. (2007). *Perception audiovisuelle de la parole chez le sourd postlingual implanté cochléaire et le sujet normo-entendant: étude longitudinale psychophysique et neurofonctionnelle*. Université Toulouse III-Paul Sabatier, Toulouse.
100. Roulet, C.-A. (2004). *Santé et qualité de l'environnement intérieur dans les bâtiments*. Vols. 1. Lausanne, Suisse : Presses polytechniques et universitaires romandes.
101. Scharf, B., Botte, M.-C., & Canévet, G. (1983). Récupération après adaptation induite de sonie. *L'année psychologique*, 83(1), 9-24.
102. Scott, S. K., Blank, C. C., Rosen, S., & Wise, R. J. (2000). Identification of a pathway for intelligible speech in the left temporal lobe. *Brain: A Journal of Neurology*, 123 Pt 12, 2400-2406.

103. Simpson, S. A., & Cooke, M. (2005). Consonant identification in N-talker babble is a nonmonotonic function of N. *The Journal of the Acoustical Society of America*, *118*(5), 2775-2778.
104. Slazardy, O., Bendixen, A., Toth, D., Denham, S. L., & Winkler, I. (2013). Modulation-frequency acts as a primary cue for auditory stream segregation. *Learning & Perception*, *5*(2), 149-161.
105. Smith, Z. M., Delgutte, B., & Oxenham, A. J. (2002). Chimaeric sounds reveal dichotomies in auditory perception. *Nature*, *416*(6876), 87-90.
106. Snyder, J. S., Alain, C., & Picton, T. W. (2006). Effects of Attention on Neuroelectric Correlates of Auditory Stream Segregation. *Journal of Cognitive Neuroscience*, *18*(1), 1-13.
107. Sumbly, W. H., & Pollack, I. (1954). Visual Contribution to Speech Intelligibility in Noise. *The Journal of the Acoustical Society of America*, *26*(2), 212-215.
108. Summers, V., & Molis, M. (2004). Speech Recognition in Fluctuating and Continuous Maskers Effects of Hearing Loss and Presentation Level. *Journal of Speech, Language, and Hearing Research*, *47*(2), 245-256.
109. Tallal, P., Galaburda, A. M., Llinás, R. R., & Euler, C. V. (1993). Temporal Information processing in the nervous system: Special reference to dyslexia and dysphasia. *Annals of the New York Academy of Sciences*, *682*, pp.70-82.
110. Vaillancourt, V., Laroche, C., Mayer, C., Basque, C., Nali, M., Eriks-Brophy, A., & Giguère, C. (2008). The Canadian French Hearing in Noise Test. *International Journal of Audiology*, *47*(6), 383-385.
111. Warren, R., & Warren, R. (1970). Auditory Illusions and confusions. *American Scientist*, *(223)*, 30-36.

Bibliographie des figures

112. Figure 1. Anatomie de l'oreille. Consulté à l'adresse <http://www.clarteaudition.com/audition/anatomie-de-loreille/>
113. Figure 2. McFarland, D. H., & Netter, F. H. (2009). Système auditif. *L'Anatomie en orthophonie : Parole, déglutition et audition*. Elsevier Masson
114. Figure 3. Deneulin, M., & Renard, E. (2011). Décalage temporel interaural et discrimination de la parole dans le bruit. Université catholique de Louvain.
115. Figure 4. Goujon, F. (2012). *Audiométrie vocale : étude de l'intelligibilité dans le bruit chez le normo-entendant et détermination de courbes vocales de référence*. Université Henry Poincaré, Nancy I, Nancy.
116. Figure 5. Schéma de la courbe audiométrique de l'oreille humaine. Consulté à l'adresse <http://www.neuroreille.com/promenade/francais/sound/sound.htm>
117. Figure 8. Goujon, F. (2012). *Audiométrie vocale : étude de l'intelligibilité dans le bruit chez le normo-entendant et détermination de courbes vocales de référence*. Université Henry Poincaré, Nancy I, Nancy.

ANNEXES

Annexe A : Fiche renseignements

Date du bilan :

Renseignements cliniques

Nom :

Prénom :

Date de naissance :

Langue(s) parlée(s) :

Niveau scolaire :

Difficultés scolaires (redoublement envisagé, échec en maths...) :

Fratrie :

Profession des parents :

Coordonnées :

Renseignements médicaux :

Antécédents chirurgicaux (végétations) :

Antécédents familiaux (surdité) :

Problèmes ORL (otites, maladie chronique) :

Traitements passés et actuels (médicamenteux, troubles visuels) :

Prise(s) en charge en cours et antérieures :

Divers :

Activités extra-scolaires :

Développement :

- Age de la marche :
- Age des premiers mots :
- Age des premières phrases :

Audition et concentration :

Gêne dans le bruit (augmente le volume de la TV) :

Temps de latence :

Répétitions nécessaires :

Remarques de la maîtresse :

Annexe B : EVIP

FORME A

FEUILLE DE RÉPONSE

Prénom : _____

Administration des Items d'entraînement

POUR LA PLUPART DES SUJETS DE 6 ANS ET MOINS :
Utiliser les planches A, B et C. Ne faire passer que le nombre de séries nécessaire à l'obtention de trois bonnes réponses consécutives.

Planche	Série W	Série X	Série Y	Série Z
A	poupée (4)	fourchette (1)	table (2)	automobile (3)
B	homme (2)	poigne (3)	chapeauté (4)	bouche (1)
C	se balancer (3)	boire (4)	marcher (1)	grimper (2)
D	roux (4)	fermeture éclair (2)	clébie (1)	rituel (3)
E	gérant (1)	maridé (3)	sortière (4)	royal (2)

Pour plus de détails, voir le manuel.

POUR LA PLUPART DES SUJETS DE 8 ANS ET PLUS :
Utiliser les planches D et E. Ne faire passer que le nombre de séries nécessaire à l'obtention de trois bonnes réponses consécutives.

POINTS DE DÉPART

Le point de départ pour les sujets d'habileté moyenne apparaît dans la colonne Âge. Les numéros encadrés sont placés près de l'item de

départ pour tous les sujets dans un intervalle d'âge de 6 ou 12 mois. Par exemple, le point de départ pour les sujets allant de 2-6 ans à 3-5 ans est l'item 1; l'item 15 est le point de départ pour les sujets de 3-6 à 3-11 ans; et l'item 120, pour les sujets de 16-0 ans et plus. Pour les points de départ pour les sujets faibles ou excellents, voir la partie 2 du Manuel.

RÈGLES DE LA BASE ET DU PLAFOND

BASE : Plus haute série de 8 bonnes réponses consécutives.
PLAFOND : Plus basse série de 8 réponses consécutives contenant 6 échecs.

Pour plus de détails, voir le manuel.

NOTATION DES RÉPONSES ET DES ÉCHECS

On notera la réponse donnée par le sujet (1, 2, 3 ou 4) à chacun des items administrés. Pour chaque échec tracer une diagonale à travers la figure qui suit la réponse du sujet tel qu'indiqué ci-dessous :

1 bateau (2) 4 

La série de 8 figures de la colonne Échec est répétée afin de faciliter le repérage de la base et du plafond, et ainsi réduire les fautes de notation.

ITEMS DE L'ÉCHELLE, RÉPONSES, CODE DE NOTATION ET ÉCHECS

Âge	Planche	Item	Code	Réponse	Échec	Âge	Planche	Item	Code	Réponse	Échec	Âge	Planche	Item	Code	Réponse	Échec										
2½	3	1 bateau	(2)	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	8	61	hameçon	(3)	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	121	charogne	(1)	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	122	boulon	(3)	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>						
		2 autobus	(4)	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>			62 récompenser	(3)	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>			123 exténuée	(2)	<input type="checkbox"/>			<input type="checkbox"/>	124 félin	(2)	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	125 confiance	(3)	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
		3 main	(1)	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>			63 fatigué	(1)	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>			126 losange	(3)	<input type="checkbox"/>			<input type="checkbox"/>	127 arche	(4)	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	128 constellation	(4)	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
		4 tracteur	(2)	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>			64 cérémonie	(4)	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>			129 seringue	(2)	<input type="checkbox"/>			<input type="checkbox"/>	130 indigent	(2)	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	131 perpendiculaire	(3)	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
		5 lit	(3)	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>			65 mécanicien	(2)	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>			132 assaillir	(1)	<input type="checkbox"/>			<input type="checkbox"/>	133 arrogant	(2)	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	134 péninsule	(4)	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
		6 accident	(2)	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>			66 fragile	(3)	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>			135 spatule	(3)	<input type="checkbox"/>			<input type="checkbox"/>	136 filtration	(1)	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	137 consommer	(4)	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
		7 tambour	(3)	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>			67 tronc	(2)	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>			138 aride	(4)	<input type="checkbox"/>			<input type="checkbox"/>	139 défense	(1)	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	140 côte	(3)	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
		8 vache	(1)	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>			68 anneau	(4)	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>			141 abrasif	(1)	<input type="checkbox"/>			<input type="checkbox"/>	142 urne	(3)	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	143 solennel	(3)	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
		9 serpent	(4)	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>			69 vase	(3)	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>			144 contempler	(2)	<input type="checkbox"/>			<input type="checkbox"/>	145 brindille	(2)	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	146 inclement	(4)	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
		10 lampe	(4)	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>			70 tir à l'arc	(2)	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>			147 calice	(2)	<input type="checkbox"/>			<input type="checkbox"/>	148 émacié	(2)	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	149 spectre	(4)	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
		11 genou	(2)	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>			71 ustensile	(2)	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>			150 cornée	(2)	<input type="checkbox"/>			<input type="checkbox"/>	151 entravé	(1)	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	152 enjoliver	(2)	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
		12 plume	(1)	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>			72 casserole	(3)	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>			153 jubilante	(2)	<input type="checkbox"/>			<input type="checkbox"/>	154 mercantile	(1)	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	155 incandescent	(4)	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
		13 pingouin	(1)	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>			73 pédale	(1)	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>			156 obélisque	(1)	<input type="checkbox"/>			<input type="checkbox"/>	157 palan	(1)	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	158 agrume	(3)	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
		14 clôture	(4)	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>			74 colère	(3)	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>			159 restreindre	(1)	<input type="checkbox"/>			<input type="checkbox"/>	160 divergence	(4)	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	161 convexe	(1)	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
15 parachute	(3)	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	75 tranquillité	(3)	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	162 déambulation	(2)	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	163 larcin	(4)	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	164 émission	(3)	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>								
16 flèche	(2)	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	76 cylindrique	(1)	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	165 tangente	(1)	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	166 entomologiste	(3)	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	167 homonucle	(4)	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>								
17 carré	(4)	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	77 infirme	(1)	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	168 dénuement	(3)	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	169 repoussé	(4)	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	170 anthropoïde	(3)	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>								
18 filet	(2)	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	78 globe	(3)	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>																				
19 outil	(4)	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	79 expliquer	(4)	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>																				
20 légume	(4)	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	80 disséquer	(3)	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>																				
21 coude	(3)	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	81 humain	(2)	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>																				
22 bandage	(4)	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	82 île	(1)	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>																				
23 déchirer	(4)	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	83 moulinet	(1)	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>																				
24 forêt	(3)	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	84 transparent	(3)	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>																				
25 mesurer	(2)	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	85 communication	(4)	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>																				
26 enveloppe	(2)	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	86 piéton	(2)	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>																				
27 hélicoptère	(1)	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	87 enflamé	(1)	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>																				
28 pneu	(3)	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	88 crampon	(2)	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>																				
29 vide	(3)	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	89 classer	(3)	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>																				
30 nid	(1)	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	90 véhicule	(4)	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>																				
31 cage	(1)	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	91 pyramide	(4)	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>																				
32 grille	(4)	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	92 isolement	(1)	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>																				
33 s'étirer	(1)	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	93 délabré	(4)	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>																				
34 attacher	(2)	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	94 médaillon	(1)	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>																				
35 flatter	(1)	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	95 somnolent	(3)	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>																				
36 collier	(4)	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	96 ajustable	(2)	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>																				
37 coudre	(2)	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	97 dromadaire	(2)	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>																				
38 gonflé	(3)	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	98 extérieur	(1)	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>																				
39 épaule	(3)	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	99 reptile	(2)	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>																				
40 cadre	(1)	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	100 trajectoire	(1)	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>																				
41 décoré	(3)	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	101 crâne	(4)	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>																				
42 tige	(3)	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	102 vigne	(4)	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>																				
43 tambourin	(1)	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	103 coopération	(3)	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>																				
44 repasseuse	(1)	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	104 penderie	(1)	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>																				
45 robinet	(2)	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	105 charpentier	(2)	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>																				
46 voile	(1)	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	106 nautique	(3)	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>																				
47 narine	(1)	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	107 déception	(4)	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>																				
48 signal	(3)	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	108 cascade	(4)	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>																				
49 surpris	(4)	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	109 pelucheux	(1)	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>																				
50 groupe	(3)	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	110 quatuor	(4)	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>																				
51 remplir	(1)	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	111 vitrifié	(1)	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>																				
52 peler	(3)	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	112 avachi	(2)	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>																				
53 dispute	(1)	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	113 parallélogramme	(1)	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>																				
54 plonger	(2)	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	114 cachet	(2)	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>																				
55 livrer	(1)	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	115 sphérique	(2)	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>																				
56 démolir	(4)	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	116 remboursement	(1)	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>																				
57 pot	(3)	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	117 belette	(2)	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>																				
58 écorce	(2)	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	118 incertitude	(2)	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>																				
59 dégoutter	(2)	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	119 serres	(3)	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>																				
60 balcon	(1)	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	120 ascension	(3)	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>																				

CALCUL DU SCORE BRUT

Numéro de l'item plafond _____

Moins les échecs _____

Score brut _____

(On compte les échecs contre la base supérieure et le plafond inférieur.)

Echelle subjective de la concentration – Note 1 :

0- Pas concentré 1 - Peu concentré 2 - Concentration fluctuante
3 – Concentré 4 - Très concentré

Annexe C : ECOSSE

Consigne : « Je vais te montrer des images et te dire des phrases. Tu devras me dire quelle est l'image qui va le mieux avec la phrase ».

BLOCS	ITEMS	D1	D2	D3	D4
J12	Les chats regardent la balle.		2		
J21	Le garçon se tient debout sur les chaises.	1			
J33	Les garçons cueillent les pommes.			3	
J43	La fille laisse tomber les tasses.			3	
K11	La boîte est rouge mais pas la chaise.	1			
K24	Le chat est grand mais pas noir.				4
K32	Le cheval est debout mais pas le garçon.		2		
K42	Le garçon est assis mais ne mange pas.		2		
L14	Elle est assise sur la chaise.				4
L21	La dame le porte.	1			
L33	Il est assis dans l'arbre.			3	
L44	Le cheval la regarde.				4
M11	Ni le chien ni la balle ne sont marron.	1			
M24	Le crayon n'est ni long ni rouge.				4
M32	Ni le garçon ni le cheval ne courent.		2		
M42	Le garçon n'a ni chapeau ni chaussures.		2		
N11	La tasse est devant la boîte.	1			
N21	Le crayon est derrière la boîte.	1			
N32	Le cercle est dans l'étoile.		2		
N44	Le couteau est sur la chaussure.				4
O14	Le crayon est au-dessus de la fleur.				4
O23	Le peigne est en-dessous de la cuiller.			3	
O34	L'étoile est au-dessus du cercle.				4
O43	Le carré est sous l'étoile.			3	
P12	Le crayon qui est sur le livre est jaune.		2		
P22	La fille poursuit le chien qui saute.		2		
P33	Le carré qui est dans l'étoile est bleu.			3	
P41	Le chien poursuit le cheval qui se retourne.	1			
Q14	Le couteau est plus long que le crayon.				4
Q21	La tasse est moins grande que la boîte.	1			
Q34	La chaussure est la plus petite.				4
Q41	La pomme est la moins grande.	1			
R11	La fille est poursuivie par le cheval.	1			
R22	Le camion est poussé par le garçon.		2		
R33	Le cheval est poursuivi par l'homme.			3	
R42	Le landau est poussé par le monsieur.		2		
S14	Le garçon poursuivant le cheval est gros.				4
S21	Le crayon sur la chaussure est bleu.	1			
S32	La vache poursuivant le chat est marron.		2		
S43	Le cercle dans l'étoile est jaune.			3	
T13	La pomme que mange le garçon est verte.			3	
T21	La vache que le chien poursuit est marron.	1			

T34	Le garçon mange les pommes que la fille cueille.				4
T42	Le monsieur regarde la vache que poursuit le chat.		2		
U12	La fille pousse la chaise, pourtant elle est petite.		2		
U23	Le garçon regarde l'éléphant, parce qu'il est gros.			3	
U34	Le garçon ne voit pas le monsieur bien qu'il porte des lunettes.				4
U44	Le monsieur appelle le chien, car il court.				4
V12	Le chien a fait tomber la deuxième quille.		2		
V21	La fille a fait tomber la troisième tasse.	1			
V32	La dame est assise sur la dernière chaise bleue.		2		
V43	Quelqu'un montre le troisième crayon bleu.			3	
W13	Le livre sur lequel est posé le crayon est rouge.			3	
W21	Le chat dont les yeux sont verts regarde la dame.	1			
W34	Le cercle dans lequel il y a une étoile est rouge.				4
W42	Le cheval poursuit un chien dont la queue est longue.		2		

Nombre total de réponses correctes : /56

Echelle subjective de la concentration – Note 2 :

0- Pas concentré 1 - Peu concentré 2 - Concentration fluctuante
3 – Concentré 4 - Très concentré

Annexe D : Epreuve de rétention de chiffres – ODEDYS

- **Empan endroit** : tu écoutes bien les chiffres que je vais te dire puis tu les répètes exactement dans le même ordre.
- **Empan envers** : maintenant, tu me les répètes exactement en ordre inverse.

Score	Items	Endroit	Envers
2	2 – 9		
3	1 – 5 – 3		
	7 – 2 – 4		
4	2 – 6 – 7 – 1		
	3 – 9 – 4 – 6		
5	4 – 7 – 2 – 9 – 5		
	8 – 3 – 6 – 2 – 4		
6	6 – 3 – 2 – 1 – 4 – 8		
	7 – 4 – 2 – 9 – 5 – 3		
7	3 – 5 – 1 – 8 – 7 – 9 – 2		
	2 – 8 – 9 – 4 – 6 – 1 – 7 – 3		

Score endroit :

Score envers :

Echelle subjective de la concentration – Note 3 :

0- Pas concentré 1 - Peu concentré 2 - Concentration fluctuante
3 – Concentré 4 - Très concentré

Annexe E : Audiométrie vocale

Listes pour enfants

Boorsma

Patient

Date	Audiomètre	Opérateur	Observations
------	------------	-----------	--------------

CD 4 <small>page</small>					
1 3	2 4	3 5	4 6	5 7	6 8
la poupée	le ballon	le bouton	la poule	le papa	la tomate
le genou	l'assiette	l'avion	la robe	le journal	la bouche
la corde	le cheval	le cahier	la poire	la bouteille	l'armoire
la noisette	le lavabo	la culotte	le fromage	l'autobus	la brosse
le savon	le garçon	la banane	la nappe	la cravate	le sucre
l'orange	le vélo	le poisson	le crayon	le bébé	la plume
le canard	l'oreille	la cigarette	le garage	l'enfant	la table
la bobine	la vache	le tapis	l'écharpe	la pomme	l'échelle
la canne	la mouche	l'éponge	le peigne	le soulier	le tonneau
le soleil	le magasin	la chaise	la maison	le café	le fauteuil
/ 10	/ 10	/ 10	/ 10	/ 10	/ 10

CD 4 <small>page</small>					
7 9	8 10	9 11	10 12	11 13	12 14
l'auto	le bateau	le tableau	la tarte	le pigeon	l'ours
la classe	la tête	la valise	l'oiseau	le manteau	le biscuit
le couteau	le cochon	la salade	le costume	le canif	la moto
le livre	le train	le singe	la tortue	le veston	la lampe
la gomme	la carotte	le jambon	le panier	le mouchoir	le chien
le bonbon	la pipe	le bureau	la tasse	le marteau	la fille
le vase	le lapin	le pyjama	la souris	le tiroir	la fourchette
la boîte	le docteur	l'éléphant	le paquet	le tambour	la serviette
la bille	le gâteau	le soldat	la tartine	le mouton	le chat
le chapeau	la patte	la fleur	la montre	l'image	la coque
/ 10	/ 10	/ 10	/ 10	/ 10	/ 10

Oreille gauche à 35 dB	Oreille droite à 35 dB

Echelle subjective de la concentration – Note 4 :

- 0- Pas concentré 1 - Peu concentré 2 - Concentration fluctuante
3 – Concentré 4 - Très concentré

Annexe F : Tests perceptifs dans le bruit - HINT

Liste 1	Mots
Le clown est vraiment drôle.	5
Le coq réveille le village.	5
Le marchand vend des bonbons.	5
Le chien dormait dehors.	4
Son veston est troué.	4
Les grenouilles sont vertes.	4
Il vit dans la jungle.	5
Il doit prendre ses vitamines.	5
Les enfants courent dehors.	4
Le camion est rouge.	4

Mots Liste 1	/45	%
Phrases Liste 1	/10	%

Liste 2	Mots
La fille lave ses mains.	5
Les grenouilles plongent dans l'eau.	6
La salle était vide.	4
Ce garçon pédale très vite.	5
L'arbre est bien décoré.	5
Il mange avec une fourchette.	5
L'oiseau est sur une branche.	6
Tous les chats sont gris.	5
Elle va perdre son temps.	5
Le sac est plein de billes.	6

Mots Liste 2	/52	%
Phrases Liste 2	/10	%

Liste 3	Mots
Elle a compté jusqu'à dix.	6
Il loue un film d'horreur.	6
La fenêtre est ouverte.	4
Tout le monde est en classe.	6
L'éléphant a une longue trompe.	6
Le serveur apporte la crème.	5
La soupe était délicieuse.	4
Mes frères jouent au base-ball.	5
Ils vont à la plage.	5
Il nage dans la rivière.	5

Mots Liste 3	/52	%
Phrases Liste 3	/10	%

Liste 4	Mots
J'aime les couchers de soleil.	6
Maman épluche une orange.	4
Papa tirait le chariot.	4
Les enfants jouent dans le sable.	6
Ce casse-tête est difficile.	4
Il s'est perdu dans la ville.	6
Elle écoute la radio.	4
Elle était très patiente.	4
Son sac était très lourd.	5
Il m'a lancé la balle.	6

Mots Liste 4	/49	%
Phrases Liste 4	/10	%

Liste 5	Mots
L'écureuil grimpe dans l'arbre.	6
Ce musicien joue du piano.	5
La marmotte creuse un trou.	5
Elle achète des légumes frais.	5
L'homme est très poli.	5
Cette femme joue du piano.	5
Ses cheveux sont blonds.	4
Son cerf-volant est jaune.	4
Le mulot vit dans les champs.	6
Ils étaient très malades.	4

Mots Liste 5	/44	%
Phrases Liste 5	/10	%

Liste 6	Mots
Le chien ramène le jouet.	5
La souris mange du fromage.	5
Elle boit du jus d'orange.	6
Le petit garçon chante bien.	5
Les batteries ne fonctionnent plus.	5
Il mange de la crème glacée.	6
Il a caché la plume.	5
Elle lui tire les cheveux.	5
Tu as caché mon jouet.	5
La mère berce son enfant.	5

Mots Liste 6	/52	%
Phrases Liste 6	/10	%

Liste 7	Mots
Elle prend un bain chaud.	5
Cette église est très vieille.	5
Les dragons crachent du feu.	5
Ton jus est sur la table.	6
Ils prennent une marche.	4
Elle prend soin de sa mère.	6
Ils ont marché sur le pont.	6
Il mange sa soupe.	4
La jeune fille se brosse les dents.	7
Ils ont cassé tous les œufs.	6

Mots Liste 7	/54	%
Phrases Liste 7	/10	%

Liste 8	Mots
Le vent fait bouger les feuilles	6
Elle saute sur le trampoline.	5
Ce bonbon est très sucré.	5
Elle joue avec ma poupée.	5
Ils vont jouer au parc.	5
L'oiseau s'envole du nid.	6
Il joue aux billes avec moi.	6
Cette histoire est triste.	4
Elle a fait fondre de la glace.	7
J'ai un livre à colorier.	6

Mots Liste 8	/49	%
Phrases Liste 8	/10	%

Liste 9	Mots
Il n'aime pas le brocoli.	6
Ils regardent le spectacle.	4
Les roses blanches sont belles.	5
La souris est un rongeur.	5
Les vacances sont finies.	4
Maman achète du pain.	4
Le veau grossit vite.	4
L'ours trouve du miel.	5
Le souper était chaud.	4
J'ai peur des crocodiles.	5

Mots Liste 9	/46	%
Phrases Liste 9	/10	%

Liste 10	Mots
Notre fille se marie demain.	5
Le chat regarde l'oiseau.	5
Les flocons de neige sont blancs.	6
Elle a perdu sa valise.	5
Elle a fait son lit.	5
Il ne faut pas manger vite.	6
Elle porte des boucles d'oreille.	6
Le groupe marchait vers le parc.	6
J'ai sali ma blouse.	5
Ma tante fait de la couture.	6

Mots Liste 10	/55	%
Phrases Liste 10	/10	%

Echelle subjective de la concentration – note 5 :

0- Pas concentré 1 - Peu concentré 2 - Concentration fluctuante
 3 – Concentré 4 - Très concentré

LA PERCEPTION AUDITIVE DANS LE BRUIT CHEZ L'ENFANT NORMO-ENTENDANT DE 7 À 12 ANS

Résumé :

Ce mémoire a pour objectif d'étudier la perception auditive dans le bruit chez l'enfant normo-entendant âgé de 7 à 12 ans. Dans ce but, nous avons cherché à établir une courbe de la perception auditive de phrases dans le bruit ainsi qu'à déterminer les seuils d'intelligibilité moyens pour chaque âge et par tranche d'âge. Pour cela, nous avons soumis 30 enfants normo-entendants à une évaluation perceptive auditive en milieu bruyant, basée sur les phrases du HINT à différents RSB (+10, +5, 0, -5 dB). Les résultats révèlent une intelligibilité maximale au RSB +10 dB quel que soit l'âge. Un effet d'âge significatif a été trouvé aux RSB +5, 0 et -5 dB. Au niveau des seuils moyens de reconnaissance vocale, nous avons obtenu -2,5 dB pour les 7-8 ans, -4,05 dB pour les 9-10 ans, et -4,53 dB pour les 11-12 ans. Cela tend à confirmer l'hypothèse selon laquelle plus les enfants grandissent, meilleurs sont leurs résultats perceptifs dans le bruit. L'ensemble de ces résultats apporte quelques éléments de précision pour la prise en charge orthophonique des enfants sourds et malentendants. En effet, l'éducation auditive dans le bruit devrait être pratiquée à un RSB maximal compris entre + 5 et 0 dB et devrait rester un axe prioritaire de rééducation jusqu'à l'adolescence.

Mots-clés : perception auditive, enfant, normo-entendant, intelligibilité dans le bruit, évaluation perceptive

Abstract:

This study aims at evaluating auditory perception in noise of normal hearing children between 7 and 12 years of age. Our objectives were to set up a curve of the auditory perception of sentences in noisy environment and determine average speech reception thresholds by years of age and by age groups. In order to achieve this, we subjected a group of 30 normal hearing children to an auditory perceptive evaluation based on different Signal-to-Noise Ratios (+10, +5, 0, -5 dB) of HINT sentences in noisy background. Results show maximal intelligibility at SNR +10 dB regardless of the age. At SNR +5, 0 and -5 dB, performance was significantly age-related. With regards to speech reception thresholds, we obtained -2.5 dB for 7-8 y. o., -4.05 dB for 9-10 y. o., and -4.53 dB for 11-12 y. o. This would confirm the assumption that the older the children, the better their perceptive results in noise are. The above results will provide speech pathologists with significant data for the rehabilitation of deaf and hearing-impaired children. Indeed auditory education in noise should be implemented at maximal SNR between +5 and 0 dB, and should remain a key element in the rehabilitation until the teenage years.

Keywords : auditory perception, children, normal hearing, intelligibility in noise, auditory perception assessment

Nombre de pages du mémoire : 60 + 9 pages d'annexes

Nombre de références bibliographiques : 117