

2m11.2862.4

Université de Montréal

La mesure de la suppression controlatérale des oto-émissions acoustiques chez  
des enfants présentant des difficultés au niveau de la reconnaissance  
de mots dans le bruit

par

Mylène Castonguay

École d'orthophonie et d'audiologie  
Faculté de médecine

Mémoire présenté à la Faculté des études supérieures  
en vue de l'obtention du grade de  
Maître en orthophonie et audiologie (M.O.A.)  
option audiologie

(Avril, 2001)

© Mylène Castonguay, 2001



HD

7255

U54

2001

v.004



Université de Montréal  
Faculté des études supérieures

Ce mémoire intitulé :

La mesure de la suppression controlatérale des oto-émissions acoustiques chez  
des enfants présentant des difficultés au niveau de la reconnaissance  
de mots dans le bruit

présenté par

Mylène Castonguay

a été évalué par un jury composé des personnes suivantes :

Mme Nicole Normandin

M. Michel Picard

Mme Anne-Marie Hurteau

M. Tony Leroux

Mémoire accepté le : \_\_\_\_\_

## SOMMAIRE

De plus en plus, les audiologistes identifient des enfants présentant des difficultés de compréhension de la parole dans le bruit. Ceci est probablement attribuable au raffinement des instruments d'évaluation et plus spécifiquement des épreuves qui évaluent l'audition centrale. Cependant, ces tests sont longs et ils demandent la participation soutenue de l'enfant, ce qui n'est pas toujours facile. Il serait intéressant de travailler au développement d'une épreuve objective et rapide qui puisse identifier ces enfants.

La présente étude s'intéresse à la suppression controlatérale des oto-émissions acoustiques induites par des clics chez les enfants présentant des difficultés de reconnaissance de mots dans le bruit parce qu'une telle épreuve pourrait peut-être justement répondre au besoin identifié ci-haut. La recherche a été effectuée auprès de deux groupes. Le groupe contrôle comptait huit sujets ayant une acuité auditive normale et une absence de déficit au niveau de la reconnaissance de la parole dans le bruit exprimée par un décalage du seuil vocal dans le bruit (DSVB) égal ou plus petit que 13,3 dB alors que le groupe expérimental comprenait quatre sujets ayant également une acuité auditive normale mais un DSVB excédant 13,3 dB. Tous les participants étaient âgés entre neuf et dix ans. Une fois que les sujets répondaient aux critères d'inclusion, trois mesures d'oto-émissions acoustiques induites par des clics ou

TEOAE (« transient evoked otoacoustic emissions ») étaient effectuées, suivies de trois nouvelles mesures auxquelles un bruit controlatéral était ajouté. À l'aide d'un logiciel d'analyse, la moyenne entre les trois mesures pour chaque condition (avec et sans bruit controlatéral) est obtenue et, par la suite, les deux moyennes sont comparées en fonction de l'intervalle per-stimulateur de mesure. Le logiciel compare les courbes au niveau de l'amplitude, du délai ainsi que de la corrélation entre les deux courbes. La différence notée entre les deux tracés se nomme la suppression des TEOAE. Aucune donnée de référence n'existe concernant la suppression des TEOAE chez les enfants, ce qui nous a amené à prédire les résultats chez l'enfant à partir de la donnée chez l'adulte.

Les résultats montrent, tout d'abord, que les enfants du groupe contrôle se comportent de la même façon que les adultes, c'est-à-dire que lors de l'introduction d'un bruit à l'oreille controlatérale, les TEOAE diminuent en amplitude et elles apparaissent plus rapidement ce qui crée un délai négatif. Aucune différence significative n'a pu être identifiée entre le groupe contrôle et le groupe expérimental. Cela peut s'expliquer par le faible effet de suppression (1,27 dB) accompagné d'un très grand écart-type pairé au petit nombre d'observations qui ont pu être colligées. D'ailleurs, on a pu escompter une puissance de 42 % ( $n = 4$ ) du test statistique établie sur la base

de la valeur phi de Winer (1971), positionnée sur la distribution asymétrique de la valeur F de Fisher.

Par ailleurs, il se pourrait que la suppression contralatérale des TEOEA ne soit pas le meilleur outil pour vérifier le fonctionnement du système efférent olivo-cochléaire médian qui pourrait être à la base des difficultés de reconnaissance de la parole dans le bruit. De nouveaux protocoles se sont développés récemment qui utilisent la suppression bilatérale des TEOEA ou le paradigme de masque antérieur. Ces deux méthodes ont été démontrées comme étant plus efficaces comme supprimeur qu'un bruit présenté à l'oreille contralatérale. Il serait peut-être possible d'identifier des différences significatives en utilisant ces nouveaux protocoles.

## TABLE DES MATIÈRES

SOMMAIRE.....	iii
LISTE DES FIGURES.....	ix
REMERCIEMENTS.....	x
1. INTRODUCTION.....	1
2. PROBLÉMATIQUE.....	3
3. CONTEXTE THÉORIQUE.....	8
3.1. LES OTO-ÉMISSIONS ACOUSTIQUES.....	8
3.2. DIFFICULTÉ À PERCEVOIR LA PAROLE DANS LE BRUIT.....	14
3.3. INSTRUMENTS DE MESURE DE LA RECONNAISSANCE DE LA PAROLE EN CONTEXTE AUDIOLOGIQUE.....	18
3.4. LA SUPPRESSION CONTROLATÉRALE DES TEOAE.....	21
3.5. LA SUPPRESSION CONTROLATÉRALE DES TEOAE ET LA PERCEPTION DANS LE BRUIT.....	27
4. HYPOTHÈSES.....	32
5. MÉTHODOLOGIE.....	34
5.1. SUJETS.....	34
5.2. MATÉRIEL.....	37
5.3. DÉROULEMENT DE LA RENCONTRE.....	40
5.4. CONSIDÉRATIONS ÉTHIQUES.....	45
5.5. TRAITEMENT DES DONNÉES.....	47
6. RÉSULTATS ET ANALYSE.....	50
6.1. ÉTUDE DE L'AMPLITUDE DE SUPPRESSION DES TEOAE.....	50
6.2. ÉTUDE DE LA VITESSE D'APPARITION DES TEOAE EN FONCTION DU MASQUE CONTROLATÉRAL.....	53

7. DISCUSSION.....	57
7. 1. <i>IMPLICATIONS THÉORIQUES</i> .....	57
7. 2. <i>PISTES DE RECHERCHE</i> .....	60
8. CONCLUSION.....	64
RÉFÉRENCES.....	65
LISTE DES ANNEXES.....	76
ANNEXE I : LETTRE DU CENTRE HOSPITALIER ANNA-LABERGE DONNANT L'AUTORISATION DE CONSULTER LES DOSSIERS EN AUDIOLOGIE.....	77
ANNEXE II : QUESTIONNAIRE DESTINÉ AUX PARENTS.....	78
ANNEXE III : LISTES DE MOTS DU TSVI (LEBEL ET PICARD, 1995) UTILISÉES POUR LA RECHERCHE DES SEUILS DE RECONNAISSANCE DE LA PAROLE (SRP).....	80
ANNEXE IV : CARACTÉRISTIQUES DES SUJETS.....	81
ANNEXE V : CONSIGNES DESTINÉES AUX ENFANTS LORS DE L'EXPÉRIMENTATION.....	82
ANNEXE VI : LE DÉCALAGE DU SEUIL VOCAL DANS LE BRUIT (DSVB) POUR LE GROUPE CONTRÔLE ET EXPÉRIMENTAL.....	85
ANNEXE VII : LETTRE D'APPROBATION DU COMITÉ D'ÉTHIQUE DE LA RECHERCHE DE L'UNIVERSITÉ MCGILL.....	86
ANNEXE VIII : FORMULAIRE DE CONSENTEMENT APPROUVÉ PAR LE COMITÉ D'ÉTHIQUE DE L'UNIVERSITÉ MCGILL.....	87
ANNEXE IX : RÉSULTATS BRUTS DE LA SUPPRESSION DES TEOAE, AU NIVEAU DE L'AMPLITUDE (EN dB) POUR LE GROUPE CONTRÔLE ET EXPÉRIMENTAL.....	89

ANNEXE X : RÉSULTATS BRUTS DE LA SUPPRESSION DES TEOAE AU NIVEAU DU DÉLAI (EN MS) POUR LE GROUPE CONTRÔLE ET EXPÉRIMENTAL .....	90
ANNEXE XI : RÉSULTATS BRUTS DE LA SUPPRESSION DES TEOAE, AU NIVEAU DE LA CORRÉLATION ENTRE LA COURBE SANS BRUIT CONTROLATÉRAL ET LA COURBE AVEC BRUIT CONTROLATÉRAL, POUR LE GROUPE CONTRÔLE ET EXPÉRIMENTAL.....	91
ANNEXE XII : RÉSUMÉ DE L'ANALYSE DE LA VARIANCE TYPE SP 2(8) DE KIRK (1968) POUR LA VARIABLE DÉPENDANTE : AMPLITUDE.....	92
ANNEXE XIII : RÉSUMÉ DE L'ANALYSE DE LA VARIANCE DE TYPE 2(8) DE KIRK (1968) POUR LA VARIABLE DÉPENDANTE : DÉLAI.....	93
ANNEXE IX : IDENTIFICATION DES BORNES DU 10° ET DU 90° CENTILE POUR L'AMPLITUDE.....	94
ANNEXE XV : IDENTIFICATION DES BORNES DU 10° ET DU 90° CENTILE POUR LE DÉLAI.....	95

## LISTE DES FIGURES

<b>Figure 1</b> : Schéma représentant les systèmes olivo-cochléaire latéral et médian (figure 1 de Musiek, 1992) .....	11
<b>Figure 2</b> : Un exemple de TEOAE obtenues en mode linéaire en utilisant le système ILO88 pour un sujet normal (tiré de Hood et coll., 1996).....	38
<b>Figure 3</b> : Un exemple de l'effet de suppression controlatérale des TEOAE à l'aide du logiciel EchoMaster pour un sujet normal (tiré de Berlin et coll., 1994).....	39
<b>Figure 4</b> : Une illustration du mode opératoire de détermination du seuil de reconnaissance de la parole selon la procédure de Picard (1984).....	43
<b>Figure 5</b> : Une illustration du mode opératoire de détermination du décalage du seuil vocal dans le bruit selon la procédure de Picard (1989) et de Tremblay et coll. (1991).....	43
<b>Figure 6</b> : Courbes d'amplitude (dB) des quatre sujets du groupe expérimental selon les intervalles per-stimulateurs de mesure (ms). Les lignes pointillées représentent les bornes du 10° et du 90° centile du groupe contrôle.....	52
<b>Figure 7</b> : Courbes du décalage temporel (ms) des quatre sujets du groupe expérimental selon les intervalles per-stimulateurs de mesure (ms). Les lignes pointillées représentent les bornes du 10° et du 90° centile du groupe contrôle.....	55

## REMERCIEMENTS

Nous tenons à remercier Monsieur Michel Picard pour les innombrables heures passées à superviser cette recherche ainsi que pour son soutien lors des moments plus difficiles et ces moments ont été très nombreux.

Nous remercions chaleureusement Madame Anne-Marie Hurteau pour son expertise, sa disponibilité, ses conseils judicieux ainsi que pour avoir mis à notre disposition le matériel technique nécessaire à la réalisation de ce projet.

Nous remercions également l'Hôpital de Montréal pour Enfants pour nous avoir permis d'effectuer l'expérimentation dans ses locaux ainsi que le Centre Hospitalier Anna-Laberge qui nous a permis d'avoir accès aux dossiers en audiologie.

Nous voulons aussi remercier les enfants qui ont participé à cette étude ainsi que leurs parents, sans qui cette recherche aurait été impossible.

Un merci tout spécial à Madame Lise Demers pour sa collaboration au niveau du recrutement des participants ainsi que pour ses nombreux déplacements qui avaient pour but de s'assurer que les enfants puissent participer à l'étude sans que les parents n'aient à se déplacer.

En dernier lieu, nous remercions notre famille, plus particulièrement Monsieur Patrick Dupont, pour leur soutien et leurs encouragements tout au long de ces quatre années.

## 1. INTRODUCTION

Les oto-émissions acoustiques (OEA) constituent une mesure de l'intégrité du système auditif périphérique de plus en plus utilisée dans les milieux cliniques audiolinguistiques pour témoigner de l'intégrité des cellules ciliées externes. Dans ses applications cliniques, elles sont utilisées à plusieurs fins comme par exemple, distinguer les surdités cochléaires de celles d'origine rétrocochléaire et, principalement, comme test de dépistage de la surdité chez les très jeunes enfants. Récemment, une variante de la mesure des OEA induites par des clics ou TEOAE (« transient evoked otoacoustic emissions ») a été mise au point : leur suppression par technique de masquage contralatéral ou épreuve de suppression des TEOAE. Ce test évalue le fonctionnement du système olivo-cochléaire médian ; l'effet inhibiteur provoqué par le signal masquant est acheminé à l'oreille contralatérale par les fibres efférentes du nerf auditif pour assurer la suppression des TEOAE (Giraud et coll., 1997a). En outre, ces mêmes auteurs démontrent qu'il existe un lien entre les difficultés de perception de la parole dans le bruit et une suppression contralatérale des TEOAE amoindrie chez les adultes. Pour le moment, toutefois, la suppression contralatérale des TEOAE chez les enfants n'a pas été documentée. La présente étude tentera donc d'apporter des données sur la suppression contralatérale des TEOAE chez un groupe d'enfants normaux comparativement à un groupe d'enfants ayant des difficultés de reconnaissance de la parole dans

le bruit documentées dans le but d'éprouver la généralité de ce résultat et explorer l'utilité clinique d'une telle mesure chez l'enfant avec difficultés d'écoute dans le bruit.

## 2. PROBLÉMATIQUE

De nombreuses études ont démontré que la mesure des oto-émissions acoustiques induites par des produits de distorsion ou par des clics est un test à haute utilité clinique : il est facile à administrer, objectif et sensible aux pertes d'intégrité de la cochlée. Les OEA sont une famille de sons de très faible intensité mesurés dans le conduit auditif externe qui sont produits par la cochlée (Kemp, 1978). Ils peuvent être enregistrés en introduisant de petits microphones très sensibles dans le conduit occlus. Récemment, des chercheurs ont développé une nouvelle épreuve en ce qui a trait à la mesure des OEA : leur suppression par masquage controlatéral. Ce test permet, en particulier, d'évaluer le fonctionnement du système efférent olivo-cochléaire médian par sondage de l'intégrité des interconnexions neurales qui lient les informations traitées par chaque oreille par l'entremise des noyaux auditifs du tronc cérébral.

Dans un autre domaine de connaissance, soit la perception de la parole dans le bruit, il existe diverses théories qui tentent d'expliquer les difficultés que certaines personnes sans perte d'acuité auditive, peuvent éprouver spécifiquement dans des conditions d'écoute difficiles. Ces hypothèses cognitives et sensorielles ne sont pas nécessairement exclusives. Woodcock (1976) propose un premier mécanisme explicatif fondé sur la mesure d'attention

sélective où la difficulté de ségrégation fond / forme serait cause d'un trouble de reconnaissance de la parole dans le bruit.

Cependant, la reconnaissance de mots dans le bruit sans déficit sensoriel est aussi vue, chez les enfants, comme un test de masquage perceptuel par Elliott et coll. (1979, 1983). Le masquage perceptuel est défini par Carhart et coll. (1969) comme une augmentation de l'effet de masquage de la parole produit par un enchevêtrement de plusieurs voix humaines comparativement à l'effet de masquage produit par un bruit généré électroniquement qui possède un spectre et une amplitude modulée similaires à ceux de la parole (décentrage de l'attention par le caractère signifiant du signal masquant).

La reconnaissance de mots dans le bruit est également considérée comme un test de masquage central par Martin et coll. (1965). Le masquage central est défini par Dirks (1964) comme une élévation du seuil auditif de l'oreille testée due à l'introduction d'un bruit de masque à l'oreille non testée à un niveau inférieur à l'atténuation interauriculaire. Le masquage central implique que les changements du seuil s'effectuent en passant par le système nerveux central. Les fibres efférentes sont interconnectées au complexe olivaire supérieur de chaque côté et à la cochlée controlatérale. La stimulation de la région du complexe olivaire supérieur inhibe les impulsions afférentes de la

cochlée opposée donc le niveau du signal doit être plus élevé pour passer outre cette atténuation de l'activité neurale. Par conséquent, une augmentation du niveau du signal peut être nécessaire pour obtenir une réponse (seuil plus élevé). En ce qui concerne la perception de la parole, Martin et coll. (1965) ont trouvé qu'un bruit contralatéral présenté à un niveau inférieur à l'atténuation interauriculaire amène des changements au niveau du seuil vocal chez des sujets avec une acuité auditive normale. Deux scénarios sont possibles chez l'enfant avec difficultés dans le bruit. S'il y a un phénomène de masquage perceptuel, on ne devrait pas observer de perte de suppression des TEOAE. En présence d'une perte de suppression des TEOAE chez les enfants ayant des difficultés de reconnaissance de la parole dans le bruit, un phénomène de masquage central plus important que celui obtenu chez les enfants n'ayant pas ces difficultés pourrait constituer l'explication alternative.

Une quatrième école de pensée impute la faiblesse de la compréhension dans le bruit à un défaut d'analyse cochléaire en l'absence de déficit sensoriel et plus spécifiquement, à la perte de sélectivité fréquentielle selon Festen et Plomp (1983). Middleweerd et coll. (1990) et Ferman et coll. (1993) fournissent un portrait clinique de sujets où il y a présence d'un effondrement de la reconnaissance de la parole dans le bruit en l'absence d'une déficience sensorielle attestée par une perte aux sons purs. Ceci implique que la reconnaissance de mots dans le bruit et l'audition pour les sons purs n'auraient

pas de rapport commun et qu'on peut avoir une difficulté au premier chapitre sans problème concomittant pour les sons purs. Toutefois, Picard et coll. (1999) devaient récemment préciser, chez l'adulte avec surdité professionnelle, que la chute de performance dans le bruit imputable au défaut d'analyse cochléaire pourrait provoquer en fait un blocage de l'inférence lexicale.

Comme on peut le constater, il y a controverse sur les déterminants des difficultés au niveau de la reconnaissance de la parole dans le bruit sans déficit aux sons purs et il serait pertinent d'essayer de l'élucider, du moins dans le cas particulier des enfants. En effet, s'ils ont des difficultés au niveau de la reconnaissance de la parole dans le bruit, les enfants peuvent subir des conséquences sur leur rendement scolaire incluant le spectre de l'échec à l'école. Une attention particulière est d'ailleurs portée par la communauté audiolgique à l'audition centrale des enfants d'âge scolaire. C'est également un groupe-cible où l'on remarque chez certains des difficultés au niveau de la reconnaissance de la parole dans le bruit sans déficit sensoriel. Ainsi, si la thèse du masquage central de Dirks et Martin et coll. vaut, en particulier chez les enfants, se pourrait-il qu'à l'aide de la suppression controlatérale des TEOAE, nous puissions mettre en évidence les difficultés de reconnaissance de la parole dans le bruit éprouvées par ce groupe. Si cette hypothèse devait être invalidée, la thèse d'une sensibilité de la mesure de reconnaissance de la parole dans le bruit à des facteurs cognitifs liés à la capacité d'attention

sélective (Woodcock) ou celle de blocage de l'inférence lexicale (Picard et coll.) qui n'est peut-être pas étrangère au phénomène de masquage perceptuel d'Elliott et coll. et de Carhart et coll., s'en verrait accréditée. L'expérimentation avec la suppression des TEOAE chez l'enfant devrait donc apporter un élément pertinent de réponse à cette controverse.

### **3. CONTEXTE THÉORIQUE**

#### ***3.1. Les oto-émissions acoustiques***

Cela fait maintenant deux décennies que les OEA ont été découvertes. Kemp fut le premier à en parler en 1978 (Kemp, 1978). Depuis ce temps, on a appris que les OEA représentent en fait le mouvement actif des cellules ciliées externes (CCE) qui se retrouvent dans la cochlée (Norton et Stover, 1985). Lors d'une stimulation sonore, l'énergie acoustique est transmise aux milieux liquidiens de l'oreille interne. Les oscillations du milieu liquidien font vibrer la membrane basilaire. La vibration de la cloison cochléaire entraîne un cisaillement des stéréocils des CCE qui se contractent lorsqu'elles sont excitées, provoquant une amplification très localisée de la vibration qui affecte les cellules ciliées internes (CCI). Cette accentuation du déplacement de la cloison cochléaire grâce à la contraction des CCE provoque, en retour, des vibrations des liquides. Cette énergie vibratoire est alors transmise au tympan, en passant par la chaîne ossiculaire, où elle est relayée dans le conduit auditif externe (Probst et coll., 1991 ; Hall, 2000). Elle peut être ensuite recueillie sous forme d'OEA (Moulin et Collet, 1996). En effet, il existe de nombreuses études qui démontrent que lorsque les CCE sont absentes, on ne peut obtenir d'OEA ce qui prouve que les CCE sont bien responsables des OEA.

Il existe deux sortes d'OEA (Kemp, 1978 et 1979). Premièrement, il y a les OEA spontanées c'est-à-dire des émissions sonores en l'absence de stimulation acoustique externe. Deuxièmement, il y a les OEA induites c'est-à-dire consécutives à une stimulation acoustique externe. Cette sorte d'OEA se divise en trois types :

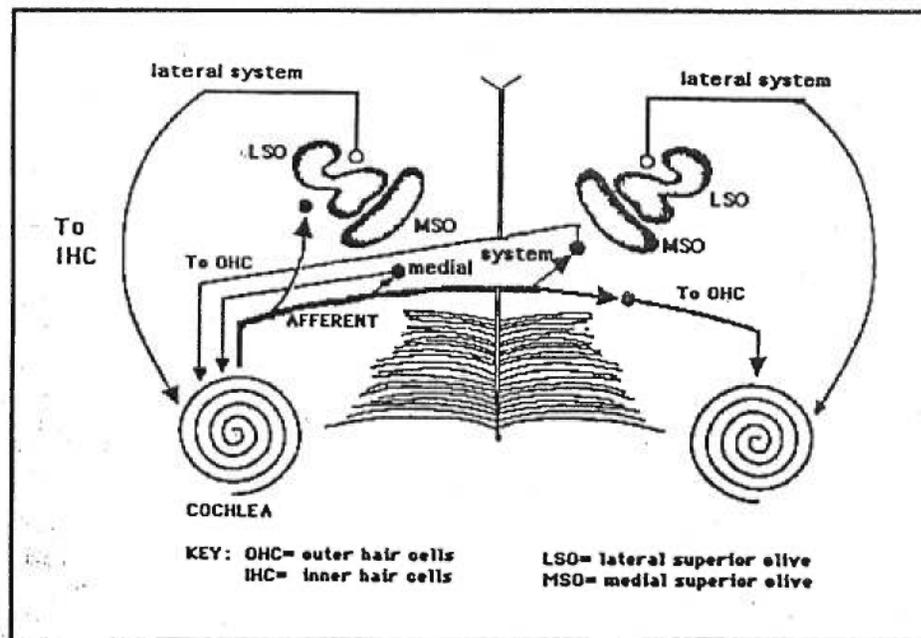
1. les OEA induites par un stimulus de courte durée comme des clics et des bouffées tonales ou TEOAE (« transient evoked otoacoustic emissions »)
2. les OEA induites par une paire de sons purs dont on étudie les effets combinatoires ; on les appelle aussi les produits de distorsion ou DPOAE (« distortion product otoacoustic emissions »)
3. les OEA induites par un son pur modulé en fréquence ou SFOAE (« stimulus frequency otoacoustic emissions »).

La plupart des études faites sur ce sujet se sont surtout intéressées aux TEOAE et aux DPOAE. Les OEA ont plusieurs applications cliniques de nos jours. Elles sont utilisées comme test de dépistage de troubles auditifs périphériques chez les nouveaux-nés et les très jeunes enfants (Zwicker et Schorn, 1990 ; Hall, 2000). Elles servent aussi à séparer les composantes

cochléaires et rétrocochléaires dans les pertes auditives neurosensorielles, comme illustré par Lutman et coll. (1989), Cacace et coll. (1994). Elles peuvent, de plus, permettre d'évaluer les changements dans la fonction auditive en présence de pertes auditives fluctuantes, par exemple (Norton et Stover, 1994). Elles sont enfin utilisées comme indice précoce de détérioration d'atteinte auditive irréversible, la surdité professionnelle, par exemple (Hall et Lutman, 1999 et Vinck et coll., 1999).

On sait que les cellules ciliées externes sont contrôlées par le faisceau olivo-cochléaire qui fait partie des voies efférentes du système auditif central (Warr et Guinan, 1979) et il a été montré qu'il existait, dans ce réseau, deux sous-systèmes séparés : d'une part, le système efférent olivo-cochléaire latéral qui fait synapse avec les neurones afférents cochléaires sous les cellules ciliées internes et d'autre part, le système efférent olivo-cochléaire médian qui lui fait synapse avec les CCE (Collet, 1993 ; Berlin et coll., 1993 ; Hall, 2000) (voir figure 1). Il a aussi été montré que la stimulation auditive d'une cochlée pouvait changer les réponses des fibres nerveuses afférentes de l'autre cochlée (Buno, 1978). Ainsi devait-on démontrer, dès 1990, qu'une stimulation auditive controlatérale diminuait l'amplitude des OEA (Collet et coll., 1990).

Suite à toutes ces observations, il apparaît logique d'utiliser les OEA pour explorer le système efférent olivo-cochléaire médian en se servant de



**Figure 1. Schéma représentant les systèmes olivo-cochléaire latéral et médian (figure 1 de Musiek, 1992).**

l'association OEA - stimulation auditive controlatérale (Collet, 1993). Ce phénomène décrit par Collet en 1990 se nomme la suppression controlatérale des OEA. Pour ce faire, on ne se sert pas des OEA spontanées puisqu'elles sont absentes dans 50% des oreilles des sujets normaux (Whitehead et coll., 1989 ; Hall, 2000). Les produits de distorsion (DPOAE) peuvent être utilisés mais le nombre d'études les concernant est assez restreint (Moulin et coll., 1993). La plupart des études sur l'effet de suppression, bien que peu nombreuses, ont utilisé des OEA induites par des clics, c'est-à-dire les TEOAE (Berlin et coll., 1993, 1995). Il a été démontré, dans ces études, que lorsqu'on

introduit un bruit dans l'oreille controlatérale à celle où on envoie les clics, les TEOAE ainsi obtenues sont diminuées par rapport à celles obtenues sans bruit controlatéral (Berlin et coll., 1993 et 1995). Ces données ont été recueillies auprès de sujets adultes normaux. On peut donc supposer que si le système efférent olivo-cochléaire médian fonctionne comme chez l'adulte, il y aura suppression controlatérale des TEOAE chez l'enfant. La limite de l'argument serait un élément développemental qui viendrait moduler le fonctionnement des mécanismes bilatéraux de suppression ou d'inhibition de l'information auditive. Par étude de démasquage, la psychoacoustique a toutefois fourni des informations pertinentes sur ce point.

Le phénomène de démasquage binaural (« masking level difference » ou MLD) se définit comme l'abaissement d'un seuil masqué (ou, si l'on préfère, d'amélioration de rapport signal à bruit) par manipulation de la caractéristique de phase des signaux (Botte et coll., 1988). En fait, le démasquage est un phénomène psycho-acoustique par lequel des seuils auditifs masqués sont améliorés en imposant à une oreille, une différence de phase soit au signal, soit au bruit masquant. Cette épreuve constitue donc une mesure du fonctionnement du complexe olivaire supérieur tel qu'il peut influencer sur le système auditif efférent (système efférent olivo-cochléaire médian). Le démasquage, résultant de la manipulation de la caractéristique spectrale et / ou temporelle (phase) des signaux présentés à chaque oreille, se mesure en dB et

sa valeur peut aller jusqu'à 15 dB dans la situation d'effet maximal, c'est-à-dire où le bruit masquant est présenté aux deux oreilles sans différence interaurale de phase et le signal est présenté, lui, avec une différence de phase (180°). Les recherches sur ce sujet sont nombreuses. Moore et coll. (1991), appuyé par Hall et Grose (1993), montrent que les enfants de 8 ans présentent les mêmes effets de démasquage que les adultes ce qui suggère que le complexe olivaire supérieur est à sa pleine maturité dès cet âge.

Comme la suppression contralatérale des TEOAE évalue l'intégrité des mêmes structures i.e. système efférent olivo-cochléaire médian, on peut considérer les deux mesures (suppression des TEOAE et démasquage) comme l'expression d'un même phénomène. Il est donc important d'avoir des sujets de huit ans et plus pour qu'un effet de maturité ne fausse pas nos données. Le démasquage influence aussi la perception de la parole dans le bruit (Santon, 1986 ; Picard, 1993) pour expliquer des phénomènes d'amélioration de la reconnaissance de la parole dans le bruit, dans des conditions spécifiques d'écoute, auxquelles réfèrent les notions cliniques de « squelsh effect » et de « cocktail party effect » (Cherry (1953) ; Plomp (1977) et Botte et coll. (1988)) .

Dans ce contexte, il est possible de se demander si les enfants ayant des difficultés de reconnaissance de la parole dans le bruit présenteraient un effet de démasquage moindre. Les expériences de démasquage

sollicitent davantage la collaboration de l'enfant comparativement à la suppression des TEOAE ce qui expliquerait qu'elle puisse être préférée à la première mesure.

### ***3.2. Difficulté à percevoir la parole dans le bruit***

De nos jours, en clinique, les audiologistes se servent, entre autres, des mesures du taux maximal de reconnaissance de la parole en présence de message compétitif chez l'enfant si l'on soupçonne un risque de trouble auditif central (Keith, 1988). C'est une épreuve facile d'administration mais qui implique une tâche d'écoute difficile. Ferman et coll. (1993) montrent que la performance au test peut donner un indice d'atteinte d'origine centrale ; les auteurs concluent en effet que 65% des adultes ayant des difficultés au niveau de l'identification de monosyllabes dans le bruit ont une atteinte d'origine centrale. Il est important de préciser que lorsqu'on parle d'atteinte d'origine centrale, le site de lésion n'exclut pas les aspects cognitifs d'attention sélective et d'utilisation des effets linguistiques de contexte. Cependant, la façon d'administrer cliniquement ce test (voix nue au lieu de voix enregistrée) contribue à rendre cet examen peu reproductible (Keith, 1988). De plus, l'interprétation des résultats varie selon le milieu clinique : ce qui est considéré comme normal par certains peut être considéré comme anormal par d'autres.

Cela nous amène, par conséquent, à penser que cette épreuve est d'une faible utilité clinique, en accord avec l'analyse de Keith (1988).

Il existe aussi d'autres approches d'évaluations des difficultés de perception de la parole dans le bruit se référant à autant de construits théoriques. La première est celle de Woodcock (1976) qui veut que ce genre d'épreuve mesure l'attention sélective de l'enfant selon le modèle de Broadbent (1958) de ségrégation fond-forme. L'attention sélective est définie comme étant la capacité de l'enfant de se concentrer sur certaines informations entrant dans le système auditif tout en ignorant celles qui ne sont pas pertinentes comme le bruit, par exemple. Cette capacité serait très importante dans les situations d'apprentissage où il y a habituellement une profusion de stimuli auditifs non pertinents comme dans une salle de classe. L'enfant doit apprendre à ignorer les sons provenant de la classe pour se concentrer sur les propos du professeur. Pour évaluer cette capacité, on utilise la reconnaissance de mots dans le bruit qui est une tâche dans laquelle l'enfant doit se concentrer sur les mots tout en faisant abstraction du bruit présenté simultanément.

La deuxième théorie est celle d'Elliott et coll. (1979, 1983) qui veut que la reconnaissance de mots dans le bruit soit un test de masquage perceptuel au sens défini par Carhart et coll. (1969). Elliott et coll. rapportent que lorsque nous effectuons ce test, le bruit introduit masque certains indices utiles à l'enfant

pour arriver à l'inférence lexicale (« semantic closure »). L'enfant en présence de bruit utilise donc une information acoustique réduite pour en arriver au "semantic closure" et ce, malgré le fait d'une sensibilité auditive normale. Donc, les enfants, qui ont des capacités linguistiques plus faibles que d'autres, auraient plus de difficultés lorsqu'un bruit masquant est ajouté à la tâche de reconnaissance de mots.

Tel que mentionné au point 2 (page 6), une nouvelle variante de cette théorie a été proposée par Picard et coll. (1999). Ces auteurs montrent en effet que, chez l'adulte avec surdité professionnelle, la chute des performances dans le bruit ne serait pas toujours directement imputable à la perte de sélectivité fréquentielle mais plutôt au blocage de l'inférence lexicale lorsqu'est atteint un seuil critique de dégradation des indices acoustiques de la parole ou qu'il y a perception de difficulté excessive d'analyse linguistique (changement du critère de réponse). On pourrait donc en conclure que la reconnaissance de mots dans le bruit chez l'enfant pourrait résulter soit d'une faiblesse psycholinguistique de la restauration phonémique ou de l'inférence lexicale (formulation d'une hypothèse exclusive sur le mot soumis à l'écoute) ou soit d'un refus à faire l'effort requis pour en arriver à la résolution de problème (réaction d'abandon face à la difficulté de la tâche d'analyse linguistique à effectuer).

La dernière hypothèse est celle du masquage central de Martin et coll. (1965) qui veut qu'il y ait blocage des circuits afférents par inhibition causée par un signal masquant à l'oreille non testée. Si l'hypothèse de Martin et coll. est valide et qu'il existe bien un phénomène de masquage central, il est possible que le système efférent olivo-cochléaire médian soit impliqué. On pourrait alors vérifier son influence à l'aide de la suppression contralatérale des TEOAE. Si l'enfant éprouve des difficultés dans le bruit dues à un mauvais fonctionnement du système efférent olivo-cochléaire médian en lien avec l'hypothèse de Martin et coll., la suppression contralatérale des TEOAE ne pourra s'effectuer.

Aucune étude ne s'est encore penchée sur le phénomène de suppression chez les enfants bien que les protocoles développés chez l'adulte puissent facilement être mis à contribution dans un contexte de devis expérimental : devis où la performance d'un groupe témoin sert d'étalon pour apprécier celle d'enfants considérés à risque de présenter un important phénomène de masquage central (hypothèse de Martin et coll.), c'est-à-dire un groupe susceptible d'être considéré par la communauté audilogique comme porteur d'un trouble auditif central. Bien entendu, les enfants des deux groupes devraient alors présenter des caractéristiques échantillonales similaires sur des variables que l'on sait influencer la reconnaissance de la parole dans le bruit. À cet effet, l'âge (Elliott et

coll., 1979), la langue maternelle (Nabelek et Nabelek, 1994) et le nombre d'otites en petite enfance (Feagans et coll., 1988) seraient des variables critiques à contrôler.

### ***3.3. Instruments de mesure de la reconnaissance de la parole en contexte audiolologique***

En 1991, Tremblay et coll. (1991) se sont intéressés aux difficultés particulières de reconnaissance de la parole dans le bruit puisqu'il s'agit de la difficulté d'écoute rencontrée le plus fréquemment par les personnes avec atteinte auditive irréversible. Ainsi, ces auteurs ont proposé une mesure de décalage du seuil vocal dans le bruit (DSVB) comme mesure de reconnaissance de la parole dans le bruit pour remplacer la mesure peu sensible et spécifique du taux maximal de reconnaissance de monosyllabes (Keith, 1988). Cette mesure inspirée du protocole de Plomp (1978) consiste en une reprise du SRP en présence à la même oreille d'un signal masquant à rapport signal à bruit constant. Cette épreuve tente de mettre à jour des difficultés particulières d'analyse dans le bruit en lien avec une atteinte à la capacité de sélectivité fréquentielle (Festen et Plomp, 1983). Pour ce qui est de la détermination du SRP dans le bruit, la procédure consiste à présenter une nouvelle sélection des mêmes bisyllabes, en même temps que l'on introduit un bruit à spectre de la parole. Le signal masquant est présenté à la même oreille

que la parole (mode ipsilatéral) et à rapport parole à bruit (RPB) constant de 0 dB pour les adultes (Tremblay et coll., 1991). En comparant la mesure obtenue dans le silence à celle dans le bruit, on obtient le DSVB et on peut alors comparer les résultats pour faire une analyse qualitative de ceux-ci sur la réduction des capacités d'écoute dans le bruit. D'une utilité clinique certaine, cette épreuve gagne de plus en plus en popularité en contexte québécois de pratique audiolologique.

Chez les enfants, très peu d'intérêt a été accordé à la réalisation de la mesure de seuil vocal et aucun matériel n'était adapté à la réalité française québécoise. Récemment, Lebel et Picard (1995) ont développé un nouvel outil qui permet de combler ce besoin. Il s'agit du Test de Seuil Vocal en Images (TSVI). Ce test apporte un matériel de mesure du seuil vocal qui présente des qualités métriques le rendant utilisable en milieu clinique. Les résultats de l'essai clinique de Lebel et Picard (1995 et 1997) montrent une fonction de reconnaissance de la parole de groupe dont la pente, dans la région liminaire, est comparable à celle des tests pour adultes. Ce test est disponible sur support magnétique. Il comprend cinq listes de 18 bisyllabes illustrées et connues d'enfants français québécois de cinq ans et plus. Ces mots sont répartis en six planches de six images pour chaque liste. La disponibilité de 36 images pour 18 items vise à contrôler la probabilité de succès par chance. Cette épreuve est facile d'administration : on demande

d'abord à l'enfant de nommer les images qui lui sont présentées. L'enfant doit ensuite reconnaître chacun des mots présenté sous écouteurs à l'aide d'un magnétocassette raccordé à l'audiomètre pour le contrôle des niveaux de présentation.

En ce qui concerne le DSVB chez les enfants, un RPB plus élevé (+8 dB selon la recommandation de Lebel et Picard (communication personnelle)) est utilisé pour faciliter la tâche d'écoute. Ainsi, la parole est présentée à niveau de 8 dB plus élevé que le bruit masquant (la parole à 20 dB et le bruit à 12 dB, par exemple). Un test dans le bruit facilité par un RPB de +8 dB devrait contribuer à soutenir l'attention des enfants et éviter ainsi des comportements aberrants de négligence ou de décrochage que Tremblay et coll. (1991) ont observé chez l'adulte. Pour isoler des enfants à fort risque de difficultés de reconnaissance de la parole dans le bruit, que l'on pourrait affecter au groupe expérimental, on peut retenir le critère d'un DSVB de 13,3 dB au test de Lebel et Picard (communication personnelle). Cette valeur correspond au 99<sup>e</sup> percentile de la distribution des scores de DSVB du groupe de 48 enfants sans déficit sensoriel âgés de 8 à 11 ans lorsque testés à un rapport signal à bruit de + 8 dB.

### **3.4. La suppression controlatérale des TEOAE**

La suppression des TEOAE a été principalement étudié par Hood et coll. (1996) et Berlin et coll. (1993, 1994 et 1995). Ils se sont concentrés sur la compréhension de la physiologie de la suppression des TEOAE, la définition des caractéristiques normales de la suppression chez l'adulte, l'étude des stimuli ainsi que des facteurs externes qui affectent la suppression et le développement d'une méthodologie qui amène à l'enregistrement et à l'analyse efficace et fiable de l'effet de suppression. Nous nous sommes basés sur la dernière étude de Hood et coll. (1996), disponible lors de l'élaboration de notre protocole.

Dans cette étude, les TEOAE étaient obtenues en utilisant le système Otodynamics ILO88. Les stimuli étaient des clics de 80  $\mu$ s qui étaient non-linéaires dans leurs plus anciennes études et linéaires dans les plus récentes. Il existe deux types de présentation des clics : les clics présentés en mode linéaire et ceux, présentés en mode non-linéaire (Berlin et coll., 1994). Les clics linéaires sont envoyés toujours à la même intensité et à la même polarité sans essayer de différencier : (1) les échos de type mécanique qui proviennent de l'interaction des clics avec les parois du conduit auditif externe et la membrane tympanique versus (2) les échos de type actif provenant (on présume) des cellules ciliées externes (Berlin et coll., 1994). Pour les

dépistages auditifs où la présence ou l'absence de l'écho est critique pour bien évaluer la fonction cochléaire, un mode non-linéaire est disponible. Dans ce mode, les clics sont présentés par groupe de quatre. Trois des clics peuvent être présentés à un niveau d'intensité de 80 dB SPL alors que le quatrième est présenté à 90 dB SPL et dans la polarité inverse. Parce que la croissance de l'artéfact électroacoustique est (on présume) linéaire entre 80 et 90 dB SPL, un clic de 90 dB SPL présenté dans une direction annulerait l'artéfact électroacoustique de la somme des trois clics de 80 dB SPL présentés dans la direction opposée. Par contre, la croissance de l'émission pour le 10 dB supplémentaire entre 80 et 90 dB SPL est non-linéaire et par le fait même, réduirait mais, sans annuler complètement, les échos biologiques générés par la somme des trois clics de 80 dB SPL. Dans cette étude, les clics linéaires ont été utilisés parce qu'ils permettent des TEOAE plus grandes en amplitude que les clics non linéaires (Hood et coll., 1996) et comme la suppression contralatérale des TEOAE implique des niveaux de stimulus faibles (60 dB SPL) qui provoqueront des TEOAE de faible amplitude, il était préférable d'utiliser les clics linéaires qui nous permettait de faciliter la quantification de l'effet de suppression.

Trois séries de présentation de stimulus sans bruit contralatéral et trois séries, avec un bruit contralatéral, étaient moyennées séparément pour chaque sujet avant de faire l'analyse. Une moyenne de 260 séries de clics

comprenant quatre clics par série était obtenue pour un total de 1 040 stimulations par condition. Les réponses étaient acceptées quand la stabilité du stimulus dépassait 80% et la reproductibilité de la réponse dépassait 70%. La stabilité du stimulus représente une comparaison entre le niveau du stimulus enregistré dans le conduit auditif externe au début du test et le niveau du stimulus contrôlé pendant la période totale du test. La reproductibilité de la réponse représente la corrélation entre la moyenne de la moitié des réponses qui est emmagasinée dans une partie de la mémoire de l'ordinateur et la moyenne de l'autre moitié qui se trouve dans une autre partie de la mémoire.

Le dépouillement des données recueillies lors de leur recherche, s'effectuait à l'aide du logiciel d'analyse des courbes de données pour la suppression des TEOAE mis au point par Wen et coll. (1993). Ce logiciel est un programme d'analyse qui quantifie les changements au niveau des TEOAE pour différentes conditions. Le logiciel **Kresge EchoMaster Program (version 3.1 pour leur recherche et version 4.0 pour la présente étude)** est compatible avec la structure des fichiers du ILO88 et il permet la comparaison détaillée de l'amplitude, du décalage temporel et de la corrélation entre la courbe des TEOAE avec bruit controlatéral par rapport à celle sans bruit controlatéral. Cette comparaison peut se faire pour l'ensemble du temps d'enregistrement (c'est-à-dire entre 0 et 20 ms) ou pour certaines périodes de temps après la

stimulation (étude en coupe ou par tranche de périodes de stimulation). Le logiciel EchoMaster peut fournir des comparaisons entre (1) deux émissions individuelles, (2) les moyennes de deux groupes d'émissions pouvant compter jusqu'à 60 émissions dans chaque groupe et (3) une émission individuelle avec son bruit de fond estimé.

Chez les adultes ayant une acuité auditive normale, la suppression contralatérale des TEOAE est caractérisée par une réduction de l'amplitude des TEOAE et une diminution au niveau de la latence des pics des oto-émissions acoustiques (Hood et coll., 1996 ; Giraud et coll., 1996). La suppression contralatérale des TEOAE varie d'un sujet à l'autre et certains ont même démontré une suppression aussi importante que 5 – 7 dB. La suppression des TEOAE varie dans le temps et la plus grande suppression au niveau de l'amplitude et de la vitesse d'apparition des TEOAE se produit dans la période de 8 à 18 ms. La valeur « Echo in dB » du système ILO88 décrit la caractéristique de toute l'émission. Comme l'effet de suppression est plus important à certaines périodes, il est important d'analyser l'effet de suppression par intervalles de 2 ms pour bien identifier le moment où la suppression est maximale et pour quantifier de façon plus précise la suppression.

En ce qui concerne le type de bruit présenté à l'oreille contralatérale, Berlin et coll. (1994) montrent qu'un bruit blanc produit un plus grand effet

de suppression par rapport à des clics et des sons purs. Hood et coll. (1996) ainsi que Berlin et coll. (1995) disent que lorsque le bruit est présenté bilatéralement, la suppression des TEOAE est significativement plus grande que lorsqu'il est présenté ipsilatéralement ou controlatéralement et lorsque le bruit est présenté à l'oreille controlatérale, la suppression est la plus faible. Les effets maximaux moyens de suppression étaient de l'ordre de 3,0 à 3,5 dB pour le bruit bilatéral, 1,5 à 2,0 dB pour le bruit ipsilatéral et 1,0 à 1,5 dB pour le bruit controlatéral.

Plusieurs facteurs peuvent contribuer à la diminution d'amplitude des TEOAE lorsqu'on introduit un bruit. Parmi ceux-ci, on peut mentionner l'activation des muscles du réflexe stapédien ainsi que le phénomène de surmasque. Comme la suppression est plus importante à des niveaux de stimulus et de bruit de faible intensité, cela réduit les chances d'une contamination par les muscles du réflexe stapédien et par le surmasque. De plus, l'utilisation d'écouteurs intra-auriculaires contrôlant le signal masquant est préconisée afin d'augmenter l'atténuation inter-auriculaire et donc éviter une éventuelle contamination de l'oreille où sont élicitées les TEOAE par phénomène de surmasque. Il est à noter que plusieurs auteurs (Collet et coll., 1990, Giraud et coll., 1995 et 1997b ainsi que Hood et coll., 1996) montrent que des sujets ayant une paralysie de Bell et donc, paralysie du nerf facial sans réflexe stapédien, ont une suppression controlatérale équivalente tant du côté

de l'oreille paralysée que du côté de l'oreille non touchée. Les auteurs en déduisent que le réflexe stapédien n'est pas impliqué dans le phénomène de suppression contralatérale des OEA. Par conséquent, la mesure des réflexes stapédiens n'a pas été retenue comme critère d'inclusion lors de cette étude.

Un autre facteur peut aussi diminuer l'amplitude des TEOEA : la pression au niveau du conduit auditif externe. Plusieurs auteurs (Robinson et Haughton (1991) ; Naeve et coll. (1992) et Hall (2000)) montrent que lorsque la pression au niveau du conduit auditif externe est altérée par rapport à la pression atmosphérique (0 daPa) de 100 daPa (positivement et négativement), l'amplitude des TEOEA diminue de 2 à 3 dB. Dans la présente étude, ce phénomène pourrait faire perdre des sujets.

En dernier lieu, il est à noter qu'il est important de contrôler le niveau d'intensité des clics et du bruit durant l'enregistrement parce que ces niveaux varient beaucoup d'une oreille à l'autre (Hood et coll., 1996). Hood et coll. (1996) ainsi que Collet et coll. (1990) recommandent l'utilisation des clic linéaires plutôt que non-linéaires, d'utiliser des clics de 55 ou 60 dB SPL et un bruit de 55 à 65 dB SPL.

### **3.5. La suppression controlatérale des TEOAE et la perception dans le bruit**

Giraud et coll. (1997a) ont étudié la question de la suppression des TEOAE en lien avec la perception de la parole dans le bruit auprès de 20 adultes avec audition normale et cinq sujets ayant subi une neurotomie vestibulaire à une oreille. Lors d'une neurotomie vestibulaire, la portion vestibulaire du VIII<sup>e</sup> nerf crânien est sectionnée y compris les fibres efférentes olivo-cochléaires qui voyagent le long du rameau vestibulaire selon les données anatomiques de Rasmussen (1946), ce qui permet de prévoir une absence de suppression controlatérale des TEOAE. Les auteurs ont étudié, pour chaque sujet, la perception de la parole dans le bruit et la suppression controlatérale des TEOAE. En ce qui concerne l'audiométrie vocale, elle était effectuée dans les conditions de bruit ipsilatéral et bilatéral. Vingt-trois listes comprenant 10 mots chacune, prononcées alternativement par un homme et par une femme, étaient présentées de façon aléatoire. Les sujets devaient écouter les mots et répéter tous les phonèmes perçus. Le pourcentage de phonèmes perçus était calculé pour différents niveaux de bruit ipsilatéral, en présence et en l'absence de bruit controlatéral. L'intensité de la voix utilisée dans les conditions bruitées était fixée à 10 dB au-dessus du seuil vocal dans le silence et le bruit ipsilatéral variait de -20 dB à +25 dB par rapport au seuil vocal dans le silence. Le bruit

ipsilatéral était un bruit de bande large et de même pour le bruit controlatéral présenté à un niveau de 30 dB SL.

En ce qui concerne les TEOAE, cinq niveaux d'intensité de stimulus étaient testés par pas de 3 dB de 55 à 75 dB SPL dans un ordre aléatoire avec et sans bruit blanc controlatéral. Les TEOAE étaient enregistrées dans une cabine insonorisée en utilisant le système ILO88 et pour une période de 20 ms suivant la début de la stimulation. Les stimuli étaient des clics de raréfaction non-filtrés de 80  $\mu$ s à une vitesse de 50/s. Dans une séance d'enregistrement, 260 réponses en-dessous de la limite de bruit (4.6 mPa) étaient moyennées. L'amplitude de la réponse était calculée entre 2,5 et 20 ms (pour éliminer l'artéfact de stimulation).

Les résultats montrent que chez les sujets normaux, le taux de reconnaissance de monosyllabes diminue lorsque le niveau de bruit ipsilatéral augmente. Cette diminution du taux de reconnaissance est limitée par l'ajout d'un bruit à l'oreille controlatérale. L'utilisation d'un bruit ipsilatéral et controlatéral non relié a été préconisée pour limiter le phénomène de démasquage binaural. Cet effet de démasquage correspond à une amélioration de 5 à 10 % du taux de reconnaissance. Les données concernant les cinq sujets du groupe expérimental montrent que cette amélioration du taux de reconnaissance en présence d'un bruit à l'oreille

controlatérale était présente du côté de l'oreille normale et absente du côté de l'oreille opérée. Le gain (en dB) lors de l'ajout du bruit controlatéral au niveau du seuil vocal était de 5 dB pour les sujets normaux, de 8 dB pour l'oreille normale des patients opérés et de 0 dB à l'oreille opérée. Du côté de l'oreille opérée, le taux de reconnaissance diminuait plus rapidement lorsque le bruit ipsilatéral augmentait ce qui veut dire que les patients opérés étaient dérangés par des niveaux plus bas de bruit ipsilatéral. Il est montré également que le taux de reconnaissance était moins amélioré du côté de l'oreille opérée (allant de -8 à 5%) que du côté de l'oreille normale (allant de 10 à 24%) chez les sujets ayant eu une neurectomie vestibulaire. Les résultats montrent également que du côté des oreilles opérées, en moyenne, le taux de reconnaissance demeure le même avec et sans bruit controlatéral et cette absence d'amélioration est associée à une faible suppression controlatérale des TEOAE ( $\bar{x} = 0,4$  dB) si l'on compare aux sujets normaux ( $\bar{x} = -1,77$  dB). Du côté de l'oreille normale des patients, on note une forte amélioration du taux de reconnaissance de la parole dans le bruit (allant de 10 à 24%) associée à une suppression controlatérale des TEOAE plus importante ( $\bar{x} = -1,3$  dB). Les auteurs établissent donc clairement le lien entre la chute de reconnaissance de mots dans le bruit et la chute de la suppression controlatérale des TEOAE. Cette corrélation entre la perception de la parole dans le bruit et la suppression controlatérale des TEOAE suggère la participation des fibres du système olivo-cochléaire

médian. Les auteurs ont également démontré dans des travaux antérieurs (Giraud et coll., 1996) qu'en plus de la suppression de l'amplitude des TEOAE, un bruit controlatéral provoque aussi, chez le normal, une diminution de la latence des TEOAE en écourtant leur temps d'apparition. Ils expliquent ce phénomène par le fait que le système efférent olivo-cochléaire médian augmente la résolution temporelle de l'ensemble membrane basilaire / cellules ciliées externes, ce qui améliore sa capacité à suivre les fluctuations rapides d'amplitude comme celles contenues dans la parole. Par conséquent, le ralentissement des mécanismes cochléaires pourrait partiellement expliquer, selon les auteurs, les difficultés de compréhension de la parole dans le bruit des patients ayant subi une neurotomie vestibulaire dans l'étude de Giraud et coll..

En résumé, on sait que le système efférent olivo-cochléaire médian est impliqué lors de l'écoute dans le bruit ainsi que lors de la suppression controlatérale des TEOEA, puisque les sujets ayant eu une neurotomie vestibulaire (fibres efférentes olivo-cochléaire sectionnées) de Giraud et coll. (1997a) avait plus de difficultés à comprendre la parole dans le bruit et avait une plus petite suppression controlatérale des TEOEA que les sujets n'ayant pas eu de neurotomie vestibulaire. On peut penser, suite à l'inventaire des connaissances, que les enfants présentant des difficultés de reconnaissance de la parole dans le bruit pourraient avoir un mauvais

fonctionnement au niveau du système efférent olivo-cochléaire médian. Une méthode pour vérifier le fonctionnement de ce système consiste à utiliser la suppression controlatérale des TEOEA. Donc, la présente étude comparera le fonctionnement du système efférent olivo-cochléaire médian chez des enfants ayant des difficultés de reconnaissance de la parole dans le bruit par rapport au fonctionnement de ce système chez des enfants ne présentant pas cette caractéristique.

#### 4. HYPOTHÈSES

D'après les informations recueillies, on peut s'attendre à ce que les enfants ayant des difficultés au niveau de la reconnaissance de la parole dans le bruit présentent des différences dans le sens d'une suppression controlatérale des TEOAE amoindrie par rapport aux enfants qui ne présentent aucune difficulté d'écoute dans le bruit.

En retenant les deux postulats qui suivent :

A. Assumant que le système olivo-cochléaire médian est mature à l'âge de 8 ans pour produire la suppression controlatérale des TEOEA

et

B. Assumant que la mesure du décalage du seuil vocal dans le bruit de Tremblay et coll. (1991) confirme la présence de difficultés perceptuelles dans le bruit,

on peut formuler les deux hypothèses suivantes :

1. Les enfants ayant un décalage du seuil vocal dans le bruit (DSVB) plus grand que 13,3 dB<sup>1</sup> auront une suppression contralatérale des TEOAE significativement plus petite en amplitude que ceux ayant un DSVB égal ou plus petit que 13,3 dB.
  
2. Les enfants ayant un DSVB plus grand que 13,3 dB auront une apparition des TEOAE significativement moins rapide en présence de bruit contralatéral que ceux ayant un DSVB égal ou plus petit que 13,3 dB.

---

<sup>1</sup> Le critère de 13,3 dB correspond au 99<sup>e</sup> percentile de la distribution des scores de DSVB du groupe de 48 enfants âgés de 8 à 11 ans de Lebel et Picard (communication personnelle). Ce groupe sert d'étalon pour représenter la performance normale d'enfant de cet âge à une tâche de reconnaissance de la parole dans le bruit.

## **5. MÉTHODOLOGIE**

Cette recherche a consisté en un devis expérimental et prévoyait, dans ce sens, un mode de comparaison inter-groupes. La performance d'enfants avec difficultés de reconnaissance de la parole dans le bruit (groupe expérimental) a ainsi été comparée à celle d'un groupe de référence ne présentant pas cette caractéristique (groupe contrôle).

### **5.1. Sujets**

Les participants approchés pour cette étude ont été des enfants de neuf et dix ans. Les enfants du groupe contrôle fréquentaient la quatrième année du primaire dans une école de l'est de Montréal. Quant aux sujets du groupe expérimental, ils ont été recrutés dans le fichier des enfants suivis au Centre Hospitalier Anna-Laberge ( lettre d'autorisation pour avoir accès aux dossiers audiologiques à l'annexe I ) lorsqu'identifiés comme ayant des difficultés de perception de la parole dans le bruit. Les enfants de neuf et dix ans ont été ciblés car au-delà de huit ans, la maturation des structures sous-corticales impliquées est complétée (Katz et Wilde, 1994). Comme la suppression controlatérale des TEOAE évalue l'intégrité des mêmes structures que le démasquage, on peut considérer les deux mesures (suppression des TEOAE et démasquage) comme l'expression d'un même phénomène. Moore et coll.

(1991), appuyé par Hall et Grose (1993), montrent que les enfants de huit ans présentent les mêmes effets de démasquage que les adultes ce qui implique que le complexe olivaire supérieur est à sa pleine maturité dès cet âge. Il est donc important d'avoir des sujets de huit ans et plus pour éliminer l'effet confondant d'un facteur de maturation qui pourrait fausser nos données.

On a estimé qu'un échantillon de huit enfants était nécessaire pour que l'analyse de variance soit apte à isoler les effets expérimentaux recherchés (test de puissance phi de Winer (1971)). Un appel a été logé aux parents des enfants par l'expérimentatrice pour savoir s'ils étaient intéressés à participer à l'étude. Au total, huit enfants ont été inclus au groupe contrôle et seulement quatre enfants, au groupe expérimental. Il est entendu qu'un plus grand nombre d'enfants a été approché et testé pour déterminer leur éligibilité. Dans les faits, le sujet N3 du groupe contrôle ainsi que le sujet B2 du groupe expérimental ont été exclus car ils ne présentaient pas de TEOAE. L'expérimentation a été effectuée sur l'oreille droite des enfants (choisie arbitrairement) pour les deux groupes. La moyenne d'âge pour le groupe contrôle est de 9 : 11 ans et de 9 : 10 ans pour le groupe expérimental. Les sujets devaient posséder une audition (acuité ou sensibilité auditive) normale aux deux oreilles telle que déterminée par une évaluation tonale en conduction aérienne ainsi que des mesures de tympanométrie. Pour que les enfants puissent participer à ce projet, ils devaient rencontrer les trois critères d'inclusion suivants:

- 1- Des seuils d'audition de 15 dB ( re ANSI, 1989) ou moins pour les fréquences 250, 500, 1000, 2000, 4000 et 8000 Hz à chaque oreille.
- 2- Un tympanogramme avec une amplitude normale, c'est-à-dire se situant entre 0,3 et 1,5 cm<sup>3</sup>. La pression d'air au pic d'amplitude maximale doit se retrouver entre +100 et -100 daPa. Ces conditions doivent être remplies pour au moins une oreille, soit l'oreille testée. Les enfants présentant un état de congestion ponctuel, tel qu'attesté par des tympanogrammes dont le pic de compliance se situait dans des pressions plus petites que -100 daPa, ne pouvaient pas, par le fait même, participer à l'expérimentation.
- 3- Présence de TEOAE lorsque le signal est à un niveau de pression acoustique de 60 dB SPL pour que la suppression controlatérale des TEOAE puisse être constatée.

En outre, tous les enfants devaient être de langue maternelle française et ne pas présenter une histoire d'otites à répétition en petite enfance susceptible d'avoir une incidence sur le développement du langage, c'est-à-dire selon la recommandation de Feagans et coll. (1988), les enfants doivent avoir eu moins de trois otites par an pendant les trois premières années de vie. La conformité au critère se fonde sur la déclaration des parents.

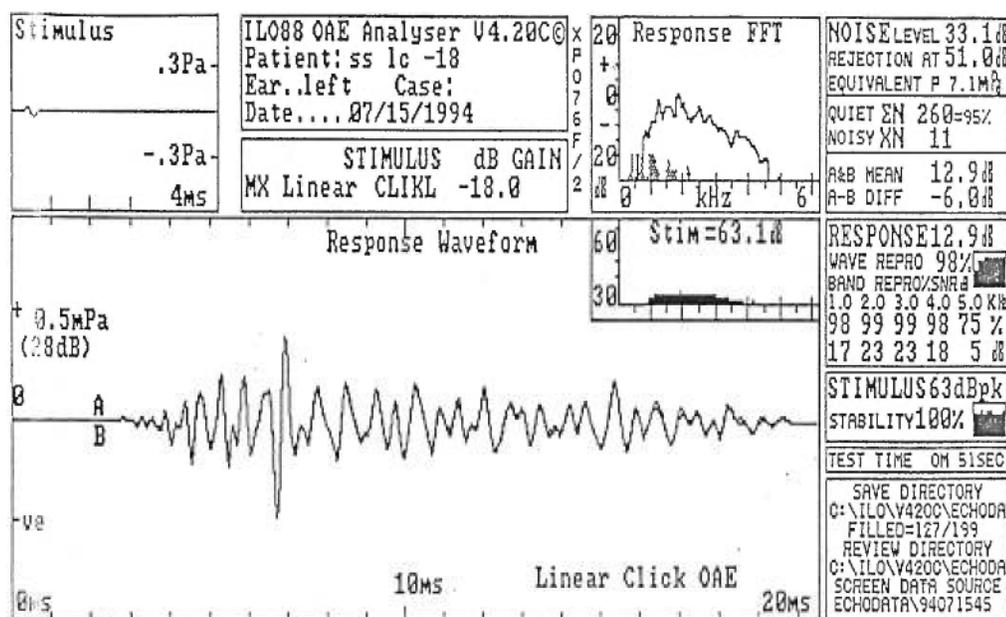
De plus, les enfants du groupe expérimental devaient être reconnus comme ayant des difficultés de reconnaissance de la parole dans le bruit tel que défini en référence à la performance du groupe contrôle de Lebel et Picard (communication personnelle). À cette fin, ont été retenus les enfants qui ont présenté un décalage de seuil vocal dans le bruit excédant 13,3 dB. Le critère de 13,3 dB correspond au 99<sup>e</sup> percentile de la distribution des scores de DSVB du groupe de 48 enfants âgés de 8 à 11 ans de Lebel et Picard pour un rapport signal à bruit de + 8 dB. Ce groupe servait d'étalon pour représenter la performance normale d'enfant de cet âge à une tâche de reconnaissance de la parole dans le bruit.

## **5.2. Matériel**

Aux fins de la présente étude, le questionnaire d'histoire de cas pour l'enfant présenté à l'annexe II ainsi que le Test de Seuil Vocal en Images (TSVI) de Lebel et Picard (1995) ont été requis.

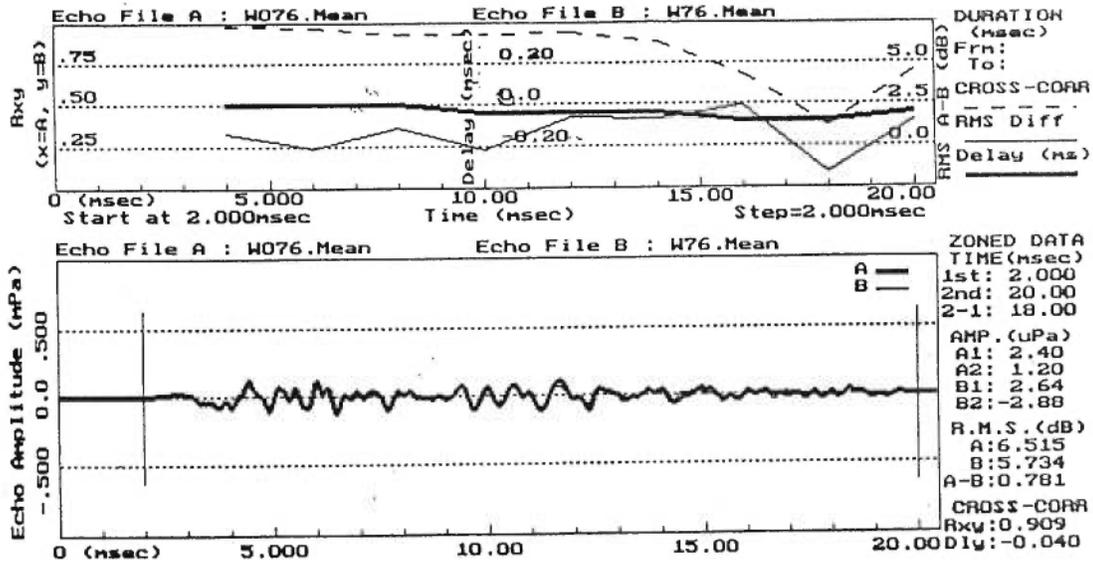
Nous avons également utilisé un audiomètre Madsen OB-822 ainsi qu'un appareil de tympanométrie Welch Allyn TM262 - Auto Tymp, calibrés selon les normes ANSI appropriées (S3.6 et S3.21 pour l'audiométrie ; S.3.39 pour l'immittancemétrie) pour la détermination de l'éligibilité des candidats. De plus, un appareil d'élicitation des TEOAE a été requis, soit l'Otodynamics ILO88, ainsi

qu'un logiciel de calcul de suppression des TEOAE<sup>2</sup>. Un exemple de données obtenues avec le système ILO88 et avec le logiciel d'analyse de la suppression est montré à la figure 2 et 3.



**Figure 2.** Un exemple de TEOAE obtenues en mode linéaire en utilisant le système ILO88 pour un sujet normal (tiré de Hood et coll., 1996).

<sup>2</sup> Nous tenons à remercier Dr Charles Berlin pour la mise en disponibilité du logiciel Kresge EchoMaster.



**Figure 3. Un exemple de l'effet de suppression controlatérale des TEOAE à l'aide du logiciel EchoMaster pour un sujet normal (tiré de Berlin et coll., 1994).**

Nous avons utilisé un audiomètre Maico MA-41 pour présenter le bruit controlatéral à l'oreille de l'enfant (signal masquant présenté par un générateur de bruit blanc (Ivie IE - 20B)). Bien que plusieurs auteurs (Hood et coll. (1996) ; Berlin et coll. (1995)) disent que lorsque le bruit est présenté bilatéralement, la suppression des TEOAE est significativement plus grande que lorsqu'il est présenté ipsilatéralement ou controlatéralement, nous avons utilisé un bruit controlatéral puisqu'au moment de l'élaboration de ce projet, cette information n'était pas disponible. Le niveau de bruit blanc au tympan a été mesuré à l'aide d'une sonde ER-7C raccordée à un

amplificateur de mesure (B et K, modèle 2606) pour permettre l'ajustement du niveau du signal masquant à la valeur recherchée. L'utilisation d'écouteurs intra-auriculaires (Ear Tone 3A, 50 ohms) sur l'audiomètre contrôlant le signal masquant a été préconisée afin d'augmenter l'atténuation inter-auriculaire et donc éviter une éventuelle contamination de l'oreille où sont élicitées les TEOAE par phénomène de surmasquage.

### **5.3. Déroulement de la rencontre**

Chaque enfant s'est présenté à une rencontre qui a duré environ 1h30. Ces rencontres se sont déroulées dans une cabine insonorisée à l'Hôpital de Montréal pour Enfants où tous les équipements nécessaires à l'étude étaient disponibles. Chacun des sujets a été soumis à une visualisation des conduits auditifs externes, à une évaluation audiométrique, tympanométrique, deux recherches de seuils de reconnaissance de la parole (SRP) à l'aide des listes de mots du TSVI (les deux listes de mots utilisées dans cette étude sont présentées à l'annexe III) pour les enfants du groupe contrôle et du groupe expérimental (voir annexe IV pour plus de détails sur les caractéristiques personnelles et audiométriques des sujets). En dernier lieu, on a effectué les épreuves d'élicitation des TEOAE. Tous les sujets ont été testés par la même expérimentatrice.

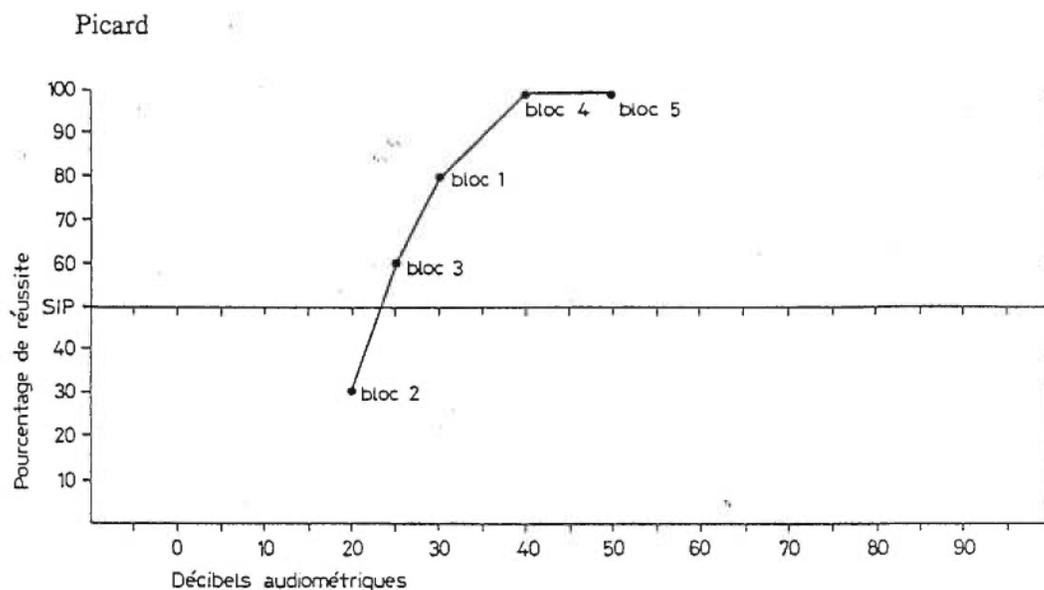
Lors de la rencontre, on avait déjà en mains l'histoire de cas sous forme de questionnaire que les parents avaient remplie préalablement à la maison ainsi que le formulaire de consentement signé par une personne autorisée.

Dans une première étape, les enfants ont été évalués pour s'assurer qu'ils répondaient aux critères de sélection. Les conduits auditifs externes ont été visualisés ce qui permettait d'éviter la poursuite de l'examen en présence d'un bouchon de cérumen occlusif et une évaluation tympanométrique a été effectuée. Ensuite, on a procédé à l'évaluation tonale par conduction aérienne aux fréquences de 250 à 8000 Hz, selon le mode opératoire prescrit par ANSI S3.21 (1992). Les consignes destinées aux enfants pour l'ensemble des épreuves sont présentées à l'annexe V.

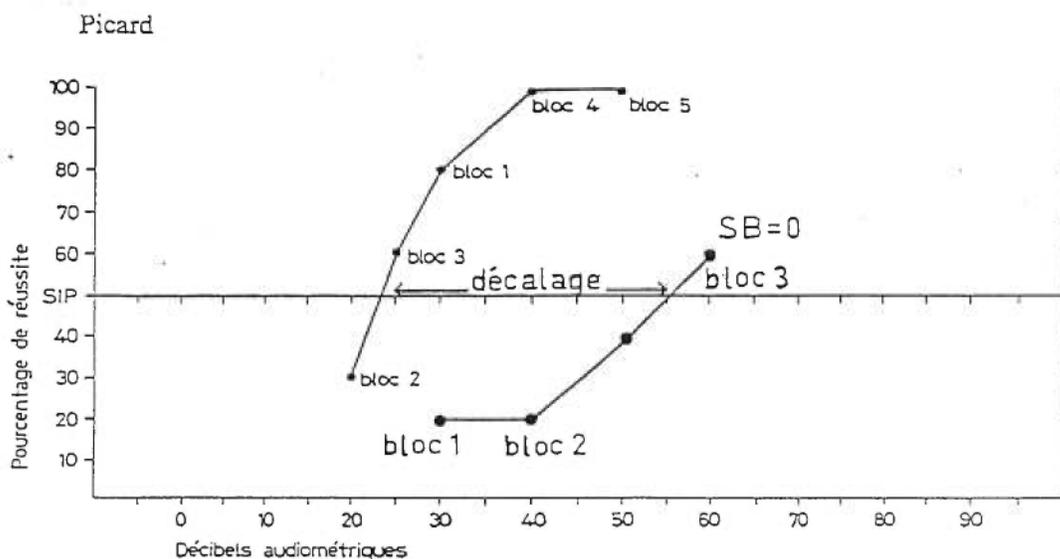
La recherche de seuil vocal a suivi et ce, seulement à l'oreille testée, c'est-à-dire à l'oreille droite pour les enfants des deux groupes. La méthode de recherche de seuil vocal employée a été celle proposée par Picard (1984) qui consiste en une méthode d'interpolation du seuil de reconnaissance de la parole (SRP) par bloc de 10 mots. Cependant, des blocs de trois mots ont été utilisés dans cette étude pour accroître la rapidité de l'épreuve et la rendre plus facile à administrer aux enfants sans perte appréciable du degré de précision (augmentation de la marge d'erreur de 0,7 dB selon Plomp et Mimpen, 1979). Les mesures de SRP ont été réalisées à raison d'une liste de mots du TSVI

(Lebel et Picard, 1995). La procédure pour mesurer le seuil vocal a été établie en référence au mode opératoire proposé par Lebel et Picard (1995), c'est-à-dire que l'enfant a été informé qu'il entendrait la voix d'un homme lui dire des mots et qu'il devrait pointer du doigt l'image qui correspond au mot sur la planche-réponse. Le ruban a été arrêté aussi souvent que nécessaire si l'enfant hésitait, et seule la première désignation d'images a été cotée. La procédure a débuté au niveau d'audition de 40 dB et trois mots ont été demandés par niveau de présentation. Le mode de présentation par groupe de trois mots a été poursuivi par pas décroissant de 10 dB jusqu'à ce que l'enfant n'ait qu'une seule réussite sur la série de trois items ou qu'il les échoue tous (recherche de seuil par méthode descendante). À ce moment, le niveau a été relevé par pas de 5 dB jusqu'à l'obtention d'une réussite de deux ou trois mots (66 ou 100 % de réussite). On a établi le SRP par interpolation entre les deux niveaux de présentation qui encadraient le point de 50 % de réussite dans un intervalle de 5 dB. Le plus petit niveau d'audition correspondant au taux de réussite de 50 % a été déclaré le SRP (voir figure 4, bloc 1 à 3).

Par la suite, la mesure du décalage de seuil vocal dans le bruit (DSVB) était effectuée. Pour ce qui est de la détermination du SRP dans le bruit, la procédure consiste à présenter une nouvelle sélection des mêmes bisyllabes (dans le cas présent, une nouvelle liste du TSVI), en même temps que l'on introduit un bruit à spectre de la parole (voir figure 5, bloc 1 à 3). Le signal



**Figure 4.** Illustration du mode opératoire de détermination du SRP où l'attente (MSP) serait de 20 dB selon la procédure de Picard (figure 6.1 de Picard (1984)).



**Figure 5.** Illustration du mode opératoire de détermination du DSVB où l'attente (MSP) serait de 20 dB selon la procédure de Picard (1989) (figure 6.2 de Picard) et de Tremblay et coll. (1991).

masquant est présenté à la même oreille que la parole (mode ipsilatéral) et à rapport parole à bruit (RPB) constant de +8 dB selon la recommandation de Lebel et Picard (communication personnelle). Dans la présente étude, pour qu'un enfant soit qualifié comme ayant de la difficulté au niveau de la reconnaissance de la parole dans le bruit, il devait avoir un DSVB (SRP bruit – SRP silence) plus grand que 13,3 dB (voir annexe VI pour la mesure du DSVB pour le groupe contrôle et pour le groupe expérimental).

Si l'enfant répondait aux critères, on effectuait par la suite toutes les épreuves qui avaient trait aux TEOAE. En premier lieu, on a vérifié s'il y avait bien présence de TEOAE en envoyant un signal à un niveau de pression sonore de 80 dB SPL. En deuxième lieu, on a présenté trois séries de présentation du stimulus sans bruit controlatéral (signal à un niveau de pression acoustique de 60 dB SPL). Les stimuli étaient des clics linéaires de 80 µs. Dans cette étude, les clics linéaires ont été utilisés parce qu'ils permettent des TEOAE plus grandes en amplitude que les clics non linéaires (Hood et coll., 1996) et comme la suppression controlatérale des TEOAE implique des niveaux de stimulus faibles (60 dB SPL) qui provoqueront des TEOAE de faible amplitude, il était préférable d'utiliser les clics linéaires qui nous permettait de faciliter la quantification de l'effet de suppression.

En dernier lieu, on a présenté trois séries de présentation du stimulus avec bruit blanc à l'oreille controlatérale (signal à un niveau de pression sonore de 60 dB SPL et le bruit blanc à un niveau de 65 dB SPL). Une moyenne de 260 séries de clics comprenant quatre clics par série était obtenue pour un total de 1 040 stimulations par condition. Les réponses étaient acceptées quand la stabilité du stimulus dépassait 80% et la reproductibilité de la réponse dépassait 70%. La stabilité du stimulus représente une comparaison entre le niveau d'intensité du stimulus et son spectre enregistré dans le conduit auditif externe au début du test et celui mesuré pendant la période totale du test. La reproductibilité de la réponse représente la corrélation entre la moyenne de la moitié des réponses qui est emmagasinée dans une partie de la mémoire de l'ordinateur et la moyenne de l'autre moitié qui se trouve dans une autre partie de la mémoire. Le protocole de suppression des TEOAE utilisé a été bâti en se fiant aux toutes dernières études concernant la suppression des TEOAE chez l'adulte de Hood et coll. (1996).

#### ***5.4. Considérations éthiques***

Les considérations déontologiques usuelles ont été prises en compte lors de l'élaboration de ce projet de recherche. Cette étude a reçu l'approbation du Comité de la recherche de l'Université McGill ainsi que du Ministère de la

Santé et des Services Sociaux ce qui était nécessaire étant donné que les sujets de la recherche étaient mineurs (lettre d'approbation en annexe VII). La participation des enfants à cette étude ne leur a causé aucun inconvénient ou inconfort et n'a comporté aucun risque pour la santé. Les parents des enfants ont été avisés de l'objectif de la recherche, de la durée de la participation de leur enfant et du fait que cette participation était libre et volontaire. Aucune pression n'a été effectuée sur le sujet pour qu'il accepte de participer à cette étude. Puisque les participants étaient âgés de moins de 18 ans, il a été nécessaire d'avoir le consentement de leur parent (ou tuteur). Il a dû d'ailleurs signer le formulaire de consentement imprimé sur des feuilles à en-tête de l'Hôpital de Montréal pour Enfants présenté à l'annexe VIII comme condition de participation de leur enfant. Si l'enfant avait besoin d'un suivi audiolinguistique, il était aussitôt référé à Mme Anne-Marie Hurteau, audiologiste à l'Hôpital de Montréal pour Enfants.

Le nom des participants n'apparaît sur aucun document scientifique. Les deux personnes ayant accès aux résultats individuels sont l'auteur de cette recherche, Mylène Castonguay et le responsable, M. Michel Picard. Les renseignements personnels recueillis lors du projet ne seront communiqués à qui que ce soit à moins d'une permission écrite des parents. Les données nominales seront détruites 12 mois après le dépôt de ce projet.

### **5.5. Traitement des données**

Dans cette étude, les courbes obtenues en comparant celle sans bruit controlatéral avec celle où il y a un bruit controlatéral ont été analysées en utilisant le logiciel d'analyse **Kresge EchoMaster Program (version 4.0)** pour documenter les deux paramètres suivants :

1) l'amplitude des deux tracés ( avec et sans bruit controlatéral ) :

plus la différence en amplitude entre les courbes est grande, plus la suppression est grande.

2) le décalage temporel entre les tracés :

le logiciel soustrait le moment d'apparition des TEOAE avec le signal masquant du moment correspondant à celui sans bruit masquant. Si le décalage temporel entre les tracés est plus petit que 0, on conclut à la présence de suppression et inversement, si le décalage est égal ou plus grand que 0.

La corrélation entre les tracés avec et sans bruit controlatéral est utile pour savoir s'il y a suppression des TEOAE. Aux intervalles per-stimulateurs de mesure où il y a suppression, la corrélation entre les deux courbes sera

moins élevée. Cependant, nous nous sommes concentrés sur l'analyse de la morphologie des tracés (amplitude et décalage temporel).

En conséquence, on s'est d'abord assuré de la cohésion des tracés répétés, trois séries de présentation du stimulus identiques ont été requises pour valider une réponse (critère de Berlin (1994)). Ensuite, on a utilisé des statistiques inférentielles pour départager les effets expérimentaux des effets fortuits, soit une analyse de la variance à champs partagés (groupe expérimental comparé à groupe contrôle pour plusieurs conditions de la variable indépendante) de Kirk (1968) pour les deux variables dépendantes à l'étude :

- l'amplitude de la suppression contralatérale des TEOAE (écart d'amplitude en dB SPL des oto-émissions acoustiques en présence et en l'absence de bruit contralatéral) dans l'intervalle de 2 à 20 ms après l'introduction du bruit (intervalle per-stimulatoire de mesure), selon les indications de Berlin (1994).
- le décalage temporel (délai en ms entre la courbe sans le bruit contralatéral et la courbe avec bruit contralatéral) dans l'intervalle de 2 à 20 ms après l'introduction du bruit (intervalle per-stimulatoire de mesure).

Le critère de décision statistique pour la déclaration de différences significatives a été établi à un niveau de confiance de 5 % ou plus petit. Assumant une amplitude de référence de 1,28 dB fondée sur l'indication clinique de Berlin (1994) chez les adultes (  $\bar{x} = 1$  dB ;  $\sigma = 0,5$  dB ) et un échantillon de huit oreilles par groupe, on pouvait escompter une puissance de 83 % du test statistique établie sur la base de la valeur phi de Winer (1971), positionnée sur la distribution asymétrique de la valeur F de Fisher. Étant donné la difficulté de recrutement des sujets, la réduction de l'effectif de huit à quatre implique une baisse de l'analyse statistique de 83 % à 42 %.

Le décalage temporel de référence (en ms) entre la courbe sans bruit controlatéral et la courbe avec bruit controlatéral n'a pu être établi en l'absence d'indication clinique normative.

## 6. RÉSULTATS ET ANALYSE

Le plan général d'analyse de la variance retenu pour étudier les résultats obtenus est de type SP 2(8) de Kirk (1968) où le nombre deux représente les groupes en présence et celui de huit, le nombre d'intervalles per-stimulatoires de mesure étudiés. Les données brutes figurent aux annexes IX (données d'amplitude), X (délai des TEOEA) et XI (corrélation entre les TEOEA bruitées et non bruitées). Les résultats de l'analyse sont présentés aux annexes XII (étude des amplitudes) et XIII (étude des délais).

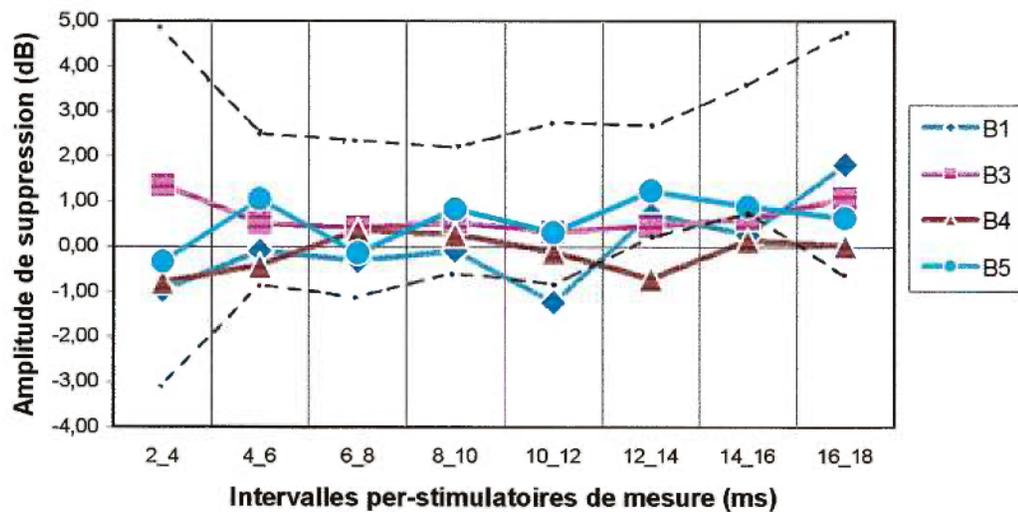
### ***6.1. Étude de l'amplitude de suppression des TEOAE***

Les résultats obtenus chez les enfants du groupe contrôle montrent une amplitude de suppression contralatérale des TEOAE de 1,27 dB en moyenne sur l'ensemble des intervalles per-stimulatoires de mesure ( $\sigma = 1,76$  dB). Ceci implique que les TEOAE de ce groupe sont d'amplitude plus faible en présence d'un bruit contralatéral. Si l'on compare ce résultat avec l'amplitude de référence de 1,28 dB SPL fondée sur l'indication clinique de Berlin chez les adultes ( $\bar{x} = 1$  dB ;  $\sigma = 0,5$  dB), on note que les enfants du groupe contrôle se comportent de la même façon que les adultes.

Lors de la comparaison des deux groupes, les résultats obtenus ne montrent aucune différence significative entre l'amplitude de la suppression des TEOAE chez le groupe expérimental par rapport au groupe contrôle (  $p = 0,1818$  ; voir tableau de l'annexe XII ). On ne note aucune différence significative en fonction des intervalles per-stimulateurs de mesure (  $p = 0,2369$  ) ni dans l'interaction groupe par intervalles (  $p = 0,1740$  ).

Le positionnement des résultats individuels des sujets du groupe expérimental est fait en référence aux bornes du 10° et 90° centile établies pour le groupe contrôle (voir annexe XIV) pour déterminer s'ils demeurent à l'intérieur des bornes ou s'ils se démarquent. La figure 6 montre les tracés des quatre sujets du groupe expérimental ainsi que les bornes du 10° et 90° centile du groupe contrôle pour les amplitudes de suppression. Aucun sujet ne se démarque complètement, c'est-à-dire qu'aucun enfant ne se situe à l'extérieur des bornes pour tous les intervalles per-stimulateurs de mesure. Cependant, à quelques reprises, certains résultats se démarquent. Les résultats du sujet B1 ressortent à deux reprises, soit pour les intervalles per-stimulateur de mesure de 10 à 12 ms et de 14 à 16 ms. Dans les deux cas, les résultats témoignent d'une baisse d'amplitude de la suppression des TEOEA. Le sujet B5 se situe à l'intérieur des balises pour tous les intervalles et c'est, en même temps, celui qui a le plus petit DSVB du groupe expérimental. Le sujet B3 a une seule valeur qui sort des bornes alors que

le sujet B4 en a deux. On remarque également que les résultats qui se trouvent dans l'intervalle de 14 à 16 ms se démarquent pour trois des quatre sujets soit B1, B3 et B4.



**Figure 6 :** Courbes d'amplitude de suppression (dB) des quatre sujets du groupe expérimental selon les intervalles per-stimulateurs de mesure (ms). Les lignes pointillées représentent les bornes du 10° et du 90° centile du groupe contrôle.

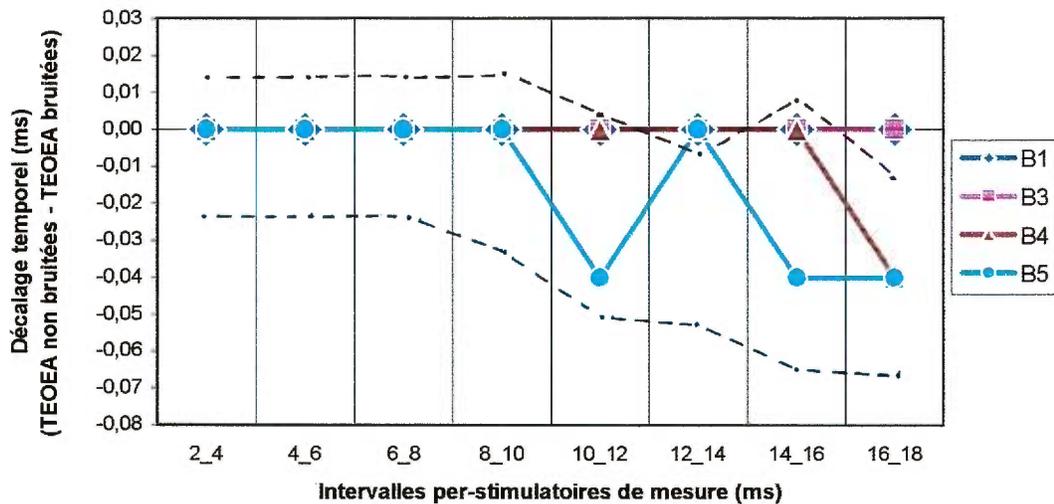
## **6.2. Étude de la vitesse d'apparition des TEOAE en fonction du masque controlatéral**

En ce qui a trait à la vitesse d'apparition des TEOAE lors de l'introduction d'un bruit controlatéral, les résultats obtenus chez les enfants du groupe contrôle montrent un délai moyen entre les conditions bruitées / non bruitées des TEOAE de - 0,0206 ms ( $\sigma = 0,0242$ ). Ce délai négatif implique que les TEOAE apparaissent plus rapidement en présence d'un bruit masquant controlatéral. On ne peut comparer cette donnée à une valeur de référence puisqu'il n'y a aucune donnée normative à ce sujet dans la littérature. Toutefois, on sait que chez les adultes, il y a une diminution au niveau de la latence des pics des oto-émissions acoustiques donc un délai négatif (Hood et coll., 1996). On constate que les enfants du groupe contrôle se comportent de la même façon que l'adulte c'est-à-dire que lorsqu'on introduit un bruit à l'oreille controlatérale, un délai négatif se crée ce qui veut dire que l'apparition des TEOEA se fait plus rapidement.

En comparant les deux groupes, les résultats ne montrent à nouveau aucune différence significative dans les délais induits par les conditions bruitées/non bruitées des TEOAE comme en atteste le tableau de l'annexe XIII. Aucune différence significative n'est identifiée entre les deux groupes ( $p = 0,1040$ ) ni dans l'interaction groupe par intervalles ( $p = 0,7809$ ).

Cependant, on note une différence significative entre les intervalles per-stimulatoires de mesure (  $p = 0,0086$  ) ce qui veut dire que les TEOEA apparaissent plus rapidement dans l'intervalle per-stimulatoire de mesure de 16 à 18 ms par rapport à l'intervalle de 14 à 16 ms et ce, peu importe le groupe.

Le positionnement des résultats individuels des sujets du groupe expérimental est fait en référence aux bornes du 10° et 90° centile établies pour le groupe contrôle (voir annexe XV) pour déterminer s'ils demeurent à l'intérieur des bornes ou s'ils se démarquent. La figure 7 montre les quatre tracés des sujets du groupe expérimental en ce qui a trait au délai ainsi que les bornes du 10° et 90° centile du groupe contrôle. Aucun sujet ne se démarque à tous les intervalles de mesure. Comme pour l'amplitude, certains résultats ressortent à quelques reprises. Les quatre sujets se démarquent pour l'intervalle de 12 à 14 ms, témoignant de délais négatifs plus petits ce qui signifie que la vitesse d'apparition des TEOEA est moins rapide comparativement au groupe contrôle. Les résultats des sujets B1 et B3 se situent également à l'extérieur des bornes pour l'intervalle de 16 à 18 ms. Il est à noter que les valeurs qui se démarquent pour l'amplitude et pour le délai ne se situent pas exactement aux mêmes intervalles de mesure, se positionnant à l'intervalle de 12 à 14 ms plutôt qu'à celui de 14 à 16 ms.



**Figure 7 :** Courbes du décalage temporel (ms) des quatre sujets du groupe expérimental selon les intervalles per-stimulateurs de mesure (ms). Les lignes pointillées représentent les bornes du 10° et du 90° centile du groupe contrôle.

En résumé, on constate qu'il n'y a aucune différence statistiquement significative au niveau de l'amplitude de la suppression controlatérale des TEOAE chez les enfants ayant des difficultés de reconnaissance de la parole dans le bruit par rapport aux enfants du groupe contrôle. On remarque également qu'il n'y a aucune différence statistiquement significative en ce qui concerne la vitesse d'apparition des TEOAE en présence d'un bruit controlatéral chez les enfants du groupe expérimental par rapport aux enfants normaux.

Certains résultats individuels se démarquent cependant par rapport à la performance du groupe contrôle et ce, autant au niveau de l'amplitude qu'au niveau de la vitesse d'apparition des TEOEA. Il semble que nous soyons face à des faits ponctuels puisqu'aucun lien ne peut être fait entre les résultats qui se situent à l'extérieur des bornes et les intervalles per-stimulateurs de mesure. De plus, il ne semble également pas y avoir de lien entre le DSVB et le nombre de résultats qui ressortent.

## 7. DISCUSSION

### 7. 1. *Implications théoriques*

Les données observées d'amplitude de la suppression controlatérale des TEOAE chez l'enfant n'ayant aucune difficulté dans le bruit correspondent à la donnée scientifique rapportée par Berlin chez l'adulte (Berlin et coll., 1995). Ce résultat est important puisqu'aucune donnée normative n'avait été établie chez les enfants en ce qui concerne la suppression controlatérale des TEOEA. Donc, l'enfant à partir de neuf ans semble se comporter de la même façon que l'adulte au niveau de l'amplitude de la suppression. On peut donc déduire que le fonctionnement du système efférent olivo-cochléaire médian est mature à partir de 9 ans. Berlin obtenait une moyenne de 1,28 dB avec un écart-type de 0,5 dB alors que nous obtenons une moyenne de 1,27 dB avec un écart-type de 1,76 dB. Le fait que l'écart-type soit plus grand dans notre échantillon peut en partie s'expliquer par le petit nombre de sujets ayant participé à la présente étude. En effet, il existe une grande variabilité inter-individuelle au niveau de la suppression controlatérale des TEOAE (Collet et coll., 1992; Giraud et coll., 1995). L'effet de suppression peut varier de 0 dB à plus de 5 dB selon une donnée physiologique établie chez l'animal. Une grande variabilité inter-individuelle d'excitabilité des neurones efférents cochléaires serait la cause du phénomène (Liberman, 1992).

Si on compare nos résultats avec ceux obtenus par Giraud et coll. (1997a), on arrive à la conclusion que les enfants ayant des difficultés de reconnaissance de la parole dans le bruit ne se comportent pas de la même façon que les adultes ayant des difficultés de compréhension de la parole dans le bruit. En effet, dans cette étude, il est montré qu'il n'y a en effet aucune différence statistiquement significative entre l'amplitude de la suppression contralatérale des TEOAE pour les enfants présentant des difficultés de reconnaissance de la parole dans le bruit par rapport à ceux n'ayant aucune difficulté dans le bruit.

L'analyse statistique de la variable amplitude pour le groupe contrôle et pour le groupe expérimental ne montre en effet aucune différence significative entre les deux groupes ni selon les intervalles per-stimulateurs de mesure. La première hypothèse voulant que, les enfants ayant un DSVB plus grand que 13,3 dB auraient une suppression contralatérale des TEOAE significativement plus petite en amplitude que ceux ayant un DSVB égal ou plus petit que 13,3 dB, n'a pu être démontrée.

Les données en terme de vitesse d'apparition des TEOAE en présence de bruit ne peuvent se comparer à une donnée théorique à défaut de valeur normative sur le sujet. Cependant, on sait que l'apparition des TEOAE se fait plus rapidement chez l'adulte lorsqu'on introduit un bruit contralatéral (Berlin et

coll., 1993, 1995 ; Giraud et coll., 1996 et 1997a). La présente étude nous permet d'observer que les enfants du groupe contrôle à partir de 9 ans se comportent de la même façon et confirment ainsi la donnée adulte.

Par ailleurs, les résultats montrent également qu'il n'y a aucune différence significative entre les moments d'apparition des TEOAE en présence de bruit contralatéral chez les enfants ayant des difficultés de reconnaissance de la parole dans le bruit comparativement à ceux qui n'ont aucune difficulté. La deuxième hypothèse voulant que, les enfants ayant un DSVB dans le bruit plus grand que 13,3 dB aient une apparition des TEOAE significativement moins rapide en présence de bruit contralatéral que ceux ayant un DSVB égal ou plus petit que 13,3 dB, n'a pu être démontrée.

Lors de la comparaison des performances individuelles du groupe expérimental par rapport à l'étendue de la donnée du groupe contrôle (positionnement par rapport aux bornes du 10° et 90° centile du groupe contrôle), certains résultats ressortent tant au niveau de l'amplitude qu'au niveau de la vitesse d'apparition des TEOEA. Cependant, il semble que nous soyons face à des faits ponctuels puisqu'aucun lien ne peut être fait entre les résultats qui se situent à l'extérieur des bornes et les intervalles per-stimulateurs de mesure. De plus, il ne semble également pas y avoir de lien entre le DSVB et le nombre de résultats qui ressortent.

## **7. 2. Pistes de recherche**

Les résultats de groupe de la présente étude ne font ressortir aucune différence statistiquement significative lorsque l'on compare les sujets du groupe expérimental à ceux du groupe contrôle, tant au niveau de l'amplitude qu'au niveau de la vitesse d'apparition des TEOEA. Il faudrait donc continuer l'expérimentation avec un plus grand nombre de sujets dans le groupe expérimental pour augmenter d'autant la puissance statistique.

Les résultats individuels et notamment des sujets B1, B3 et B4 (voir les figures 6 et 7) appuient la théorie de masquage central de Dirks (1964) et Martin et coll. (1965) comme point d'origine de cette difficulté d'écoute dans le bruit. Chez les enfants présentant des difficultés de reconnaissance de la parole dans le bruit, lorsque la région du complexe olivaire supérieur est stimulée, les impulsions afférentes de la cochlée opposée serait davantage inhibées par rapport à ceux ne présentant pas cette caractéristique, ce qui a pour effet que la parole doit être à un niveau beaucoup plus élevé pour passer outre l'importante atténuation de l'activité neurale. Cette affirmation devra toutefois être confirmée par une donnée expérimentale complémentaire.

Les présents résultats permettent aussi de dégager diverses implications relatives aux pratiques audiologiques. Puisque la valeur de réduction

d'amplitude est d'environ 1 dB pour la suppression controlatérale des TEOEA, que l'écart-type observé demeure grand et que la puissance du test statistique n'est que de 42 %, l'obtention de différences significatives entre les deux groupes nécessiterait un accroissement du nombre de sujets. Il est aussi permis de croire que la suppression controlatérale des TEOEA ne serait peut-être pas la meilleure approche pour évaluer le système efférent olivo-cochléaire médian à cause de la faiblesse de l'effet expérimental comparativement à la variance observée. Il faudrait donc prévoir des changements au niveau du protocole d'expérimentation : le bruit devrait être présenté bilatéralement car c'est, selon Hood et coll. (1996) la manière qui amènerait la suppression la plus importante des TEOAE (3,0 - 3,5 dB lorsque le bruit est bilatéral comparativement à 1,0 - 1,5 dB lorsqu'il est controlatéral). Une alternative a été proposée par Kemp pour introduire le bruit masquant à la même oreille que la sonde pour enregistrer les TEOEA : le paradigme de masque antérieur qui permet de séparer dans le temps le bruit et les clics provoquant les OEA alors qu'ils sont présentés à la même oreille (Hood et coll., 1996). Le bruit est introduit avant les clics ce qui amène une suppression plus importante des TEOAE qu'en introduisant un bruit controlatéral. Ce logiciel est disponible auprès du Dr Kemp et il peut être intégré au système Otodynamics ILO88. Aucun autre appareil n'est donc nécessaire. Il serait intéressant de refaire une étude en utilisant ces nouveaux instruments et ce nouveau protocole pour vérifier s'il est possible d'identifier des différences

significatives chez les enfants ayant des difficultés de reconnaissance de la parole dans le bruit. Il faudrait également concentrer l'analyse des données sur les intervalles per-stimulatoires de 12 à 16 ms car c'est durant cette période que se produit la suppression maximale des TEOAE dans la présente expérimentation, ce qui est aussi en accord avec la donnée de Berlin et coll. (1993 et 1995).

À supposer que ce type de protocole soit à la hauteur de ses promesses, il serait intéressant de poursuivre les recherches avec cette nouvelle forme d'examen pour différents groupes d'âge et pour différentes problématiques comme les enfants présentant un retard de développement, une déficience intellectuelle (syndrome de Down), un déficit d'attention, un retard de langage, les cas de neuropathie, etc. La suppression contralatérale des TEOAE est d'une utilité clinique certaine puisqu'elle constitue une preuve de désordre léger ou subtil des structures du tronc cérébral. On sait qu'à partir de 9 ans, le système efférent olivo-cochléaire médian se comporte comme celui de l'adulte. Si un enfant de plus de 9 ans n'a pas de suppression contralatérale des TEOEA, on pourrait soupçonner un problème au niveau de ce système.

Concernant toujours les protocoles de tests pour identifier un trouble auditif central, l'analyse des comportements individuels de certains sujets du groupe expérimental démontre, par ailleurs, que le décalage de seuil vocal dans

le bruit en utilisant le TSVI réussit à identifier les enfants soupçonnés d'avoir des difficultés au niveau de la séparation figure / fond tel qu'établi sur la base des tests centraux de qualification. Ce résultat est en accord avec les indications de Middleweerd et coll. (1990) et Ferman et coll. (1993). Les enfants du groupe expérimental qui, au répertoire du milieu clinique participant, avaient été diagnostiqués comme présentant un problème de séparation figure / fond, indiquant un trouble auditif central, ont également eu un DSVB de plus de 13,3 dB. Or, la mesure du DSVB est un test simple, qui ne demande pas beaucoup de temps et qui est objectif puisqu'il se fait à l'aide d'une voix enregistrée plutôt qu'à voix nue. Il semblerait donc pertinent de considérer inclure cette mesure dans le protocole de tests pour évaluer les troubles d'audition centrale.

## 8. CONCLUSION

Les résultats de cette présente recherche suggèrent que la suppression controlatérale des TEOAE chez les enfants à partir de 9 ans se comporte de la même façon que chez l'adulte. Par conséquent, le système efférent olivo-cochléaire médian atteindrait sa maturité dès l'âge de 9 ans.

Les résultats n'ont pas permis d'identifier des différences significatives entre le groupe contrôle et le groupe expérimental. Cela peut s'expliquer par le faible effet de suppression (1,27 dB) accompagné d'un très grand écart-type. Il est tout à fait plausible que la suppression controlatérale des TEOEA n'est pas le meilleur outil pour vérifier le fonctionnement du système efférent olivo-cochléaire médian. De nouveaux protocoles se sont développés récemment qui utilisent la suppression bilatérale des TEOEA ou le paradigme de masque antérieur. Ces deux méthodes sont plus efficaces comme supprimeur qu'un bruit présenté à l'oreille controlatérale. Il serait peut-être possible d'identifier des différences significatives en utilisant ces nouveaux protocoles.

## RÉFÉRENCES

ANSI (1987). Specifications for instruments to measure aural acoustic impedance and admittance (aural acoustic immitance) (S3.39). New York : American National Standard Institute.

ANSI (1989). Specifications for audiometers (S3.6). New York : American National Standard Institute.

ANSI (1992). Manual pure-tone audiometry (S3.21). New York : American National Standard Institute.

Berlin, C.I., Hood, L.J., Wen, H., Szabo, P., Cecola, R.P., Jackson, D.F. (1993). Contralateral suppression of non-linear click-evoked otoacoustic emissions. Hearing Research, 71, 1-11.

Berlin, C.I., Hood, L.J., Hurley, A., Wen, H. (1994). Contralateral suppression of otoacoustic emissions : An index of the function of the medial olivocochlear system. Otolaryngology-Head and Neck Surgery, 110, 3-21.

Berlin, C.I., Hood, L.J., Hurley, A.E., Wen, H., Kemp, D.T. (1995). Binaural noise suppresses linear click-evoked otoacoustic emissions more than ipsilateral or contralateral noise. Hearing Research, 87, 96-103.

Botte, M.C., Canévet, G., Demany, L., Sorin, C. (1988). Psychoacoustique et perception auditive. Paris, Éd. Inserm, 144 pages.

Broadbent, D. (1958). Perception and communication. New York, Pergamon Press.

Buno, W. (1978). Auditory nerve fiber activity influenced by contralateral ear sound stimulation. Experimental Neurology, 58, 62-74.

Cacace, A.T., Parner, S.M., Lovely, T.J., Kalathia, A. (1994). The disconnected ear : phenomenological effects of a large acoustic tumor. Ear and Hearing, 15, 287-298.

Carhart, R., Tillman, T.W., Greetis, E.S. (1969). Perceptual masking in multiple sound backgrounds. Journal of the Acoustical Society of America, 45, 694-703.

Cherry, E.L. (1953). Some experiments on the recognition of speech, with one and with two ears. Journal of the Acoustical Society of America, 25, 975-979.

Collet, L., Kemp, D.T., Veuillet, E., Duclaux, R., Moulin, A., Morgon, A. (1990). Effect of contralateral auditory stimuli on active cochlear micromechanical properties in human subjects. Hearing Research, *43*, 252-262.

Collet, L., Veuillet, E., Bene, J., Morgon, A. (1992). Effects of contralateral white noise on click-evoked emissions in normal and sensorineural ears : towards an exploration of the medial olivo-cochlear system. Audiology, *31*, 1-7.

Collet, L. (1993). Comment explorer le système efférent cochléaire médian chez l'humain au moyen des oto-émissions acoustiques? Journal Français d'Oto-Rhino-Laryngologie, *42*, 355-358.

Dirks, D. (1964). Factors related to bone conduction reliability. Archives of otorhinolaryngology, *79*, 551-558.

Elliott, L.L., Connors, S., Kille, E., Levin, S., Ball, K., Katz, D. (1979). Children's understanding of monosyllabic nouns in quiet and in noise. Journal of the Acoustical Society of America, *66*, 12-21.

Elliott, L.L., Clifton, L.A.B., Servi, D.G. (1983). Word frequency effects for a closed-set word identification task. Audiology, *22*, 229-240.

Feagans, L., Blood, I., Tubman, J.G. (1988). Otitis media : Models of effects and implications for intervention. In Bess, F.H. (1988). Hearing impairment in children. Parkton, York Press, 347-374.

Ferman, L., Verschuure, J., Van Zanten, B. (1993). Impaired speech perception in noise in patients with a normal audiogram. Audiology, 32, 49-55.

Festen, J.M., Plomp, R. (1983). Relations between auditory functions in impaired hearing. Journal of the Acoustical Society of America, 73, 652-662.

Giraud, A.L., Collet, L., Chéry-Croze, S., Magnan, J., Chays, A. (1995). Evidence of a medial olivocochlear involvement in contralateral suppression of otoacoustic emissions in humans. Brain Research, 705, 15-23.

Giraud, A.L., Perrin, E., Chéry-Croze, S., Chays, A., Collet, L. (1996). Contralateral acoustic stimulation induces a phase advance in the evoked otoacoustic emissions in humans. Hearing Research, 94, 54-62.

Giraud, A.L., Garnier, S., Micheyl, C., Lina, G., Chays, A., Chéry-Croze, S. (1997a). Auditory efferents involved in speech-in-noise intelligibility. NeuroReport 8, 1779-1783.

Giraud, A.L., Chays, A., Collet, L., Chéry-Croze, S. (1997b). Influence of contralateral noise on distortion product latency in humans : Is the medial olivocochlear efferent system involved ? Journal of the Acoustical Society of America, 102, 2219-2227.

Hall, A.J., Lutman, M.E. (1999). Methods for early identification of noise-induced hearing loss. Audiology, 38, 277-280.

Hall, J.W., Grose, J.H. (1993). The effect of otitis media with effusion on the masking level difference and the auditory brainstem response. Journal of Speech and Hearing Research, 36, 210-217.

Hall, J.W. (2000). Handbook of otoacoustic emissions. Singular Publishing Group, 635 pages.

Hood, L.J., Berlin, C.I., Hurley, A., Wen, H. (1996). Suppression of otoacoustic emissions in normal hearing individuals. In Berlin, C.I. (1996). Hair Cells and Hearing Aids. Singular Press, chap. 3.

Katz, J., Wilde, L. (1994). Auditory processing disorders. In Katz, J. (1994). Handbook of clinical audiology (4th ed.). Baltimore: Williams and Wilkins.

Keith, W.R. (1988). Central auditory tests. In Lass, N.J., Reynolds, L.V., Northern, J.L., Yoder, D.E. (1988). Handbook of speech-language pathology and audiology. Toronto: Decker.

Kemp, D.T. (1978). Stimulated acoustic emissions from within the human auditory system. Journal of the Acoustical Society of America, 64, 1386-1391.

Kemp, D.T. (1979). Evidence of mechanical nonlinearity and frequency selective wave amplification in the cochlea. Archives of otorhinolaryngology, 224, 37-45.

Kirk, R.E. (1968). Experimental design. Brooks / Coles, Belmont.

Lebel, C., Picard, M. (1995). Développement et essai clinique du Test de seuil vocal en images (TSVI) pour enfants français québécois. Revue d'orthophonie et d'audiologie, 19, 165-175.

Lebel, C., Picard, M. (1997). Influence du mode de réponse sur le seuil de reconnaissance de la parole chez l'enfant français québécois d'âge scolaire. Revue d'orthophonie et d'audiologie, 21, 17-27.

Lebel, C., Picard, M. (communication personnelle). How children recognize spoken words in speech recognition threshold assesment.

Lieberman, M.C. (1992). Does olivocochlear feedback protect the cat's inner ear from acoustic injury ? In Dancer, A.L., Henderson, D., Salvi, R.J., Hamernick, R.P. (1992). Noise induced hearing loss. Mosby year book, 37, 423-428.

Lutman, M.E., Mason, S.M., Sheppard, S., Gibbin, K.P. (1989). Differential diagnostic potential of otoacoustic emissions : a case study. Audiology, 28, 205-210.

Martin, F.N., Bailey, H.A.T., Pappas, J.J. (1965). The effects of central masking on threshold for speech. Journal of Auditory Research, 5, 293-296.

Middleweerd, M.J., Festen, J.M., Plomp, R. (1990). Difficulties with speech intelligibility in noise in spite of a normal pure-tone audiogram. Audiology, 29, 1-7.

Moore, D.R., Hutchings, M.E., Meyer, S.E. (1991). Binaural masking level differences in children with a history of otitis media. Audiology, 30, 91-101.

Moulin, A., Collet, L., Duclaux, R. (1993). Contralateral auditory stimulation alters acoustic distortion products in humans. Hearing Research, 65, 193-216.

Moulin, A., Collet, L. (1996). Les oto-émissions acoustiques en exploration fonctionnelle. Éditions Médicales internationales, 157 pages.

Musiek, F. (1992). Otoacoustic emissions and the olivocochlear bundle. The Hearing Journal, 45, 12-15.

Nabelek, A.K., Nabelek, I.V. (1994). Room acoustics and speech perception. In Katz, J. (1994). Handbook of clinical audiology (4th Ed). Baltimore : Williams and Wilkins.

Naeve, S.L., Margolis, R.H., Levine, S.C., Fournier, E.M. (1992). Effect of ear canal air pressure on evoked otoacoustic emissions. Journal of the Acoustical Society of America, 91, 2091-2095.

Norton, S.J., Stover, L.J. (1985). Otoacoustic emissions : An emerging clinical tool. In J. Katz, J. (1994). Handbook of clinical audiology (4th ed.). Baltimore : Williams and Wilkins.

Picard, M. (1984). L'audiométrie vocale au Québec français. Audiology, 23, 337-365.

Picard, M. (1989). Matériel vocal franco-québécois, volume 2. Université de Montréal, Montréal, Québec.

Picard, M. (1993). Utilisation binaurale d'aides auditives chez l'adulte et proposition de critères d'attribution d'appareillage. Rapport préparé pour le Ministère de la Santé et des Services Sociaux. Institut Raymond-Dewar, Montréal.

Picard, M., Banville, R., Barbarosie, T., Manolache, M. (1999). Speech audiometry in noise-exposed workers : the SRT-PTA relationship revisited. Audiology, 38, 30-43.

Plomp, R. (1977). Acoustical aspects of cocktail parties. Acoustica, 38, 186-191.

Plomp, R. (1978). Auditory handicap of hearing impairment and the limited benefit of hearing aids. Journal of the Acoustical Society of America, 63, 533-549.

Plomp, R., Mimpen, A.M. (1979). Speech-reception threshold for sentences as a function of age and noise level. Journal of the Acoustical Society of America, 66, 1333-1342.

Probst, R., Longsbury-Martin, B.L., Martin, G.K. (1991). A review of otoacoustic emissions. Journal of the Acoustical Society of America, 89, 2027-2067.

Rasmussen, G.L. (1946). The olivary peduncle and other fiber projections of the superior olivary complex. Journal of Comparative Neurology, 84, 141-219.

Robinson, P.M., Haughton, P.M. (1991). Modification of evoked otoacoustic emissions by changes in pressure in the external ear. British Journal of Audiology, 25, 131-133.

Santon, F. (1986). Intelligibilité de la parole masquée et rôle de la direction de la source masquante. Acoustica, 61, 67-74.

Tremblay, C., Picard, M., Barbarosie, T., Banville, R. (1991). Étude clinique des décalages de seuil vocal dans le bruit. Audiology, 30, 212-240.

Vinck, B.M., Van Cauwenberge, P.B., Leroy, L., Corthals, P. (1999). Sensitivity of transient otoacoustic emissions to the direct effects of noise on the human cochlea. Audiology, 38, 44-52.

Warr, W.B. and Guinan, J.J. (1979). Efferent innervation of the organ of Corti. Two separate systems. Brain Research, 173, 152-155.

Wen, H., Berlin, C., Hood, L.J., Jackson, D.F., Hurley, A. (1993). A program for quantification and analysis of transient evoked otoacoustic emissions. ARO Abstracts, 16<sup>th</sup> Midwinter Meeting, February 7-11, St. Petersburg Beach, Florida.

Winer, B.J. (1971). Statistical principles in experimental design (Mc Graw-Hill, NY).

Whitehead, M.L., Baker, R.J., Wilson, J.P. (1989). The bilateral symmetry and sex asymmetry of spontaneous otoacoustic emissions (SOAE) incidence in human ears. British Journal of Audiology, 23, 149.

Woodcock, R.W. (1976). Goldman-Fristoe-Woodcock auditory skills test battery: technical manual.

Zwicker, E., Schorn, K. (1990). Delayed evoked otoacoustic emissions: an ideal screening test for excluding hearing impairment in infants. Audiology, 29, 241-251.

## LISTE DES ANNEXES

- I - Lettre du Centre Hospitalier Anna-Laberge donnant l'autorisation de consulter les dossiers en audiologie
- II - Questionnaire destiné aux parents
- III - Listes de mots du TSVI
- IV - Caractéristiques des sujets
- V - Consignes destinées aux enfants lors de l'expérimentation
- VI - Le décalage du seuil vocal dans le bruit pour le groupe contrôle et pour le groupe expérimental
- VII - Lettre d'approbation du Comité de la recherche de l'Université McGill
- VIII - Formulaire de consentement approuvé par le Comité d'éthique de l'Université McGill
- IX - Résultats bruts de la suppression des TEOAE au niveau de l'amplitude pour le groupe contrôle et pour le groupe expérimental
- X - Résultats bruts de la suppression des TEOAE au niveau du délai pour le groupe contrôle et pour le groupe expérimental
- XI - Résultats bruts de la suppression des TEOAE au niveau de la corrélation entre la courbe sans bruit controlatéral et la courbe avec bruit controlatéral pour les deux groupes.
- XII - Résumé de l'analyse de la variance de la variable dépendante : **Amplitude**
- XIII - Résumé de l'analyse de la variance de la variable dépendante : **Délai**
- XIV - Identification des bornes du 10° et du 90° centile pour l'amplitude
- XV - Identification des bornes du 10° et du 90° centile pour le délai



LE  
TALIER  
-LABERGE

## ANNEXE I

Lauréat 1996  
Les prix  
d'Excellence  
DE LA  
RÉGIE RÉGIONALE DE LA SANTÉ  
ET DES SERVICES SOCIAUX  
DE LA MONTÉRÉGIE

Le 21 mai 1997

Madame Mylène Castonguay  
[REDACTED]

*Objet: accès aux dossiers en audiologie*

Madame Castonguay,

L'exécutif du CMDP du Centre hospitalier Anna-Laberge accepte votre demande d'autorisation pour avoir accès aux dossiers en audiologie. Vous pouvez donc communiquer avec monsieur Stéphane Lefebvre afin de vous assurer de sa collaboration.

Je vous souhaite bonne chance pour votre recherche et nous serions heureux d'être tenus au courant du résultat de vos travaux en temps et lieu.

Je vous prie d'agréer, Madame Castonguay, l'expression de nos sentiments les meilleurs.

Le directeur des services professionnels,  
[REDACTED]

François Charette, m.d.  
[REDACTED]

FC/dl

# L'Hôpital de Montréal pour Enfants The Montreal Children's Hospital

UN HÔPITAL D'ENSEIGNEMENT • MCGILL UNIVERSITY • A TEACHING HOSPITAL



## QUESTIONNAIRE POUR LES PARENTS

Prénom de l'enfant :

Date de naissance :

- Est-ce que vous considérez que votre enfant a une bonne santé ?

oui \_\_\_\_\_ non \_\_\_\_\_

- Avez-vous l'impression que votre enfant entend normalement ?

oui \_\_\_\_\_ non \_\_\_\_\_

- Est-ce que la mère de l'enfant a vécu des complications pendant sa grossesse ?

oui \_\_\_\_\_ non \_\_\_\_\_

- Est-ce qu'il y a eu des complications pendant ou après l'accouchement ?

oui \_\_\_\_\_ non \_\_\_\_\_

- A quel âge votre enfant a-t-il fait ses premiers pas ? \_\_\_\_\_

A quel âge votre enfant a-t-il dit ses premiers mots ? \_\_\_\_\_

A quel âge votre enfant a-t-il dit ses premières phrases ? \_\_\_\_\_

- Combien d'otites par année votre enfant a-t-il eu approximativement depuis sa naissance ?

0 à 1 an: \_\_\_\_\_

2 à 3 ans : \_\_\_\_\_

1 à 2 ans : \_\_\_\_\_

3 ans et plus : \_\_\_\_\_

- Votre enfant a-t-il déjà été opéré aux oreilles ?

oui \_\_\_\_\_ non \_\_\_\_\_

Si oui, à quelle(s) oreille(s) ?

droite \_\_\_\_\_ gauche \_\_\_\_\_ aux deux oreilles \_\_\_\_\_



### ANNEXE III

LISTES DE MOTS DU TSVI (LEBEL ET PICARD, 1995) UTILISÉES POUR LA RECHERCHE DES SEUILS DE RECONNAISSANCE DE LA PAROLE (SRP)

Liste 1	Liste 2
Lapin	Bateau
Oiseau	Ciseaux
Ciseaux	Poisson
Poisson	Fourchette
Cuillère	Chandelle
Camion	Oiseau
Chandelle	Soleil
Avion	Camion
Carotte	Cheval
Cheval	Cochon
Fourchette	Ballon
Ballon	Sapin
Cochon	Cuillère
Sapin	Avion
Cadeau	Lapin
Bateau	Mitaines
Mitaines	Cadeau
Soleil	Carotte

## ANNEXE IV

## CARACTÉRISTIQUES DES SUJETS

	Sujets	Âge (ans:mois)	Sexe	Oreille testée	MSP (dB)	Tympanométrie	
						Pression (daPa)	Compliance (cm <sup>3</sup> )
<b>A</b>	<b>N1</b>	9 : 11	M	D	6,7	0	0,5
	<b>N2</b>	9 : 10	F	D	11,7	-50	0,7
	<b>N4</b>	9 : 11	F	D	10	10	0,8
	<b>N5</b>	9 : 10	M	D	5	25	0,4
	<b>N6</b>	9 : 11	F	D	6,7	-25	0,3
	<b>N7</b>	10 : 01	M	D	3,3	45	0,4
	<b>N8</b>	10 : 00	F	D	1,7	-75	0,5
	<b>N9</b>	9 : 10	F	D	6,7	-10	0,6
<b>B</b>	<b>B1</b>	10 : 00	M	D	11,7	0	0,3
	<b>B3</b>	9 : 10	F	D	8,3	40	0,7
	<b>B4</b>	9 : 06	M	D	3,3	30	0,5
	<b>B5</b>	9 : 11	F	D	6,7	-60	0,4
<b>A</b> = Groupe contrôle <b>B</b> = Groupe expérimental							

**Notes :**

- 1- La moyenne d'âge pour le groupe contrôle est de 9 : 11 ans.
- 2- La moyenne d'âge pour le groupe expérimental est de 9 : 10 ans.
- 3- MSP = Moyenne des sons purs à 500, 1000 et 2000 Hz.
- 4- Les valeurs pour la tympanométrie sont celles de l'oreille testée.

## **ANNEXE V**

### **CONSIGNES DESTINÉES AUX ENFANTS LORS DE L'EXPÉRIMENTATION**

Les consignes sont transmises aux enfants de manière à présenter tous les points suivants:

➤ **Consignes pour la réalisation du tympanogramme :**

1. L'enfant est informé que l'on va lui mettre un bouchon dans l'oreille et qu'il va sentir une pression et entendre un son.
2. Il est informé que cet examen ne demande pas sa participation.
3. Il est informé qu'il ne doit pas bouger ni parler et qu'il doit avaler le moins possible durant le test.

➤ **Consignes pour la réalisation de l'audiogramme :**

1. L'enfant est informé que l'on va lui mettre des écouteurs dans les oreilles et qu'il va entendre des sons.
2. Il est informé qu'à chaque fois qu'il entend un son, il doit appuyer sur le bouton.
3. Il y a insistance, par l'expérimentatrice, que les sons vont lui sembler très loin ou très petits, mais qu'il doit quand même appuyer sur le bouton.

➤ **Consignes pour la réalisation des recherches de seuil de reconnaissance de la parole :**

1. L'enfant est informé qu'il entendra la voix d'un homme lui dire des mots.
2. Il est informé que les mots seront tout juste audibles (« petits ») et qu'au besoin, il devra deviner.
3. Il est informé qu'il devra pointer du doigt l'image qui correspond au mot sur la planche-réponse.
4. Lors de la recherche des seuils de reconnaissance de la parole en présence d'un bruit ipsilatéral, il est également informé qu'il entendra les « petits » mots ainsi qu'un bruit dans la même oreille. Il devra toujours pointer du doigt l'image correspondant au mot et deviner s'il n'est pas certain.

➤ **Consignes pour la réalisation des épreuves concernant les TEOAE :**

1. L'enfant est informé que l'on va lui mettre un écouteur dans une oreille et un bouchon dans l'autre oreille. On lui dit également qu'il va entendre des sons dans une oreille qui ressemblent à de petits coups de marteaux et que dans l'autre oreille, il entendra du bruit.
2. Il est informé que cette épreuve ne demande pas sa participation. Il est informé qu'il ne doit pas bouger ni parler et qu'il doit avaler le

moins possible durant le test. Il doit seulement se détendre et bien s'adosser au dossier de la chaise.

## ANNEXE VI

### LE DÉCALAGE DU SEUIL VOCAL DANS LE BRUIT (DSVB) POUR LE GROUPE CONTRÔLE ET EXPÉRIMENTAL

	<b>Sujets</b>	<b>Oreille testée</b>	<b>Seuil vocal dans le silence (dB)</b>	<b>Seuil vocal dans le bruit (dB)</b>	<b>DSVB (dB)</b>
<b>A</b>	<b>N1</b>	D	7,5	12,5	5
	<b>N2</b>	D	12,5	12,5	0
	<b>N4</b>	D	10	12,5	2,5
	<b>N5</b>	D	5	7,5	2,5
	<b>N6</b>	D	7,5	7,5	0
	<b>N7</b>	D	5	5	0
	<b>N8</b>	D	2,5	5	2,5
	<b>N9</b>	D	7,5	12,5	5
<b>B</b>	<b>B1</b>	D	12,5	47,5	35
	<b>B3</b>	D	10	40	30
	<b>B4</b>	D	5	27,5	22,5
	<b>B5</b>	D	5	25	20
<b>A = Groupe contrôle</b> <b>B = Groupe expérimental</b>					

L'Hôpital de Montréal pour Enfants  
The Montreal Children's Hospital



UN HÔPITAL D'ENSEIGNEMENT • MCGILL UNIVERSITY • A TEACHING HOSPITAL

INSTITUTIONAL REVIEW BOARD

**TO:** Mme. Mylène Castonguay  
**FROM:** Madeleine Hollingdrake, Administrative Secretary  
Institutional Review Board  
**RE:** MHSS APPROVAL OF RESEARCH PROJECT

**PROJECT NUMBER/TITLE:** La mesure de la suppression controlatérale des oto-  
émissions acoustiques chez des enfants présentant des difficultés de reconnaissance de la  
parole dans le bruit

Article 21 of the Quebec Civil Code, which went into effect January 1, 1994, stipulates that not only new research projects but also all ongoing projects which involve minors or incapacitated adults be approved by the Minister of Health and Social Services.

The above-named protocol received ethical approval March 5, 1997 and was given final approval by the Minister of Health and Social Services March 20, 1997. Please notify the IRB Committee of the date that the study will commence.

Sincerely,



Madeleine Hollingdrake  
Administrative Secretary  
Institutional Review Board

mh

## ANNEXE VIII

# L'Hôpital de Montréal pour Enfants The Montreal Children's Hospital

UN HÔPITAL D'ENSEIGNEMENT • MCGILL UNIVERSITY • A TEACHING HOSPITAL



## Formulaire de consentement

Nom du chercheur principal: Mylène Castonguay, B. Sc.O.A.  
[REDACTED]

Nom de l'audiologiste: Anne-Marie Hurteau, M.O.A.  
(514) 934-4400 poste 2924

Nom du professeur: Dr. Michel Picard, B.Ps., Ph. D.  
(Université de Montréal) [REDACTED]

Par la présente, je considère être suffisamment informé(e) sur le but de cette recherche intitulée "la mesure de la suppression contralatérale des oto-émissions acoustiques chez des enfants présentant des difficultés au niveau de la reconnaissance de mots dans le bruit". Cette recherche est faite dans le cadre d'un projet de mémoire par Mme Mylène Castonguay, étudiante de maîtrise de l'École d'Orthophonie et d'Audiologie de l'Université de Montréal et par Mme Anne-Marie Hurteau, audiologiste à l'Hôpital de Montréal pour enfants. La participation de mon enfant consistera en une visite d'une durée d'environ 90 minutes où on effectuera une vérification sommaire de son audition suivie d'une tâche de reconnaissance de mots.

J'autorise Mme Mylène Castonguay à utiliser les données recueillies lors de l'expérimentation pour fin d'analyse.

Il est entendu que la participation de mon enfant est tout à fait libre et volontaire; il est également entendu que je pourrai à tout moment mettre un terme à sa participation sans que cela nuise à mes relations avec l'étudiant et/ou les responsables du projet. Il est également entendu que mon enfant pourra faire de même sans avoir à fournir de raisons. Il n'y a pas de risque spécifique associé au projet puisque les épreuves psychoacoustiques sont du même type que celles pratiquées en clinique audiolgogique. Il en va de même de la mesure des signaux émis par les oreilles (oto-émissions) qui se fera aussi selon les procédés cliniques usuels.

L'expérimentation ne donnera pas d'avantage spécifique à l'enfant autre que de connaître son statut auditif et la possibilité de consulter à l'Hôpital de Montréal pour enfants s'il y avait indication dans ce sens. La participation de mon enfant a donc comme seule autre finalité celle de faire avancer la science.

Il est entendu aussi que suite à cette rencontre, si je désire discuter plus en profondeur des résultats de cette expérimentation ou si mon enfant a besoin de suivi particulier, il me sera possible de communiquer avec Mme Anne-Marie Hurteau, audiologiste à l'Hôpital de Montréal pour enfants.

# L'Hôpital de Montréal pour Enfants The Montreal Children's Hospital

UN HÔPITAL D'ENSEIGNEMENT • MCGILL UNIVERSITY • A TEACHING HOSPITAL



## Confidentialité

Il est entendu que toutes les informations obtenues dans le cadre de cette expérimentation ne seront utilisées qu'aux fins de ce projet, qu'elles ne seront discutées qu'avec mes superviseurs de maîtrise uniquement soit Mme Hurteau et M. Picard. Les informations obtenues demeureront strictement confidentielles. En aucun temps, le nom de mon enfant n'apparaîtra sur des documents scientifiques et les informations personnelles recueillies lors du projet ne pourront être communiquées à qui que ce soit à moins d'une permission écrite de ma part. De plus, ces données seront détruites à l'issue du projet.

Aucune indemnité n'est prévu ni remboursement des éventuelles dépenses personnelles encourues à cause du projet.

Le \_\_\_\_\_ 1997

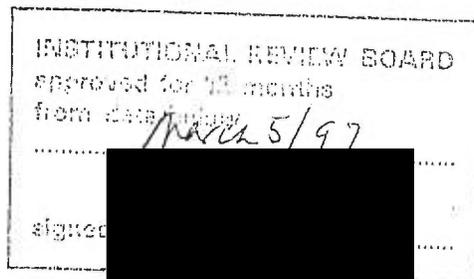
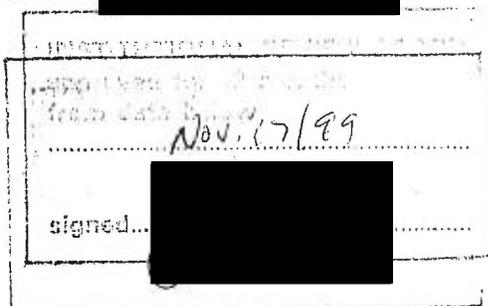
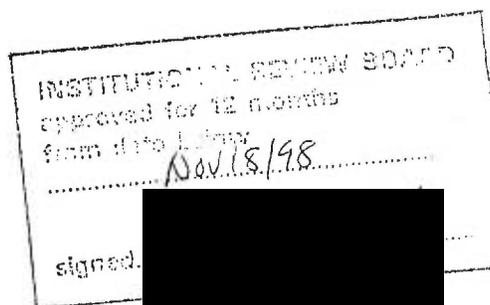
Date

\_\_\_\_\_  
Signature de l'enfant

\_\_\_\_\_  
Signature du parent ou tuteur de l'enfant

\_\_\_\_\_  
Signature du témoin

\_\_\_\_\_  
Signature du chercheur principal



## ANNEXE IX

RÉSULTATS BRUTS DE LA SUPPRESSION DES TEOAE, AU NIVEAU DE L'AMPLITUDE (EN dB) POUR LE GROUPE CONTRÔLE ET EXPÉRIMENTAL

		Intervalles per-stimulateurs de mesure										
		1	2	3	4	5	6	7	8	9		
ms		2/4	4/6	6/8	8/10	10/ 12	12/14	14/16	16/18	18/20		
<b>A</b>	N1	d	5,84	0,26	-0,34	1,65	-0,14	1,66	3,49	0,16	0,22	
	N2	d	-1,10	0,28	1,21	1,05	2,16	2,88	2,85	3,89	5,32	
	N4	d	4,52	2,39	1,06	0,75	-0,50	0,98	2,47	0,28	3,34	
	N5	d	0,06	0,18	0,68	0,17	0,61	0,75	0,83	2,90	-0,22	
	N6	d	-1,22	-0,95	-0,79	-0,31	-0,46	0,53	1,96	-2,66	0,90	
	N7	d	1,35	1,95	1,70	1,27	1,83	0,90	1,67	1,97	1,03	
	N8	d	1,11	2,55	2,49	2,61	3,20	2,64	3,54	4,59	3,54	
	N9	d	-3,72	-0,49	-1,45	-0,41	0,40	1,00	0,56	2,58	3,57	
		$\bar{x}$		0,855	0,7713	0,570	0,8475	0,8875	1,4175	2,1713	1,7138	2,2125
	$\sigma$		3,1232	1,3405	1,3300	1,0254	1,3610	0,8911	1,1246	2,3553	1,9835	1,7587
<b>B</b>	B1	d	-0,96	-0,08	-0,32	-0,09	-1,22	0,73	0,26	1,82	-2,24	
	B3	d	1,37	0,52	0,43	0,55	0,32	0,47	0,61	1,07	0,46	
	B4	d	-0,79	-0,42	0,35	0,28	-0,11	-0,70	0,14	0,02	-5,99	
	B5	d	-0,33	1,06	-0,14	0,83	0,32	1,24	0,89	0,63	0,33	
		$\bar{x}$		-0,1775	0,270	0,080	0,3925	-0,173	0,435	0,475	0,885	-1,860
	$\sigma$		1,0654	0,6545	0,367	0,3923	0,7272	0,8215	0,3410	0,7576	3,0210	1,2915
<p><b>A</b> = Groupe contrôle  <b>B</b> = Groupe expérimental</p>												

## ANNEXE X

RÉSULTATS BRUTS DE LA SUPPRESSION DES TEOAE AU NIVEAU DU  
DÉLAI (EN MS) POUR LE GROUPE CONTRÔLE ET EXPÉRIMENTAL

		Intervalles per-stimulateurs de mesure										
		1	2	3	4	5	6	7	8	9		
ms		2/4	4/6	6/8	8/10	10/ 12	12/14	14/16	16/18	18/20		
<b>A</b>	N1	d	0	0	0	0	-0,04	-0,04	-0,04	-0,04	-0,08	
	N2	d	0	0	0	-0,04	-0,04	-0,04	-0,04	-0,08	-0,04	
	N4	d	-0,04	-0,04	-0,04	-0,04	-0,04	-0,04	0	-0,04	0	
	N5	d	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
	N6	d	0	0	0	0	0	-0,04	-0,04	-0,04	0,04	
	N7	d	0	0	0	0	-0,04	-0,04	-0,04	-0,04	-0,04	
	N8	d	0	0	0	0	0	0	0	-0,04	0	
	N9	d	0	0	0	0	-0,04	-0,04	-0,08	-0,04	-0,08	
		$\bar{x}$		-0,005	-0,005	-0,005	-0,01	-0,025	-0,03	-0,03	-0,04	-0,035
	$\sigma$		0,0141	0,0141	0,0141	0,0185	0,0207	0,0185	0,0283	0,0214	0,0334	0,0242
<b>B</b>	B1	d	0	0	0	0	0	0	0	0	0,04	
	B3	d	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
	B4	d	0	0	0	0	0	0	0	-0,04	0,04	
	B5	d	0	0	0	0	-0,04	0	-0,04	-0,04	-0,04	
		$\bar{x}$		0	0	0	0	-0,01	0	-0,01	-0,02	0,01
	$\sigma$		0	0	0	0	0,02	0	0,02	0,0231	0,0383	0,0134

**A** = Groupe contrôle  
**B** = Groupe expérimental

## ANNEXE XI

RÉSULTATS BRUTS DE LA SUPPRESSION DES TEOAE, AU NIVEAU DE LA  
CORRÉLATION ENTRE LA COURBE SANS BRUIT CONTROLATÉRAL ET LA  
COURBE AVEC BRUIT CONTROLATÉRAL, POUR LE GROUPE CONTRÔLE  
ET EXPÉRIMENTAL

			Intervalles per-stimulateurs de mesure								
			1	2	3	4	5	6	7	8	9
ms			2/4	4/6	6/8	8/10	10/ 12	12/14	14/16	16/18	18/20
<b>A</b>	N1	d	0,770	0,938	0,966	0,894	0,868	0,954	0,927	0,644	0,741
	N2	d	0,929	0,950	0,937	0,926	0,900	0,887	0,868	0,800	0,782
	N4	d	0,608	0,592	0,767	0,784	0,909	0,839	0,864	0,862	0,883
	N5	d	0,986	0,994	0,993	0,996	0,998	0,995	0,915	0,976	0,954
	N6	d	0,978	0,977	0,971	0,975	0,968	0,962	0,924	0,568	0,519
	N7	d	0,875	0,915	0,900	0,951	0,806	0,858	0,872	0,644	0,744
	N8	d	0,924	0,985	0,953	0,972	0,934	0,966	0,958	0,845	0,879
	N9	d	0,974	0,934	0,949	0,968	0,930	0,938	0,820	0,936	0,753
<b>B</b>	B1	d	0,963	0,982	0,978	0,989	0,958	0,988	0,995	0,961	0,848
	B3	d	0,990	0,991	0,997	0,999	0,998	0,999	0,995	0,994	0,996
	B4	d	0,984	0,982	0,988	0,993	0,989	0,989	0,966	0,839	0,507
	B5	d	0,975	0,961	0,989	0,991	0,968	0,976	0,957	0,978	0,953
<p><b>A</b> = Groupe contrôle <b>B</b> = Groupe expérimental</p>											

## ANNEXE XII

RÉSUMÉ DE L'ANALYSE DE LA VARIANCE TYPE SP 2(8) DE KIRK (1968)  
POUR LA VARIABLE DÉPENDANTE : AMPLITUDE

Sources de variation	Degré de liberté	Somme des carrés	Carré moyen	F	P
<b>A=groupe</b>	1	18,7164	18,7164	2,2798	0,1818
<b>Erreur A</b>	6	49,2571	8,2095	—	—
<b>B=intervalle</b>	7	12,4022	1,7717	1,3852	0,2369
<b>AB (interaction)</b>	7	13,9697	1,9957	1,5602	0,1740
<b>Erreur B</b>	42	53,7213	1,2791	—	—
<b>Total</b>	63	148,0668			

### ANNEXE XIII

RÉSUMÉ DE L'ANALYSE DE LA VARIANCE DE TYPE 2(8) DE KIRK (1968)  
 POUR LA VARIABLE DÉPENDANTE : DÉLAI

Sources de variation	Degré de liberté	Somme des carrés	Carré moyen	F	P
<b>A=groupe</b>	1	0,0030	0,0030	3,6667	0,1040
<b>Erreur A</b>	6	0,0050	0,0008	—	—
<b>B=intervalle</b>	7	0,0044	0,0006	3,1818	0,0086
<b>AB (interaction)</b>	7	0,0008	0,0001	0,5636	0,7809
<b>Erreur B</b>	42	0,0082	0,0002	—	—
<b>Total</b>	63	0,0214			

## ANNEXE XIV

### IDENTIFICATION DES BORNES DU 10° ET DU 90° CENTILE POUR L'AMPLITUDE

Formule : écart-type x 1,28 : on ajoute et on soustrait à la moyenne

Intervalles (ms)	$\sigma \times 1,28$	90° et 10° centile
2_4	3,9977	de -3,1427 à 4,8527 dB
4_6	1,7158	de -0,9445 à 2,4871 dB
6_8	1,7024	de -1,1324 à 2,2724 dB
8_10	1,3125	de -0,4650 à 2,1600 dB
10_12	1,7421	de -0,8546 à 2,6296 dB
12_14	1,1406	de 0,2769 à 2,5581 dB
14_16	1,4395	de 0,7318 à 3,6108 dB
16_18	3,0148	de -0,6415 à 4,7286 dB

## ANNEXE XV

### IDENTIFICATION DES BORNES DU 10° ET DU 90° CENTILE POUR LE DÉLAI

Formule : écart-type x 1,28 : on ajoute et on soustrait à la moyenne

Intervalles (ms)	$\sigma \times 1,28$	90° et 10° centile
2_4	0,0180	de -0,0230 à 0,0130 ms
4_6	0,0180	de -0,0230 à 0,0130 ms
6_8	0,0180	de -0,0230 à 0,0130 ms
8_10	0,0237	de -0,0337 à 0,0137 ms
10_12	0,0265	de -0,0515 à 0,0015 ms
12_14	0,0237	de -0,0537 à -0,0063 ms
14_16	0,0362	de -0,0662 à 0,0062 ms
16_18	0,0274	de -0,0674 à -0,0126 ms