



Université de Montréal

**Problèmes de perception de la parole dans le bruit  
chez les enfants qui présentent  
un trouble de traitement auditif**

par

Josée Lagacé

École d'orthophonie et d'audiologie

Faculté de médecine

Thèse présentée à la Faculté des études supérieures  
en vue de l'obtention du grade de Ph.D.  
en Sciences biomédicales  
option audiologie

août 2009

© Josée Lagacé, 2009

Université de Montréal  
Faculté des études supérieures

Cette thèse intitulée :

Problèmes de perception de la parole dans le bruit chez les enfants présentant  
un trouble de traitement auditif

présentée par :  
Josée Lagacé

a été évaluée par un jury composé des personnes suivantes :

Phaedra Royle, président-rapporteur  
Benoît Jutras, directeur de recherche  
Jean-Pierre Gagné, co-directeur  
Tony Leroux, membre du jury  
Evelyne Veillet, examinateur externe  
Maryse Lassonde, représentant du doyen de la FES

## Résumé

Il est bien connu que les enfants qui présentent un trouble de traitement auditif (TTA) ont de la difficulté à percevoir la parole en présence de bruit de fond. Cependant, il n'existe aucun consensus quant à l'origine de ces difficultés d'écoute. Ce programme de recherche est consacré à l'étude des incapacités sous-jacentes aux problèmes de perception de la parole dans le bruit chez les enfants présentant un TTA.

Le *Test de Phrases dans le Bruit* (TPB) a été développé afin d'examiner si les difficultés de perception de la parole dans le bruit d'enfants ayant un TTA relèvent d'incapacités auditives, d'incapacités cognitivo-linguistiques ou des deux à la fois. Il comprend cinq listes de 40 phrases, composées de 20 phrases hautement prévisibles (HP) et de 20 phrases faiblement prévisibles (FP), de même qu'un bruit de verbiage. Le niveau de connaissance du mot clé (mot final) de chaque phrase a été vérifié auprès d'un groupe d'enfants âgés entre 5 et 7 ans. De plus, le degré d'intelligibilité des phrases dans le bruit et le niveau de prévisibilité ont été mesurés auprès d'adultes pour assurer l'équivalence entre les listes. Enfin, le TPB a été testé auprès d'un groupe de 15 adultes et d'un groupe de 69 enfants sans trouble auditif avant de l'administrer à des enfants ayant un TTA.

Pour répondre à l'objectif général du programme de recherche, dix enfants présentant un TTA (groupe TTA) et dix enfants jumelés selon le genre et l'âge sans difficulté auditive (groupe témoin) ont été soumis aux listes de phrases du TPB selon différentes conditions sonores. Le groupe TTA a obtenu des performances significativement plus faibles comparativement au groupe témoin à la tâche de reconnaissance du mot final des phrases présentées en même temps qu'un bruit de verbiage compétitif, aux rapports signal-sur-bruit de 0, +3 et +4 dB. La moyenne de la différence des scores obtenue entre les phrases HP et FP à chaque condition expérimentale de bruit était similaire entre les deux groupes. Ces résultats suggèrent que les enfants ayant un TTA ne se distinguent pas des enfants du groupe témoin au

plan de la compétence cognitivo-linguistique. L'origine des difficultés d'écoute de la parole dans le bruit dans le cas de TTA serait de nature auditive.

Toutefois, les résultats des analyses de groupe diffèrent de ceux des analyses individuelles. Les divers profils de difficultés d'écoute identifiés auprès de cette cohorte appuient l'importance de continuer les investigations afin de mieux comprendre l'origine des problèmes de perception de la parole dans le bruit dans le cas de TTA. En connaissant mieux la nature de ces difficultés, il sera possible d'identifier les stratégies d'intervention de réadaptation spécifiques et efficaces.

**Mots-clés:** tests de perception de la parole dans le bruit, enfants d'âge scolaire, habiletés langagières, contexte linguistique

## Abstract

A hallmark listening problem of individuals presenting with Auditory Processing Disorder (APD) is their poor speech recognition in noise. The underlying cause of their difficulties in unfavourable listening conditions is unknown. The objective of this dissertation was to explore the underlying nature of the speech perception problems in noise in the case of APD.

The *Test de Phrases dans le Bruit* (TPB) was developed to explore the underlying origins of the speech perception difficulties in noise in the case of APD, in order to identify if they are related to an auditory dysfunction, a language-based dysfunction or both. The TPB consists of five lists of 40 recorded sentences, including 20 highly predictable (HP) sentences and 20 low predictable (LP) sentences, and a speech babble. The familiarity of each sentence final key word was tested with a group of children from five to seven years old. The intelligibility in noise of the sentences and the degree of predictability were also measured with adult participants in order to obtain equivalent lists. The actual sentence list sets of the TPB have been tested with a group of 15 adults and a group of 69 children without any hearing problem before its use with children presenting with APD.

To achieve the general goal of the study, ten participants identified with APD (APD group) were assessed with the TPB, as well as ten age and gender matched children with normal auditory processing functions (control group). The mean performances of the APD group were significantly lower than the ones of the control group on the TPB sentence keyword recognition in noise at the signal-to-noise ratios of 0, +3 and +4 dB. The group average of the HP and LP difference of scores was similar between the groups at each of the tested signal-to-noise ratio. These results suggest that, as a group, children with APD use linguistic contextual information when listening to speech in background noise to the same extent as the ones of the control group.

According to these analyses, the underlying origin of the speech perception problems in noise in the case of APD would be related to an auditory dysfunction.

However, examination of the group data analyses differed from the individual analyses. The verification of the individual patterns revealed different profiles suggesting that further substantiation of these preliminary findings is warranted. A better understanding of the listening difficulties in noise exhibited by individuals with APD should lead to specific and efficacious intervention programs.

**Keywords:** speech in noise tests, school age children, language-based competencies, linguistic context

## Table des matières

Résumé.....	iii
Abstract.....	v
Table des matières.....	vii
Liste des tableaux.....	xii
Liste des figures.....	xiv
Listes des sigles, acronymes et abréviations.....	xx
Remerciements.....	xxii
Introduction.....	1
1.1 Cadre théorique de la perception auditive de la parole.....	4
1.2 Le trouble de traitement auditif.....	6
1.3 Organisation de la thèse.....	7
Chapitre 1.....	10
Article 1 – Auditory Processing and Auditory Speech Perception Problems in Noise: Finding the Underlying Origin.....	11
Abstract.....	12
Introduction.....	13
Auditory Processing Disorder (APD).....	14
Assessment of Auditory Speech Perception in Noise.....	14
Delineating the Underlying Origin of the Auditory Speech Perception Problems in Noise in the Case of APD.....	19
Hypothetical Psychometric Functions.....	21
Auditory processes dysfunction.....	21
Language-based processes dysfunction.....	23
Dysfunction of auditory and language-based processes.....	24
Conclusion.....	24
References.....	28
Table Caption.....	36



Figure Captions.....	40
Chapitre 2.....	43
2.1 Article 2 – Development of the Test de Phrases dans le Bruit (TPB)....	45
Abstract.....	46
Introduction.....	47
The Development of the TPB.....	49
Development of the Speech Material.....	49
Experiment 1 - Measurement of the Key Words Intelligibility in Noise.....	53
Participants.....	53
Procedure.....	53
Results.....	54
Experiment 2 – Evaluation of the Key Words Predictability.....	55
Participants.....	55
Procedure.....	55
Results.....	56
Experiment 3 – Verification of the Performance on the TPB at Various SNRs.....	57
Participants.....	57
Procedure.....	58
Results.....	59
Discussion.....	61
Conclusion.....	64
References.....	67
Table Caption.....	70
Figure Captions.....	72
2.2 Mesure exploratoire de l'équivalence des listes du TPB.....	79
2.2.1 Participants et procédure.....	80
2.2.2 Résultats.....	80

2.2.3 Synthèse.....	82
2.3 Résultats obtenus auprès d'un groupe d'enfants soumis au TPB.....	83
2.3.1 Participants .....	84
2.3.2 Équipement et stimuli expérimentaux.....	85
2.3.3 Mesures expérimentales.....	86
2.3.3.1 Effet de développement.....	86
2.3.3.1.1 Résultats.....	87
2.3.3.2 Performances en fonction du rapport signal-sur-bruit.....	90
2.3.3.2.1 Résultats.....	90
2.3.4 Synthèse.....	93
2.4 Article 3 – Exploring the Underlying Nature of the Speech Perception Difficulties in Noise among Children with Auditory Processing Disorder.....	94
Abstract.....	95
Introduction.....	97
Speech Perception in Noise Tests.....	97
The SPIN Test.....	97
The TPB.....	99
Method.....	100
Participants.....	100
Stimuli and Apparatus.....	101
Design and Procedure.....	102
Hearing screening .....	102
APD tests.....	102
Experimental testing.....	103
Results.....	104
Hearing Testing and APD Testing.....	104
Auditory Speech Perception in Silence.....	104
Auditory Speech Perception in Presence of Babble Noise.....	105

Use of Linguistic Contextual Information.....	106
Individual Patterns.....	108
Discussion.....	109
Conclusions.....	111
References.....	114
Table Captions.....	119
Figure Captions.....	122
Chapitre 3.....	127
Discussion.....	128
3.1 Limites du programme de recherche.....	137
3.2 Avenues de recherche.....	139
Conclusion.....	143
Bibliographie.....	146
Annexe A – Lettres d’information et formulaires de consentement.....	I
Mesure de la familiarité des mots.....	II
Mesure de l’intelligibilité des mots dans le bruit et mesure du degré de prévisibilité des phrases.....	VII
Mesure des performances en fonction du rapport signal-sur-bruit (adultes).....	XI
Mesure des performances en fonction du rapport signal-sur-bruit (enfants).....	XV
Article 3 – Enfants ayant un TTA – formulaire approuvé par le comité d’éthique du CEPEO et du Centre de recherche du CHU Sainte-Justine....	XIX
Article 3 – Enfants ayant un TTA – formulaire approuvé par le comité d’éthique de l’Université d’Ottawa.....	XXIV
Article 3 – Enfants sans TTA – formulaire approuvé par le comité d’éthique du CEPEO et du Centre de recherche du CHU Sainte-Justine....	XXIX
Article 3 – Enfants sans TTA – formulaire approuvé par le comité d’éthique de l’Université d’Ottawa.....	XXXIII
Annexe B – Listes du Test de Phrases dans le Bruit .....	XXXVIII
Annexe C – Questionnaires.....	XLII

Version pour enfants.....	XLIII
Version pour adultes.....	XLIV
Annexe D – Lettres aux parents.....	XLV
Version – Résultats anormaux au test de dépistage.....	XLVI
Version – Résultats normaux au test de dépistage.....	XLVIII

## Liste des tableaux

### Chapitre 1

#### Article 1. Auditory Processing Disorder and Auditory Speech Perception in Noise: Finding the Underlying Origin

<u>Table 1.</u>	Overview of available speech in noise tests.....	37
-----------------	--	----

### Chapitre 2

#### Section 2.1. Article 2. Development of the Test de Phrases dans le Bruit (TPB)

<u>Table 1.</u>	Samples of the actual version of the TPB sentence lists. The type of sentences is indicated in parentheses at the end of each item, i.e., HP for the high predictable sentences and LP for the low predictable sentences. Each key word appears once in HP and once in a LP sentence, but only once in a given list, for example, the word <i>camp</i> appears in the list 1 in the HP context (bold) and in the list 2 in the LP context.....	71
-----------------	--	----

#### Section 2.2. Vérification de l'équivalence des listes du TPB auprès d'un groupe d'adultes

<u>Tableau 1.</u>	Valeur du pourcentage moyen (et écart-type) de reconnaissance du mot clé obtenu pour les phrases hautement prévisibles (HP) et les phrases faiblement prévisibles (FP) pour les cinq listes de phrases du TPB au rapport signal-sur-bruit de 0 dB. Le nombre de participants ayant été exposés à cette condition d'écoute pour chaque liste apparaît entre parenthèses.....	81
-------------------	---	----

**Section 2.4. Article 3. Exploring the Underlying Nature of the Speech Perception in Noise Difficulties among Children with Auditory Processing Disorder**

- Table 1. Results obtained by the APD group (top section of the table) and the control group (bottom section of the table) at the SSW and the SSI-ICM tests. *Failed* indicates that the score was below two standard deviations (SD) from the published mean average norms. *Normal* signifies that the score is within two standard deviations from the published mean average norms. The symbol \* indicates that the data were taken from the clinical file .....120
- Table 2. Average difference scores between HP and LP sentences obtained at each signal-to-noise ratio for the APD group and the control group. Standard deviation values are in parentheses.....121

## Liste des figures

### Introduction

<u>Figure 1.</u> Schéma du cadre conceptuel illustrant les deux niveaux de traitement sous-jacents à la perception auditive de la parole.....	5
---	---

### Chapitre 1

#### **Article 1. Auditory Processing Disorder and Speech Perception Problems in noise: Finding the underlying Origin**

<u>Figure 1.</u> Hypothetical psychometric functions from individuals with normal hearing are shown in panel A, and hypothetical psychometric functions from individuals with auditory processing disorder (APD) are shown in panel B. The hypothetical functions represented with a filled line illustrate the scores that could be obtained with high predictable (HP) sentences at different signal-to-noise ratio (SNR) (in dB). The hypothetical functions represented with a broken line illustrate the scores that could be obtained with the low predictable (LP) sentences. These hypothetical functions are created with the assumption that the underlying cause of APD is an auditory dysfunction. As shown by the X symbol on the broken line of panel A, the psychometric function for LP sentences reaches 50% correct score at a SNR of -1 dB for the hypothetical group of participants with normal hearing. The hypothetical group of participants with APD achieve a 50% correct word recognition score at SNR of +2 dB for the LP sentences as illustrated by the X symbol on the broken line of panel B. For the HP sentences, the psychometric function shows a performance of 50% at SNR of -3 dB for the hypothetical group of listeners with normal hearing (see X symbol on the filled line, panel A). The hypothetical group of individuals with APD reach this level of performance at SNR of 0 dB (see X symbol on the filled line, panel B).....	41
--	----

Figure 2. Difference scores obtained on high predictable (HP) and low predictable (LP) sentences are plotted as a function of signal-to-noise ratio (SNR). The functions represent the data from two hypothetical groups: individuals with normal hearing functions (full line) and individuals with APD (broken lines). Panels A and B illustrate that the speech perception problems in noise would be of auditory origins. Panel C illustrates hypothetical results that would be obtained if the speech perception problems in noise experienced by the individuals with APD would be of language-based origins. Panel D illustrates that the speech perception problems in noise would be from a mix of auditory and language-based dysfunctions.....42

**Chapitre 2**

**Section 2.1. Article 2. Development of the *Test de Phrases dans le Bruit* (TPB)**

Figure 1. Percentage of correct key word recognition score obtained by 10 adults for seven lists of sentences at a signal-to-noise ratio of 0 dB (Experiment 1). For each list, the dark grey bar represents the mean average percentage obtained for 20 high predictable sentences and the grey bar represents the mean average percentage obtained for the low predictable sentences.....74

Figure 2. Percentage of correct key word recognition score obtained by 14 adults for seven lists of sentences at a signal-to-noise ratio of -2 dB (Experiment 2). For each list, the dark grey bar represents the mean average percentage obtained for 20 high predictable sentences and the grey bar represents the mean average percentage obtained for 20 low predictable sentences.....75

Figure 3. Percentage of correct key word recognition score obtained by 15 adults at various signal-to-noise ratios with the TPB sentence lists (Experiment 3). The filled line with the square symbol illustrates performance with high predictable sentences and the broken line with the diamond symbol illustrates performance with low predictable sentences at each SNR.....76



Figure 4. Percentage of the correct key word recognition scores illustrated in Figure 3 was transformed in z-scores. The z-scores as a function of the signal-to-noise ratio for high predictable (HP) (square symbol) and low predictable (LP) (diamond symbol) sentences are illustrated in the left panel. The regression linear function derived from the z-scores is also illustrated with a filled line for HP sentences and the broken line for LP sentences. The z-scores from the linear regression function have been converted into percentages to produce an intelligibility ogive plot. The ogive function is shown in the right panel with a filled line for HP sentences and a broken line for LP sentences.....77

Figure 5. The filled line with the triangle symbols illustrates the difference of scores between high predictable and low predictable sentences (in percent) as a function of signal-to-noise ratio. These results were obtained from 15 adults with the TPB lists (Experiment 3).....78

### **Section 2.3. Résultats obtenus auprès d'un groupe d'enfants soumis au TPB**

Figure 1. Pourcentage de reconnaissance moyen (et écart-type) du mot clé des phrases faiblement prévisibles obtenu auprès d'un groupe de dix enfants de 9 et 10 ans (illustré en gris) et d'un groupe de onze enfants de 11 et 12 ans (illustré en noir) aux rapports signal-sur-bruit de -2, 0 et +2 dB.....88

Figure 2. Pourcentage de reconnaissance moyen (et écart-type) du mot clé des phrases hautement prévisibles obtenu auprès d'un groupe de dix enfants de 9 et 10 ans (illustré en gris) et d'un groupe de onze enfants de 11 et 12 ans (illustré en noir) aux rapports signal-sur-bruit de -2, 0 et +2 dB.....88

Figure 3. Pourcentage moyen (et écart-type) de reconnaissance du mot clé des phrases faiblement prévisibles (en gris) et hautement prévisibles (en noir) en fonction du rapport signal-sur-bruit (dB). Ces résultats ont été obtenus auprès de 69 enfants ayant une acuité auditive normale, âgés entre 9 ans 2 mois et 12 ans 5 mois.....91

- Figure 4. Le score  $z$  obtenu à partir du pourcentage de reconnaissance moyen du mot clé des phrases faiblement prévisibles (FP) est représenté par un triangle et les phrases hautement prévisibles (HP) par un carré. La fonction linéaire de la performance de reconnaissance du mot clé en fonction du rapport signal-sur-bruit pour les phrases HP est illustrée par une ligne pleine et celle pour les phrases FP, par une ligne brisée.....92
- Figure 5. Fonction psychométrique de la performance de reconnaissance du mot clé pour les phrases HP (ligne noire) et les phrases FP (ligne grise) en fonction du rapport signal-sur-bruit. Cette fonction a été obtenue en transformant les données (apparaissant à la Figure 4) en pourcentage. Le symbole ‘X’ représente la performance de 50% à la reconnaissance du mot clé.....93

#### **Section 2.4. Article 3. Exploring the Underlying Nature of the Speech Perception Difficulties in Noise among Children with Auditory Processing Disorder**

- Figure 1. Average keyword recognition scores (in percentage) for high predictable (HP) sentences are illustrated with black square symbols for the control group and grey square symbols for the APD group. Average keyword recognition scores for low predictable (LP) sentences are illustrated with black circle symbols for the control group and grey circle symbols for the APD group. Error bars indicate one standard deviation.....123
- Figure 2. The  $z$ -transformed group average scores at each tested signal-to-noise ratio (SNR) for high predictable sentences (HP) are illustrated with a black square symbol, and a grey circle symbol for low predictable (LP) sentences, in the left panel for the APD group and in the right panel for the control group. For each group, the linear regression function computed for HP sentences is illustrated with a black line. The linear regression function calculated for LP sentences is illustrated with a grey line. The  $r^2$  variance value is indicated in black for HP sentences and in grey for LP sentences.....124

Figure 3. Benefit from context is illustrated with a grey column for the APD group and with a black column for the control group. Benefit for each group is the average of the difference calculated at the signal-to-noise ratio (SNR) at which the score of 50% was observed for the low predictable sentences minus the corresponding SNR threshold for the high predictable sentences (from data presented in Figure 2). Standard deviations are shown .....125

Figure 4. Each participant's  $z$  score for low predictable sentences is illustrated with a full square symbol, an open circle for high predictable sentences and a black triangle for the difference score. The top panel corresponds to performances obtained at a signal-to-noise ratio (SNR) of -3 dB, the second one at a SNR of 0 dB, the third one at a SNR of +3 dB and the bottom panel, at a SNR of +4 dB. The cut-off score is calculated as a  $z$  score of 2.....126

### Chapitre 3

#### Discussion

Figure 1. La ligne pointillée représente la valeur de la différence des scores (DS) à chaque rapport signal-sur-bruit (s/b) (en dB) pour le participant APD1 et la ligne pleine illustre la valeur moyenne du groupe témoin. La valeur de la DS maximale du participant APD1 est plus faible que celle obtenue auprès du groupe du témoin, mais elle est observée au même rapport s/b.....131

Figure 2. La ligne pointillée représente la valeur de la différence des scores (DS) à chaque rapport signal-sur-bruit (s/b) (en dB) pour le participant APD3 et la ligne pleine illustre la valeur moyenne du groupe témoin. La valeur de la DS maximale du participant APD3 est plus faible que celle obtenue auprès du groupe du témoin et elle est observée à un rapport s/b plus élevé.....131

- Figure 3. La ligne pointillée représente la valeur de la différence des scores (DS) à chaque rapport signal-sur-bruit (s/b) (en dB) pour le participant APD7 et la ligne pleine illustre la valeur moyenne du groupe témoin. La valeur de la DS du participant APD7 est plus faible que celle obtenue auprès du groupe du témoin à tous les rapports s/b.....133
- Figure 4. La ligne pointillée représente la valeur de la différence des scores (DS) à chaque rapport signal-sur-bruit (s/b) (en dB) pour le participant APD9 et la ligne pleine illustre la valeur moyenne du groupe témoin. La valeur de la DS maximale du participant APD9 est plus grande que celle obtenue auprès du groupe du témoin et elle est observée à un rapport s/b plus élevé.....135
- Figure 5. La ligne pointillée représente la valeur de la différence des scores (DS) à chaque rapport signal-sur-bruit (s/b) (en dB) pour le participant APD10 et la ligne pleine illustre la valeur moyenne du groupe témoin. La valeur de la DS maximale du participant APD10 est plus grande que celle obtenue auprès du groupe du témoin et elle est observée à un rapport s/b plus élevé.....135

## Liste des sigles, acronymes et abréviations

APD – *Auditory Processing Disorder*

ASHA – *American Speech-Language-Hearing Association*

DS – différence des scores (texte français) ou *difference scores* (texte anglais)

TPB – Test de Phrases dans le Bruit

FP- faiblement prévisible

HP – hautement prévisible (ou *high predictable*)

LP – *low predictable*

OOAQ – Ordre des orthophonistes et audiologistes du Québec

S/B – signal-sur-bruit

SNR – *signal-to-noise ratio*

SPIN – *Speech Perception In Noise*

TTA – trouble de traitement auditif

*À Aimée, Félix, Claude et mes parents*

## Remerciements

Tout d'abord, je tiens à remercier mes deux directeurs de recherche, qui chacun à sa manière, m'ont aidée à mener ce projet à bien. Merci à Benoît Jutras qui a bien voulu prendre la responsabilité générale de mes études de doctorat, qui a lu et commenté les multiples versions des différentes sections de cette thèse avec beaucoup d'attention. Je le remercie d'avoir cru en moi (peut-être même plus que moi-même à certains moments) et de m'avoir encouragée tout au long de cette aventure. Merci à Jean-Pierre Gagné, qui m'a soutenue et guidée durant ce travail. Ses lectures perspicaces et ses critiques constructives m'ont beaucoup aidée. Tous les deux, ont su trouver la dose adéquate de conseils et de supervision dont j'avais besoin et démontrer une disponibilité franchement hors du commun. Je leur en suis très reconnaissante.

Mes plus sincères remerciements aux enfants, aux familles, aux étudiants, aux amis, aux collègues, aux audiologistes de même qu'aux enseignants et enseignantes qui ont consenti à participer, d'une façon ou d'une autre, à mes projets de recherche. Merci aussi aux étudiantes qui ont collaboré avec moi à la mise en œuvre des différentes expérimentations de ce projet de recherche et qui m'ont aussi mise à jour, tant au plan technologique qu'au plan social et culturel.

Je veux aussi exprimer ma reconnaissance au Centre de recherche du CHU Sainte-Justine, à l'Université de Montréal, aux Fonds québécois de la recherche sur la nature et les technologies et à l'Assemblée du Révérend Xavier-Daigle pour leur support financier. Ma reconnaissance va également au Conseil des Écoles Publiques de l'Est Ontarien, l'Université d'Ottawa, à l'Université de Montréal, au service d'audiologie du CHU Sainte-Justine et à l'Université du Québec à Trois Rivières pour leur appui au plan matériel (prêt d'équipement, utilisation de locaux).

Je désire remercier mes parents, les membres de ma famille et mes amis qui m'ont encouragée tout au long de ce projet.

Merci à Aimée et Félix, mes enfants, qui ont si bien su s'adapter à cette vie estudiantine dans laquelle je les ai placés pendant ces cinq dernières années. L'amour et la joie qu'ils m'offrent à tous les jours m'ont permis de passer à travers toutes les étapes du doctorat, des plus malheureuses aux plus heureuses.

Enfin, je remercie tout particulièrement Claude, mon conjoint, pour son aide, son soutien et ses encouragements tout au long de ce périple.



# **Introduction**

À l'exception de certaines zones rurales privilégiées, le bruit environnemental est devenu un problème de société. Par exemple, en 1980, 15% de la population européenne était exposée à un niveau de bruit supérieur à 65 dB(A) et en 1995, on en comptait 26% (OMS, 1995). L'augmentation incessante de sources sonores induites par les activités industrielles et de loisirs laisse croire que la proportion de personnes exposées au bruit ne diminuera pas.

Le bruit environnemental est défini comme celui émis par toutes les sources à l'exception du bruit retrouvé sur le lieu de travail (OMS, 1999). Les sources principales de bruit de l'environnement incluent celui du voisinage, celui émis par le trafic aérien, routier et ferroviaire, de même que le bruit généré par la construction industrielle et les travaux publics (OMS, 2001). L'effet le plus important de l'exposition au bruit de l'environnement est la gêne qu'il entraîne (Picollo, Plutino, et Cannistraro, 2005). Les résultats d'un premier sondage canadien portant sur la gêne occasionnée par le bruit de l'environnement auprès de la population révélèrent que 8% des personnes âgées de 15 ans et plus étaient très dérangées ou extrêmement dérangées par le bruit environnemental (Michaud, Keith et McMurchy, 2005). Cette donnée représente plus de deux millions de personnes, en se référant aux statistiques de 2006 révélant que la population canadienne comptait 31 612 897 d'habitants et que plus de 80% de la population étaient âgés de 15 ans et plus (Statistiques Canada, 2008).

En plus de la gêne qu'il peut causer, le bruit a un impact négatif sur la santé (Babisch, 2005; Lercher, 1996; OMS, 1999; 2001). La santé est un état de bien être physique, mental et social et non seulement une absence de maladie ou de déficit (OMS, 2001). Le bruit environnemental apparaît comme un facteur de risque de la santé puisqu'il agit de la même façon sur l'être humain que tout autre agent causant un stress à l'organisme (Chepesiuk, 2005; Ising et Kruppa, 2004). En fait, les résultats d'une étude de Willich, Wegscheider, Stallman et Keil (2006), effectuée auprès de 4115 personnes hospitalisées à la suite d'un infarctus du myocarde, montrent qu'il y a un risque accru de cette condition en fonction du niveau de bruit environnemental.

Le bruit apporte aussi son lot de conséquences sur les apprentissages (Shield et Dockrell, 2002; 2003). Par exemple, on dénombre plus d'enfants présentant des difficultés d'apprentissage dans les écoles situées en zones bruyantes que dans celles de quartiers plus silencieux (Shield et Dockrell, 2003). Cette observation est notée même en tenant compte des facteurs comme le statut socio-économique des familles, les sources de stimulation au plan du langage et des habiletés sociales (Shield et Dockrell, 2003).

Le bruit a aussi un impact négatif sur la communication. Par exemple, il est bien connu que la reconnaissance de la parole est plus difficile en présence de bruit de fond qu'en condition silencieuse. Le traitement auditif, cognitif et linguistique requis pour la perception de la parole en présence de bruit exigerait un effort d'écoute supplémentaire comparativement à ce qui est nécessaire lors de conditions acoustiques favorables (Pichora-Fuller, Schneider et Daneman, 1995). Grâce à cet effort d'écoute et des habiletés normales au plan du traitement cognitivo-linguistique et auditif de l'information, l'auditeur arrive à percevoir la parole malgré l'effet masquant du bruit (Cole et Jakimik, 1980).

Or, en présence de conditions sonores bruyantes, certains auditeurs présentent plus de difficultés à percevoir la parole que d'autres. Par exemple, les enfants obtiennent généralement de moins bonnes performances que les adultes à diverses tâches de reconnaissance de la parole en présence de bruit (Elliott et coll., 1979; Fallon, Trehub, et Schneider, 2000; Johnson, 2000; Mills, 1975; Nittrouer et Boothroyd, 1990; Picard et Bradley, 2001). Pour expliquer ce phénomène, on invoque les conditions inhérentes au développement, soit les compétences cognitivo-linguistiques limitées (Elliott et coll., 1979; Nittrouer et Boothroyd, 1990) et l'immaturation du système auditif (Fallon et coll., 2000).

Par ailleurs, les enfants présentant un trouble de traitement auditif (TTA) ont plus de difficultés à percevoir la parole dans le bruit que les enfants du même âge ne présentant pas de TTA (ASHA, 2005; Bamiau, Musiek, et Luxon, 2001; Bellis, 2003;

Chermak, 2002; Chermak, Hall, et Musiek, 1999; Cowan, Rosen, et Moore, 2009; Keith, 1999; Musiek et Geurkink, 1980; Vanniasegaram, Cohen et Rosen, 2004). Par contre, la nature de ces difficultés demeure un point sur lequel il n'y a pas de consensus. Cette thèse se veut donc une exploration de la nature des incapacités à l'origine des difficultés de perception de la parole dans le bruit dans le cas de TTA.

### **1.1 Cadre théorique de la perception auditive de la parole**

Afin de mieux comprendre ce qui expliquerait les difficultés de perception de la parole dans le bruit dans le cas de TTA, nous proposons d'examiner dans un premier temps les différents processus sous-jacents à la perception auditive de la parole. En fait, il existe plusieurs modèles théoriques pour expliquer le processus de perception de la parole (Broadbent, 1958; Geschwind, 1970; Liberman 1982; Luria, 1966; Marslen-Wilson, 1990; Massaro, 1975; McClelland et Elman, 1986; Miller, 1987; Stevens et Halle, 1967). Pour les fins de cette étude, nous proposons un cadre conceptuel simple qui comprend les éléments essentiels sur lesquels la majorité des auteurs s'entendent.

La plupart des modèles théoriques incluent minimalement deux types de traitement généraux sous-jacents au processus de perception auditive de la parole, soit le traitement auditif (ou acoustique) et le traitement cognitivo-linguistique (Frauenfelder et Nguyen, 2003; Stridfelt, 2005) (voir Figure 1).

Le traitement auditif comprend deux étapes, soit la réception du signal sonore au niveau des structures périphériques du système auditif et l'encodage de l'information des stimuli acoustiques (fréquence, durée, intensité) en impulsions nerveuses (petite case du schéma de la Figure 1). Ces impulsions nerveuses poursuivent ensuite leur trajet aux différentes structures du système auditif central (grande case au bas du schéma); ce qui constitue la seconde étape du traitement auditif. Les différents relais entre les noyaux cochléaires et le cortex auditif primaire du système auditif central contribueraient à l'émergence de schémas à partir desquels la représentation mentale du message serait élaborée par les aires du langage en aval du cortex auditif

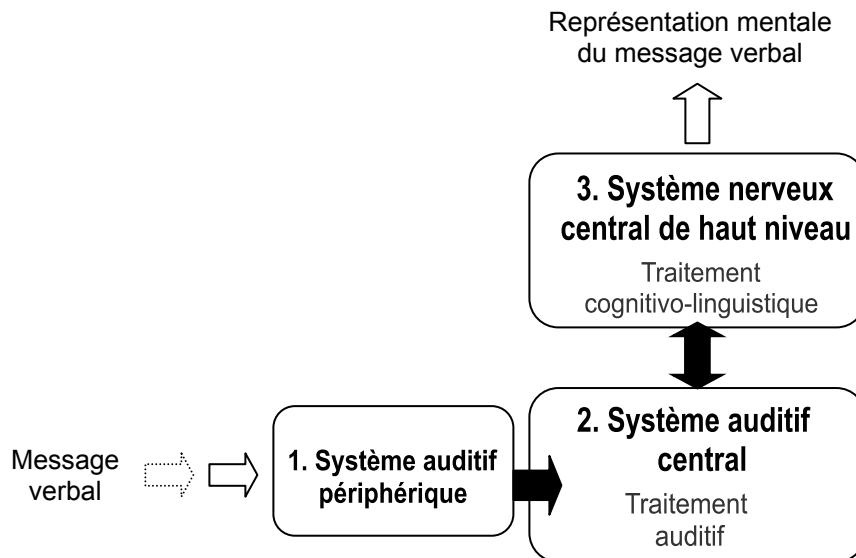


Figure 1. Schéma du cadre conceptuel illustrant les deux niveaux de traitement sous-jacents à la perception auditive de la parole.

(Samson et coll., 2001). Chaque relais du système auditif central présente une modalité de décodage spécifique (Uziel, 1983), contribuant à la redondance intrinsèque de l'intégration de l'information.

À l'étape du traitement cognitivo-linguistique (case supérieure du schéma), les impulsions décodées seraient converties en représentations mentales du signal. Cette conversion se produirait suite l'échange d'informations entre les aires classiques du langage et les différentes régions responsables des fonctions cognitives impliquées, telles que la mémoire et l'attention (Samson et coll., 2001).

Parmi les principales fonctions cognitives impliquées au cours du traitement cognitivo-linguistique de la parole, il y aurait les fonctions mnésiques et celles de l'attention (Takayanagi et coll., 2002; Trotter et McConnell, 1980). Par exemple, la mémoire à long terme serait responsable du lexique mental. En fait, il est généralement admis que tout individu possède un lexique mental où sont stockés et organisés les mots de la langue (Marslen-Wilson, 1990; McClelland et Elman, 1996; Stridfeldt, 2005). Une autre fonction mnésique qui contribuerait à la perception de la parole, serait celle

de la mémoire de travail. La mémoire de travail maintiendrait l'information nouvelle, le temps que les processus cognitivo-linguistiques et auditifs s'effectuent (Baddeley, 2003). Quant aux fonctions d'attention de l'auditeur, elles serviraient entre autres, à demeurer attentif à un message verbal cible énoncé parmi d'autres stimuli (Dubno, Ahlstrom, et Horwitz, 2000).

Une dysfonction à l'une ou l'autre de ces différentes étapes du processus peut entraîner un problème de perception de la parole. Les résultats de recherches antérieures ne permettent pas d'identifier sans équivoque les structures du système auditif central (ou les processus auditifs) qui seraient à l'origine des difficultés de perception de la parole dans le cas de TTA (Muchnik et coll., 2004), ni d'éliminer la possibilité d'une dysfonction cognitive ou linguistique.

## **1.2 Le trouble de traitement auditif**

Par définition, le TTA est relié à une dysfonction à l'une ou plusieurs structures du système auditif central qui n'implique pas une atteinte de la sensibilité auditive (ASHA, 2005; OOAQ, 2007). Les limitations qu'entraîne le TTA peuvent être observées au plan d'une ou plusieurs des fonctions du système auditif central, telles que la perception de signal dans le bruit, la latéralisation, la localisation, la discrimination auditive, l'identification de patrons auditifs et l'organisation séquentielle (ASHA, 2005; OOAQ, 2007). Les fonctions cognitives et langagières avec lesquelles interagissent les fonctions auditives sont exclues de la définition du TTA (ASHA, 2005; OOAQ, 2007).

Or, le concept du TTA n'est pas accepté par l'ensemble de la communauté scientifique (McFarland et Cacace, 1995; 1997). Pour certains, les faibles performances de reconnaissance de la parole dans le bruit chez plusieurs individus présentant un TTA sont attribuables à une dysfonction au plan du traitement auditif (Muchnik et coll., 2004; Sanches et Carvalho, 2006) alors que pour d'autres, elles pourraient être reliées à des incapacités cognitivo-linguistiques (Cacace et McFarland, 1998).

En ce qui a trait aux dysfonctions possibles au plan du traitement auditif pour expliquer les difficultés d'écoute de la parole dans le bruit dans le cas de TTA, l'hypothèse d'une dysfonction au niveau du faisceau olivo-cochléaire médian du système efférent cumule de plus en plus de preuves (Giraud et coll., 1997; Muchnik et coll., 2004; Sanches et Carvallo, 2006; Veuillet, Collet et Bazin, 1999; Zeng, Martino, Linthicum et Soli, 2000). Cependant, des incertitudes demeurent quant à l'origine des difficultés d'écoute dans le bruit dans le cas de TTA. Ces incertitudes seraient entre autres reliées au caractère hétérogène du trouble (ASHA, 2005; Bellis, 2003; Vanniasegaram et coll., 2004) de même qu'aux limites des outils d'évaluation disponibles. Jusqu'à maintenant, aucune épreuve clinique comportementale ne permet de cibler la nature des problèmes de perception de la parole dans le bruit chez les personnes soupçonnées d'un TTA. L'identification des incapacités à l'origine des difficultés de perception de la parole dans le bruit chez cette population s'effectue par un processus d'élimination et il arrive dans certains cas, qu'il ne soit pas possible d'en établir la nature exacte. Cette situation complique le processus d'intervention de réadaptation, puisqu'il est difficile d'en identifier les objectifs, les moyens et l'efficacité.

### **1.3 Organisation de la thèse**

Ce programme de recherche est consacré à l'étude des incapacités sous-jacentes aux problèmes de perception de la parole dans le bruit chez les enfants présentant un TTA. Le but est d'explorer l'origine de ces difficultés à savoir si elles sont reliées à une dysfonction auditive, à une dysfonction cognitivo-linguistique, ou à une combinaison des deux.

Ainsi, la thèse comprend trois chapitres. Le chapitre 1 est composé de l'article 1 intitulé «Auditory processing disorder and auditory speech perception problems in noise: Finding the underlying origin». Cet article présente une description du TTA de même qu'une approche qui permettrait de mesurer isolément l'apport du traitement auditif et une composante du traitement cognitivo-linguistique associée à la perception de parole dans le bruit, soit l'utilisation des indices contextuels et linguistiques. En fait,

le test *Speech Perception In Noise* (SPIN) (Kalikow, Stevens et Elliott, 1977) a été employé dans des études auprès de différentes populations présentant des difficultés de perception de la parole dans le bruit, dont des groupes de personnes âgées ayant une acuité auditive périphérique normale (Kalikow et coll., 1977; Pichora-Fuller, 2008; Pichora-Fuller et coll., 1995; Dubno et coll., 2000), d'adultes ayant une surdité périphérique (Bilger, Nuetzel, Rabinowitz, et Rzeczkowski, 1984; Schum et Matthews, 1992), de même qu'auprès d'adultes présentant des difficultés d'apprentissage (Elliott et Busse, 1987). Les résultats ont permis de cibler certaines pistes quant à la nature sous-jacente des difficultés d'écoute auprès de ces populations. Bien qu'il soit applicable à la problématique du TTA, le test SPIN semble ne jamais avoir été utilisé auprès de cette population. Un profil de résultats hypothétiques est présenté dans l'article 1. Il apparaît que l'utilisation du test SPIN, ou d'un outil de mesure similaire, permettrait de mieux comprendre les difficultés de perception de la parole dans le bruit chez les personnes ayant un TTA.

Aucun outil de mesure comparable au test SPIN n'existe en français. Comme la population à l'étude dans le cadre de cette thèse était francophone, une épreuve similaire a été développée: le *Test de Phrases dans le Bruit* (TPB). Le TPB est une adaptation franco-canadienne du test SPIN. L'épreuve comprend un bruit de verbiage français (Perrin et Grimault, 2005) et cinq listes de 40 phrases.

Le chapitre 2 de la thèse comprend quatre sections. La première section est composée de l'article 2 intitulé «Development of the *Test de Phrases dans le Bruit* (TPB)» qui décrit les différentes étapes du développement de l'outil. La seconde section porte sur la mesure exploratoire de l'équivalence des cinq listes de phrases du TPB réalisée auprès d'un groupe d'adultes (n=27) présentant une acuité auditive normale. La troisième section fait part des résultats obtenus au TPB auprès d'un échantillon d'enfants (n=69) âgés entre 9 et 12 ans et ayant une acuité auditive normale. Ces deux études ont été effectuées dans le but de s'assurer que le TPB puisse être utilisé auprès de populations d'adultes et d'enfants.



Enfin, la dernière section du chapitre 2 est composée de l'article 3, intitulé «Exploring the Underlying Nature of the Speech Perception Difficulties in Noise among Children with Auditory Processing Disorder». Cet article porte sur la comparaison des résultats obtenus au TPB auprès d'un groupe de dix enfants présentant un TTA et d'un groupe de dix enfants appariés selon l'âge et le sexe, mais ne présentant pas de TTA.

Le chapitre 3 présente une discussion générale des résultats obtenus dans le cadre de ce programme de recherche, de même que l'apport théorique et clinique. Par ailleurs, les limites du présent programme et les perspectives envisagées quant aux prochaines étapes sont également abordées. En conclusion de la thèse, nous rapportons les différents éléments qui se dégagent de nos travaux de recherche.

# Chapitre 1

## **Article 1**

Auditory Processing Disorder and Auditory Speech Perception Problems in Noise:  
Finding the Underlying Origin

Josée Lagacé<sup>a, b</sup>, Benoît Jutras<sup>a, b</sup>, & Jean-Pierre Gagné<sup>a, c</sup>

<sup>a</sup> University de Montréal

<sup>b</sup> Centre de recherche du CHU Sainte-Justine

<sup>c</sup> Centre de recherche de l'Institut universitaire de gériatrie de Montréal

Article soumis à l'American Journal of Audiology

**Abstract**

*Purpose:* A hallmark listening problem of individuals presenting with Auditory Processing Disorder (APD) is their poor speech recognition in noise. The underlying cause of their difficulties in unfavourable listening conditions is unknown. The objective of this paper was to theoretically demonstrate how it could be possible to determine whether the listening problems are related to an auditory dysfunction, a language-based dysfunction, or a combination of both.

*Method:* The SPIN test appears to be a promising tool to explore the underlying origin of the speech understanding problems among individuals with APD. Its measures provide some information about the language-based competencies of the listener, which is not possible with the other speech in noise tests. The SPIN test has not been applied to listeners with APD. Psychometric functions illustrating hypothetical results from individuals with APD at the SPIN test are presented to postulate about the origin of the speech perception in noise problems.

*Conclusion:* A better understanding of the listening difficulties in noise exhibited by individuals with APD should lead to specific and efficacious intervention programs.

## **Introduction**

Auditory speech perception involves, at least, two types of processes: 1) the auditory processing of the signal and, 2) the language-based processing of that information (Kalikow, Stevens, & Elliott, 1977). When the acoustic speech signal is degraded because of the masking effect of a background noise, speech perception is facilitated by the contextual information (Boothroyd & Nittrouer, 1988; Elliott, 1995; Kalikow & al., 1977). For example, words are more easily recognized under difficult listening conditions if they are presented in sentences rather than in isolation or carrier phrases (Boothroyd & Nittrouer, 1988). Therefore, good language-based processing competencies are essential to perceive speech in background noise (Elliott, 1979; Nittrouer & Boothroyd, 1990).

Auditory speech perception may be hampered if there is a dysfunction at any level of the auditory system. For example, listeners with a peripheral hearing loss obtain lower speech recognition scores in noise compared to normal hearing listeners (WGSUA, 1988; Dubno, Dirks, & Morgan, 1984). However, because of the highly intrinsic redundancy within the central auditory nervous system, a simple sorting out of causation is complicated in the case of auditory processing disorder (APD) (ASHA, 2005). Besides, the speech perception problems may not be observed in all listening conditions. For example, individuals with APD usually do not exhibit speech understanding problems when the speech signal is presented in quiet conditions (Bellis, 2003). Nevertheless, these individuals are known to have difficulty understanding speech in noise (ASHA, 2005; Bamiou, Musiek, & Luxon, 2001; Bellis, 2003; Chermak, 2002; Chermak, Hall, & Musiek, 1999; Keith, 1999; Musiek & Geurkink, 1980; Vanniasegaram, Cohen, & Rosen, 2004).

At the present time, the results of available studies have not specifically and unequivocally identified the underlying causes of the reported speech perception problems in noise in individuals with APD (Muchnik, Roth, Othman-Jebara, Putter-Katz, Shabtai, & Hildesheimer, 2004). The present article addresses the relative

contributions of the acoustical and linguistic information of the speech signal for individuals with APD when listening to speech in background noise.

### **Auditory Processing Disorder (APD)**

The American Speech-Language-Hearing Association (ASHA) defines auditory processing disorder (APD) as a deficit in the neural processing of auditory stimuli that is not due to higher order processes such as language, cognitive, or related dysfunctions (ASHA, 2005). APD refers to difficulties in the perceptual processing of auditory information at the level of the central auditory nervous system (ASHA, 2005). These difficulties are demonstrated by poor performance in one or more of the following skills: sound localization and lateralization, auditory discrimination, auditory pattern recognition, and temporal aspects of audition that include temporal integration, temporal discrimination, temporal ordering and temporal masking, as well as auditory performance with degraded acoustic signals (ASHA, 2005). This definition is criticized because it is based on test measurements instead of a conceptual model (McFarlane & Cacace, 2006). Moreover, there is no glossary of terms to define the auditory abilities described in the definition, which can lead to some confusion (Jutras & al., 2007b).

The identification of APD is achieved with the use of global behavioural tests which, most of the time, were developed without appropriate controlled conditions and manipulated variables (Cacace & McFarland, 1998; 2005). Hence, some individuals may perform poorly on tests of auditory processing not because they have auditory-specific perceptual problems but because the tests are sensitive to other processing demands such as linguistic skills for example (Cacace & McFarland, 2005; Rees, 1973; 1981; Wilson, Heine & Harvey, 2004).

#### *Assessment of Auditory Speech Perception in Noise*

The most frequently reported characteristic symptom of individuals with APD is their speech perception problems in degraded listening conditions (ASHA, 2005; Bamiau & al., 2001; Bellis, 2003; Chermak, 2002; Chermak & al., 1999; Keith, 1999; Musiek & Geurkink, 1980; Vanniasegaram & al. 2004). However, most of the available

speech in noise tests being used in APD batteries were primarily developed to investigate the effects of peripheral hearing loss or acquired cerebral lesions among adults (Bellis, 2003; Elliott, 1995). The following three speech in noise tests have been standardized for use with children and adults suspected of APD (Krishnamurti, 2007): 1) the Auditory Figure Ground (AFG) subtest of the SCAN batteries (Keith, 2000) for adults and children, 2) the Synthetic Sentence Identification with Ipsilateral Competing Message (SSI-ICM) test (Jerger & Jerger, 1974; 1975), and 3) the Pediatric Speech Intelligibility Test with Ipsilateral Competing Message (PSI-ICM) (Jerger & Jerger, 1984).

The AFG subtest of the child version of the SCAN battery (Keith, 2000) evaluates the ability to recognize monosyllabic words in the presence of a multitalker speech babble. Twenty words are presented to each ear with a signal-to-noise ratio (SNR) of 0 dB. The listener has to repeat each word that is heard. Normative data for the AFG were developed with 1 035 children in schools (Keith, 1986). The AFG has been employed in studies conducted among different populations such as children with attention problems (Keith & Engineer, 1991), children with a history of otitis media (Chermak, Styer, & Seikel, 1995) as well as with children suspected of APD (Dietrich, Succop, Berger, & Keith, 1992; Emerson, Crandall, Seikel, & Chermak, 1997). But, according to some, the results obtained on each subtest of the SCAN battery should be viewed as a tool to determine if further evaluation is needed and not as a stand alone diagnostic test of central auditory function (Bellis, 2003; Schow & Seikel, 2007).

The SSI-ICM test (Jerger & Jerger, 1974; 1975) consists of presenting sentences that are altered from the standard rules of grammar and syntax, called *third order sentences*, along with an ipsilateral continuous discourse. Third order sentences contain words presented in the context of a sentence as they use normal English phonemes and syntax, but the sentences do not convey a particular message (Lucks Mendel & Danhauer, 1997). This design of sentences allows for the perception of individual words without the influence of the meaning or context (Lucks Mendel & Danhauer, 1997). A response template containing the ten sentences of the SSI test identified by a number is

provided to the listener. The listener has to report the number of the sentence that is heard instead of repeating it. This type of response format reduces the potential influence of memory and language on the test (Krishnamurti, 2007). However, this task requires some reading skills to allow the listener to identify the sentence on the response template (Willeford & Burleigh, 1994). The SSI-ICM test has been shown to be useful in the identification of lesions of the low brainstem (Jerger & Jerger, 1974; 1975). It has been employed in studies conducted with different populations such as children, adults and elderly groups presenting speech perception problems in noise (Gates, Feeney, & Mills, 2008; Jutras, Lagacé, Lavigne, Boissonneault, & Lavoie, 2007a; Kramer, Green, & Guitar, 1987; Lopez, Martin, & Thibodeau, 1997). The SSI-ICM test has also been employed in studies conducted with hearing aid users (Hayes, Jerger, Taff, & Barber, 1983), as well as groups of individuals with dementia problems (Gates, Anderson, Feeney, McCurry, & Larson, 2008).

The PSI test (Jerger & Jerger, 1984) is an adaptation of the SSI test that was developed for children of three to six years old. For this test, the child is asked to point the picture of what is heard. It is possible to develop psychometric functions of performance versus SNR with the PSI test based on the child's response to words (20 simple nouns) as well as sentences (10 simple sentences) (Krishnamurti, 2007). The PSI test can be administered with the competing message in the ipsilateral (PSI-ICM) or the contralateral ear (PSI-CCM). Jerger, Johnson and Loisel (1988) reported that children with suspected APD (n= 7) obtained similar results pattern on the PSI test to those children with confirmed temporal lesions (n= 5), i.e., abnormal results on the PSI-CCM, but normal results on the PSI-ICM.

Two recent additions of speech in noise tests are the *Hearing In Noise Test* (HINT) (Nilsson, Soli, & Sullivan, 1994) and the *Listening In Spatialized Noise* (LISN) test (Cameron & Dillon, 2005). Although not clinically used with individuals suspected of APD, the HINT has been developed to assess the effects of any type of hearing impairment on speech perception in noise (Nilsson & al., 1994). Since its development, the HINT has been used in many studies, for example to measure the benefit of



amplification (Pumford, Seewald, Scollie, & Jenstad, 2000; Ricketts & Henry, 2002) and cochlear implant (Dorman, Loizou, Spahr & Maloff, 2002; Eisenberg, Kirk, Martinez, Ying & Miyamoto, 2004; Nordrum, Erler, Garstecki, & Dhar, 2006) and to measure the functional speech perception in noise ability required for jobs where hearing abilities are critical (Laroche, Soli, Giguère, Lagacé, Vaillancourt & Fortin, 2003). The HINT is composed of 12 lists of 20 phonetically balanced sentences and the degree of difficulty between the lists is equivalent (Nilsson & al., 1994). The sentence lists are used to determine a reception threshold for sentences in quiet and in a background of a spectrally matched speech noise (Duncan & Aarts, 2006). The listener is asked to repeat each sentence that is heard and some variations are allowed for the scoring (Duncan & Aarts, 2006). Carrière (2006) looked at the possibility of using the French adaptation of the HINT (children version) with children presenting with APD or Attention Deficit Disorder (ADD) symptoms. Six children participated in her study and each child presented a different profile of ADD or APD. Five out of the six participants obtained scores outside the range of normal performance for their age group on the HINT test. It was concluded that follow-up studies with larger and more homogenous samples of participants would help in better evaluate the usefulness of the HINT with these populations. Such studies would be useful as the HINT provides accurate predictions of real life performance on auditory speech perception in noise skills (Laroche & al., 2003).

The purpose of the LISN test is to differentially evaluate spatial and aural figure-ground discrimination skills (Cameron, Dillon, & Newall, 2006a), which are believed to be essential underlying functions for speech perception in noise (Richardson, 1977). Spatial figure-ground discrimination refers to a listener's ability to extract a primary message presented along with other non pertinent messages based on spatial cues such as the interaural timing and intensity differences of the sounds arriving in each of the two ears (Richardson, 1977). On the other hand, aural figure-ground discrimination refers to the ability of selecting a primary message on the basis of the sound dimensions such as the loudness, pitch and timing (Richardson, 1977). The LISN test produces a

virtual three-dimensional auditory environment under earphones (Cameron & al., 2006a). In a three-alternative, forced choice adaptive procedure, the listener is asked to indicate whether the story that is presented simultaneously with a background discourse is easy to understand, just understandable, or too hard to understand, by pointing to the appropriate picture on a response card (Cameron & al., 2006a). Once the listening threshold is found, the listener is required to provide some details about the story. Various measures assess the extent to which either spatial, vocal, or spatial and vocal cues combined increase a listener's ability to comprehend a target story in the presence of distracter sentences (Cameron & al., 2006a). The interpretation of the measures is based on difference scores which, according to the authors, allow a certain control on the participants' variables such as attention and linguistic skills. Cameron, Dillon & Newall (2006b) assessed children at risk for APD with the LISN test. The APD group (n= 10) performed significantly more poorly on all LISN measures than 48 age-matched controls. These results suggest that some children at risk of APD may have deficits in the binaural processing mechanisms that explain their reported speech perception problems in noise (Cameron & al., 2006b).

The low-cue SNR condition of the LISN test assesses the ability to attend to one of the two identical voices reciting different stories (i.e., the voice of the signal and the distracter is the same, and the location of the signal and the distracter is also the same). According to Richardson (1977), the ability to attend to one of two identical voices reciting different speech selections is based on the continuity characteristics of the target signal. This ability relies on the signal contextual cues. In the low-cue SNR condition of the LISN test, the ability to segregate a story from another simultaneously competing story depends not only on auditory ability but also on language skills. Cameron et al. (2006b) reported that the group of children at risk of APD were able to use contextual cues to a similar advantage than the control group, as they had intellectual function within normal limits (based on the Weschler Intelligence Scale for Children). The authors suggested that the lower performance of the children at risk of APD on the low-cue SNR condition compared to the control group was probably related to other

unknown auditory deficits, such as temporal resolution dysfunction. However, even if their intellectual function was within normal limits, this is not an indication that the children at risk of APD were having similar competences, to those of the control group, to benefit from the linguistic and contextual cues. Some populations with normal intellectual abilities are reported to perform poorly on tasks that require them to take advantage of contextual information. For example, non-native listeners do not benefit as much from linguistic contextual cues as do native listeners on speech in noise tasks (Florentine, 1985; Mayo, Florentine, & Buus, 1997).

A list of available speech-in-noise tests for English speaking populations appears in Table 1, which also contains the primary strengths and weaknesses of each test. For the purpose of this paper, it was felt unnecessary to provide an in-depth review of all the available speech in noise tests. Abnormal performances obtained with any of these tests indicate the presence of auditory speech perception problems in noise. However, the results obtained with most of the tests do not allow the delineation of the underlying contribution of linguistic and auditory factors to speech perception problems in noise as they may reflect either an auditory disorder or a language-based disorder. Deviant performances may also be indicative of other conditions such as attention problems (Geffner, Lucker, & Koch, 1996) or lack of motivation (Silman, Silverman, & Emmer, 2000).

- Insert Table 1 about here -

### **Delineating the Underlying Origin of the Auditory Speech Perception Problems in Noise in the Case of APD**

Because of its design, the Speech Perception in Noise (SPIN) Test (Kalikow & al., 1977) could be used as a clinical tool to identify the underlying causes of speech perception problems in noise among individuals with APD. The original test material consisted of ten tape-recorded lists of 50 sentences aligned with a speech babble (Kalikow & al., 1977). Half of the sentences are *highly predictable* (HP) because they contain two to three "pointer" words that help to identify the final key word (ex.: *The*

*candle flame melted the wax*) (Elliott, 1995). The other half of the list is composed of *low predictable* (LP) sentences (ex.: *Paul can't discuss the wax*). HP and LP sentences are randomly mixed within each list (Elliott, 1995). Each of the 250 monosyllabic key words appears in one HP sentence and in one LP sentence (Elliott, 1995; Kalikow & al., 1977). However, the same key word never appears in a LP and HP context within the same list (Elliott, 1995; Kalikow & al., 1977).

The recognition score of the LP sentences key words primarily provides some information about the bottom-up (auditory) processing of the acoustic signal (Elliott, 1995; Kalikow & al., 1977). The performance on the HP sentences provides some information about the top-down (or language-based) processing, i.e., the ability to use semantic, syntactic, and contextual cues (Kalikow & al., 1977), as well as the auditory processing of the acoustic signal.

The level of the babble noise at which the test is administered can be varied while presenting the different lists of the SPIN sentences. This test manipulation is relevant for determining the extent to which a listener's responses to each type of sentence are influenced as a function of SNR (Kalikow & al., 1977).

The percentage of correct responses for the LP and the HP sentences of the SPIN test can be illustrated as a function of SNR with ogive (S-shaped) curves (see Figure 1 for an example). Ogive curves have been used in many speech perception studies to illustrate the proportion of correct responses as a function of stimulus intensity (Boothroyd & Nittrouer, 1988; Dubno, Ahlstrom, & Horwitz, 2000; Laroche & al., 2003; Pichora-Fuller, Schneider, & Daneman, 1995). They are often referred to as speech intelligibility or psychometric functions. These ogive curves can be derived from logistic functions (Lewis, Benignus, Muller, Malot, & Barton, 1988; Pichora-Fuller & al., 1995), or they can be derived from the least squares linear fits to the  $z$  transforms of the group means of the percent recognition scores (Boothroyd & Nittrouer, 1988; Laroche & al., 2003).

In the case of the SPIN test, the psychometric functions derived from the HP and LP sentences display the relative contributions of auditory and/or language-based factors to speech perception in noise. The following sections present hypothetical data to demonstrate how one's performance on the SPIN test could be used to identify the underlying origins of the speech perception problems in noise in the case of APD.

### *Hypothetical Psychometric Functions*

Psychometric functions from a hypothetical control group of individuals with normal hearing (referred to as the control group) and a hypothetical group of individuals with suspected APD (referred to as the APD group) are displayed in Figure 1 (panels A and B respectively). The theoretical psychometric functions shown on Figure 1 are based on the assumption that the underlying origin of APD is an auditory dysfunction.

#### *Auditory processes dysfunction.*

Consider the psychometric functions for the LP sentences displayed by the broken lines. For the hypothetical control group (panel A), the psychometric function for LP sentences reaches 50% correct score at a SNR of -1 dB and attains correct score over 90% at a SNR of +4. However, based on the assumption of an auditory dysfunction, the hypothetical APD group would require a higher SNR to achieve a 50% correct word recognition score (SNR of +2 dB) for the LP sentences (panel B) relative to the hypothetical control group. This specific point of the psychometric function (i.e., 50% correct responses) is shifted to the right of the graph, compared to the same performance level obtained by the hypothetical control group for the LP sentences. This would be an indication that participants with APD require a more favourable SNR to achieve 50% correct score for the LP sentences.

A similar pattern of results would be observed for the HP sentences. Consider the psychometric function illustrated with filled lines in Figure 1. For the hypothetical control group, the psychometric function shows a performance of 50% at a SNR of -3 dB whereas individuals within the hypothetical APD group reach this level of

performance at a SNR of 0 dB. Again, the specific point of the psychometric function (i.e., 50% correct responses) is shifted to the right of the graph, compared to the same performance level obtained by the hypothetical control group for the LP sentences. This pattern of results would indicate that participants with APD require a more favourable SNR to achieve 50% correct score for the HP sentences.

- Insert Figure 1 about here -

The difference between the performance on the HP and the LP sentences provides some additional information about the underlying skills of speech perception in noise. As suggested by Elliott and Busse (1987), a plot of the difference scores can be drawn to illustrate the contribution of language knowledge and ability to use the linguistic context of the HP sentences to understand speech in background noise. It also shows at which SNR the listener benefits the most from the use of the linguistic contextual cues. In Figure 2, the difference between the scores on HP and LP sentences is plotted as a function of the SNR. Data from hypothetical APD groups are illustrated with a broken line, and hypothetical control groups with a filled line.

- Insert Figure 2 about here -

The hypothetical data points shown in panel A (Figure 2) illustrate the results that could be expected if the hypothetical APD group and hypothetical control group were equally competent at using linguistic contextual cues, as the amplitude of the maximum difference is the same. However, the peak of the difference function from the hypothetical APD group occurs at a higher SNR compared to the hypothetical control group. This type of plot indicates that the primary problem of the hypothetical APD group, on this task, is basically the auditory processing of the acoustic speech signal.

Another possibility is illustrated in panel B where the hypothetical APD group would show a greater difference scores relative to the control group. The locus of maximal benefit due to the use of linguistic and contextual cues would occur at a higher SNR for the hypothetical APD group compared to control group. This pattern of results

may seem to be counterintuitive. However, results from Pichora-Fuller, Schneider and Daneman (1995), comparing the scores of younger and older adults on the SPIN-R test (revised version of the SPIN test, see Bilger, Nuetzel, Rabinowitz, & Rzeczkowski, 1984) lead to this pattern of results. The authors suggested that because of their poor auditory speech perception proficiency, the group of older individuals may have developed superior abilities at making use of linguistic and contextual cues compared to the group of younger participants with normal hearing. This explanation for the performance of children with APD would need further examination. By their age, children with APD may not have had sufficient time to develop superior language-based abilities then their peers to make use of linguistic contextual cues.

*Language-based processes dysfunction.*

Alternative data displayed in panel C (Figure 2) are based on the assumption that the underlying cause of difficulties in understanding speech in noise in the case of APD is related to a language-based processing dysfunction. The peak of the difference function would occur at the same SNR for both groups, but with lower amplitude in the case of the hypothetical APD group. Under this hypothesis, individuals with APD are less proficient at making use of linguistic contextual cues compared to the listeners of the control group. In that case, language-based processing dysfunctions only and not auditory dysfunctions would explain the speech perception in noise difficulties observed among individuals with suspected APD. This pattern of results is in agreement with Rees (1973; 1981) suggesting that speech processing difficulties in noise in individuals with APD are related to language comprehension problems and not to auditory dysfunction.

*Dysfunction of auditory and language-based processes.*

The difference functions displayed in panel D (Figure 2) would be obtained if the underlying origin of APD is a combination of both auditory and language-based dysfunctions. The peak of the difference function from the hypothetical APD group would occur at a higher SNR and with lower amplitude relative to hypothetical control

group. The hypothetical APD group would benefit less from both the auditory information and the linguistic context compared to the control group. Results of this sort would concur with the suggested correlation between information processing dysfunctions and language disorders (Nelson, 1998). The poor linguistic competencies may be related to the poor auditory processing abilities.

### **Conclusion**

The characteristic symptom of APD is speech perception difficulties in degraded listening conditions such as in the presence of competing speech or background noise (ASHA, 2005; Bamiou & al., 2001; Bellis, 2003; Chermak, 2002; Chermak & al., 1999; Keith, 1999; Musiek & Geurkink, 1980; Vanniasegaram & al. 2004). Many clinical tests are available to measure speech recognition performance in the presence of background noise. However, few tests make it possible to identify the underlying causes of the problems observed. When conventional clinical test batteries are used to identify speech perception problems in noise among individuals with APD, it is not possible to ascertain whether the observed difficulties are of auditory or language-based processing origins. SPIN-like tests appear to be a promising tool to explore the underlying origins of the speech understanding problems in noise among individuals with APD.

The results obtained with SPIN-like tests can be analyzed from different perspectives. In this article, the perspective of the difference scores between the HP and LP sentences as a function of SNR has been presented. The difference scores analysis provide some information about the ability to use the linguistic context of the HP sentences when in presence of background noise, as well as the ability to benefit from the acoustical signal. From this perspective, it is possible to ‘quantify’ the language-based processing abilities that contribute to auditory speech perception. In this way, the interpretation of the results about the language-based processing is independent of the tester’s judgement and is related to the test results. Ideally, the tests results, and not only the clinician’s opinion, should determine the underlying nature of the auditory problem



(Moore, 2006). The diagnosis of APD needs to be tester-independent in order to be valid, and this, both within and across the profession (Moore, 2006).

In addition to providing some information about the auditory and language-based processing skills of the listener with APD, SPIN-like tests present another interesting advantage over some other speech in noise tests. This advantage is about the minimization of the variability related to supra-modal abilities such as memory, attention, or lack of motivation. As suggested by Cameron et al. (2006a), difference scores appear to be one way to assess the functional aspect of listening abilities while minimizing the deleterious measurement errors that are attributable to extraneous variables associated to the person being tested. As the sentence structure (same length, same keywords, etc.) and the task (repeat the key word) are the same for the HP and LP sentences of the SPIN-like test, it can be assumed that interfering factors, such as supra-modal abilities are controlled for when analysing the difference score.

Another advantage is about the extra control on the confounding variables related to memory. The task is to repeat one monosyllabic simple word, instead of repeating a whole sentence or providing details on the signal that was heard, for example. This is particularly interesting when considering that listeners identified with APD have low performance on auditory short term memory tasks (Chermak, Somers, & Seikel, 1998). Moreover, the testing procedure of SPIN-like tests does not require that the listener has good reading skills. This is also an important factor to consider when testing individuals with APD, as many of them present with reading problems (Chermak & al., 1998).

As many individuals with language disorders perform well on auditory processing tests involving non-speech stimuli, there is an emerging consensus that APD can be differentiated from language disorders only by the use of non-speech test materials (Moore, 2006). However, there are some APD conditions that may be confirmed only with the use of language-based test material when assessed with behavioural tests. For example, it has been reported that low activity of the medial olivocochlear bundle (MOCB) (efferent central auditory system) may translate in reduced speech recognition

performance in noise reported by different populations (Elgeti, Zehnhoff-Dennesen, Matulat, Schmidt, & Knief; 2008; Giraud, Garnier, Micheyl, Lina, Chays, & Chery-Croze, 1997; Muchnik & al., 2004; Veuille, Collet, & Bazin, 1999). The function of the MOCB system can be assessed by otoacoustic emissions which are non invasive physiological measures (Muchnik & al., 2004). In that case, valid behavioural speech in noise tests would help to better understand if the speech understanding problems are related to the low activity of the MOCB (auditory processing) or to concomitant language-based processing problems.

The objective of this paper was to theoretically demonstrate the possibility to delineate the underlying origins of speech perception problems in noise in the case of APD. As the two types of sentences of the SPIN test only differ by semantic content, it is possible to determine the extent to which the listener benefits from linguistic context by analyzing the difference of the performance for the HP and LP sentences (Kalikow & al., 1977). Although the use of linguistic contextual cues is only one component of the top-down processing involved in speech perception process, its measure provides some information about the language-based competencies of the listener that is not possible with the other available speech in noise tests. So far, the SPIN test has not been applied to listeners with APD.

It is believed that a better understanding of the cause of the speech perception problems in noise in the case of APD should lead to the development and use of more specific and efficacious intervention programs.

**Acknowledgments**

This work was supported by a doctoral fellowship from the Centre de recherche du CHU Sainte-Justine and Fonds québécois de la recherche sur la nature et les technologies.

## References

- American Speech-Language-Hearing Association (ASHA). (2005). *(Central) Auditory Processing Disorders* [Technical report]. Available at <http://www.asha.org/members/deskref-journals/deskref/default>.
- Bamiou, D.E., Musiek, F.E., & Luxon, L.M. (2001). Aetiology and clinical presentations of auditory processing disorders: a review. *Archives of Diseases in Childhood*, 85, 361-365.
- Bellis, T.J. (2003). *Assessment and Management of Central Auditory Processing Disorders in the Educational Setting. From Science to Practice*. Second edition. Clifton Park; Thomson Delmar Publishing.
- Bilger, R.C., Nuetzel, M.J., Rabinowitz, W.M., & Rzeczkowski, C. (1984). Standardization of a test of speech perception in noise. *Journal of Speech & Hearing Research*, 27, 32-48.
- Boothroyd, A., & Nitttrouer, S. (1988). Mathematical treatment of context effects in phoneme and word recognition. *Journal of the Acoustical Society of America*, 84, 101-114.
- Cacace, A.T., & McFarland, D.J. (1998). Central auditory processing disorder in school-aged children: A critical review. *Journal of Speech Language and Hearing Research*, 41, 355-373.
- Cacace, A.T., & McFarland, D.J. (2005). The importance of modality specificity in diagnosing central auditory processing disorders. *American Journal of Audiology*, 14, 112-123.
- Cameron, S., & Dillon, H. (2005). *The Listening in Spatialized Noise Test (LISN)<sup>TM</sup> Continuous Discourse (Version 1.0.0)* [Computer software]. Sydney, NSW: National Acoustic Laboratories.
- Cameron, S., Dillon, H., & Newall, P. (2006a). The Listening in Spatialized Noise test: Normative data for children. *International Journal of Audiology*, 45, 99-108.
- Cameron, S., Dillon, H., & Newall, P. (2006b). The Listening in Spatialized Noise test: An Auditory Processing Disorder Study. *Journal of the American Academy of Audiology*, 17, 306-320.

- Carrière, I. (2006). Utilisation du Hearing in Noise Test (HINT) auprès d'enfants avec un trouble de traitement auditif ou un déficit d'attention. Unpublished master's thesis, University of Ottawa, Ottawa, Ontario, Canada.
- Chermak, G.D. (2002). Deciphering auditory processing disorders in children. *Otolaryngology Clinics of North America*, 35, 733-749.
- Chermak, G.D., Hall, J.W., & Musiek, F.E. (1999). Differential diagnosis and management of central auditory processing disorder and attention deficit disorder. *Journal of the American Academy of Audiology*, 10, 289-303.
- Chermak, G.D., Somers, E.K., & Seikel, J.A. (1998). Behavioral signs of central auditory processing disorder and attention deficit hyperactivity disorder. *Journal of the American Academy of Audiology*, 9, 78-84.
- Chermak, G.D., Styer, S. A., & Seikel, J.A. (1995). Comparison of the Selective Auditory Attention test and the SCAN administered to boys with histories of otitis media. *Hearing Journal*, 48, 29-34.
- Dietrich, K.N., Succop, P.A., Berger, O.G., & Keith, R.W. (1992). Lead exposure and the central auditory processing abilities and cognitive development of urban children: The Cincinnati lead study cohort at age 5 years. *Neurotoxicology and Teratology*, 14, 51-56.
- Dorman, M.F., Loizou, P.C., Spahr, A.J., & Maloff, A.J. (2002). A comparison of the speech understanding provided by acoustic models of fixed-channel and channel-picking signal processors for cochlear implants. *Journal of Speech, Language and Hearing Research*, 45, 783-787.
- Dubno, J.R., Ahlstrom, J.B., & Horwitz, A.R. (2000). Use of context by young and aged adults with normal hearing. *Journal of the Acoustical Society of America*, 107, 538-546.
- Dubno, J.R., Dirks, D.D., & Morgan, D.E. (1984). Effects of age and mild hearing loss on speech recognition in noise. *Journal of the Acoustical Society of America*, 76, 87-96.

- Duncan, K.R., & Aarts, N.L. (2006). A comparison of the HINT and the Quick SIN Tests. *Journal of Speech-Language Pathology and Audiology*, 30, 86-94.
- Eisenberg, L.S., Kirk, K.I., Martinez, A.S., Ying, E., & Miyamoto, R.T. (2004). Communication abilities of children with aided residual hearing: Comparison with cochlear implant users. *Archives of Otolaryngology – Head & Neck Surgery*, 130, 563-569.
- Elgeti, A., Zehnhoff-Dinnesan, A.G., Matulat, P., Schmidt, C.M., & Knief, A. (2008). Spontaneous Otoacoustic Emission Enhancement in Children with Reduced Speech-in-Noise Intelligibility. *Audiology & Neurotology*, 13, 357-364.
- Elliott, L.L. (1979). Performance of children aged 9 to 17 years on a test of speech intelligibility in noise using sentence material with controlled predictability. *Journal of the Acoustical Society of America*, 66, 651-653.
- Elliott, L.L. (1995). Verbal auditory closure and the speech perception in noise (SPIN) Test. *Journal of Speech and Hearing Research*, 38, 1363-1376.
- Elliott, L.L., & Busse, L.A. (1987). Auditory processing by Learning Disabled Young Adults. In D.J. Johnson & J.W Blalock (Eds), *Adults with learning difficulties*. (pp. 107-129). New York: Grune and Stratton.
- Emerson, M.F., Crandall, K.K., Seikel, J.A., & Chermak, G.D. (1997). Observations on the use SCAN to identify children at risk for central auditory processing disorder. *Language, Speech, and Hearing Services in Schools*, 28, 43-49.
- Etymotic Research Inc. (2001). Quick-Sin test. Elk Grove Village, Illinois, USA.
- Florentine, M. (1985). Speech perception in noise by fluent, non-native listeners. *Journal of the Acoustical Society of America*, 77, S106-S106.
- Gates, G.A., Anderson, M.L., Feeney, M.P., McCurry, S.M., & Larson, E.B. (2008). Central auditory dysfunction in older persons with memory impairment or Alzheimer dementia. *Archives of Otolaryngology- Head & Neck Surgery*, 134, 771-777.
- Gates, G.A., Feeney, M.P., & Mills, D. (2008). Cross-sectional age changes of hearing in the elderly. *Ear & Hearing*, 29, 865-874.

- Geffner, D., Lucker, J.R., & Koch, W. (1996). Evaluation of Auditory Discrimination in Children with ADD and without ADD. *Child Psychiatry and Human Development*, 26, 169-180.
- Giraud, A.L., Garnier, S., Michey, C., Lina, G., Chayz, A., & Chery-Croze, S. (1997). Auditory efferents involved in speech-in-noise intelligibility. *Neuroreport*, 8, 1779-1783.
- Hayes, D., Jerger, J., Taff, J., & Barber, B. (1983). Relation between aided synthetic sentence identification scores and hearing aid user satisfaction. *Ear & Hearing*, 4, 158-161.
- Jerger, J.F., & Jerger, S.W. (1974). Auditory findings in brainstem disorders. *Archives of Otolaryngology*, 99, 342-349.
- Jerger, J.F., & Jerger, S.W. (1975). Clinical validity of central auditory tests. *Scandinavian Audiology*, 4, 147-163.
- Jerger, J.F., & Jerger, S.W. (1984). *Pediatric Speech Intelligibility Test: Manual for administration*. St. Louis: Auditec.
- Jerger, S., Johnson, K., & Loiselle, L. (1988). Pediatric Central Auditory Dysfunction: Comparison of Children with Confirmed Lesions versus Suspected Processing Disorders. *The American Journal of Otology*, 9 (Suppl.), 63-71.
- Jutras, B., Lagacé, J., Lavigne, A., Boissonneault, A., & Lavoie, C. (2007a). Auditory processing disorders, verbal disfluency, and learning difficulties: A case study. *International Journal of Audiology*, 46, 31-38.
- Jutras, B., Loubert, M., Dupuis, J.-L., Marcoux, C., Dumont, V., & Baril, M. (2007b). Applicability of Central Auditory Processing Disorders Models. *American Journal of Audiology*, 16, 100-106.
- Kalikow, D.N., Stevens, K.N., & Elliott, L.L. (1977). Development of a test of speech intelligibility in noise using materials with controlled word predictability. *Journal of the Acoustical Society of America*, 61, 1337-1351.
- Keith, R.W. (1986). *SCAN: A screening test for auditory processing disorders*. San Antonio: The Psychological Corporation.

- Keith, R.W. (1999). Clinical issues in central auditory processing disorders. *Language, Speech, and Hearing Services in Schools*, 30, 339-344.
- Keith, R.W. (2000). *SCAN-C Test for Auditory Processing Disorders in Children – Revised*. San Antonio: The Psychological Corporation.
- Keith, R. W, & Engineer, P. (1991). Effects of Methylphenidate on the Auditory Processing Abilities of Children with Attention Deficit-Hyperactivity Disorder. *Journal of Learning Disabilities*, 24, 630-636.
- Kramer, M.B., Green, D., & Guitar, B. (1987). A comparison of stutterers and nonstutters on MLD and Synthetic Sentence identification tests. *Journal of Communication Disorders*, 20, 379-390.
- Krishnamurti, S. (2007). Monaural Low-Redundancy Speech Tests. In F.E. Musiek & G.D. Chermak (Eds), *Handbook of (Central) Auditory Processing Disorders. Auditory Neuroscience and Diagnosis. Volume 1*. (pp.193-206). San Diego: Plural Publishing.
- Laroche, C., Soli, S., Giguère, C., Lagacé, J., Vaillancourt, V., & Fortin, M. (2003). An Approach to the Development of Hearing Standards for Hearing-Critical Jobs. *Noise & Health*, 6, 17-37.
- Lewis, H.D., Benignus, V.A., Muller, K.E., Malot, C.M., & Barton, C.N. (1988). Babble and random-noise masking of speech in high and low context cue conditions. *Journal of Speech and Hearing Research*, 31, 108-114.
- Lopez, S.M., Martin, F.M, & Thibodeau, L.N. (1997). Performance of Monolingual and Bilingual Speakers of English and Spanish on the Synthetic Sentence Identification Test. *American Journal of Audiology*, 6, 33-38.
- Lucks Mendel, L., & Danhauer, J.L. (1997). Characteristics of sensitive speech perception tests. In L. Lucks Mendel & J.L. Danhauer (Eds), *Audiologic Evaluation and Management and Speech Perception Assessment* (pp. 59-100). San Diego: Singular Publishing Group, Inc.
- Mayo, L.H., Florentine, M., & Buus, S. (1997). Age of Second-Language Acquisition and Perception of Speech in Noise. *Journal of Speech, Language and Hearing Research*, 40, 686-693.



- McFarland, D.J. & Cacace, A.T. (2006). Current controversies in CAPD: From Procrustes bed to Pandoras' box. In T.K. Parthasarathy (Ed.), *An introduction to auditory processing disorders in children* (pp. 247-263). Mahwah: Erlbaum.
- Moore, D.R. (2006). Auditory processing disorder (APD): Definition, diagnosis, neural basis, and intervention. *Audiological Medicine*, 4, 4-11.
- Muchnik, C., Roth, D. A.-E., Othman-Jebara, R., Putter-Katz, H., Shabtai, E.L., & Hildesheimer, M. (2004). Reduced Medial Olivocochlear Bundle System Function in Children with Auditory Processing Disorders. *Audiology & Neurotology*, 9, 107-114.
- Musiek, F.E., & Geurkink, N.A. (1980). Auditory perceptual problems in children: Considerations for the otolaryngologist and audiologist. *The Laryngoscope*, 90, 962-971.
- Nelson, N.W. (1998). *Childhood language disorders in Context*. Toronto: Allyn and Bacon.
- Nilsson, M., Soli, S.D., & Sullivan, J.A. (1994). Development of the Hearing In Noise Test for the measurement of speech reception thresholds in quiet and in noise. *Journal of the Acoustical Society of America*, 95, 1085-1099.
- Nittrouer, S., & Boothroyd, A. (1990). Context effects in phoneme and word recognition by young children and older adults. *Journal of the Acoustical Society of America*. 87, 2705-2715.
- Nordrum, S., Erler, S., Garstecki, D., & Dhar, S. (2006). Comparison of Performance on the Hearing in Noise Test Using Directional Microphones and Digital Noise Reduction Algorithms. *American Journal of Audiology*, 15, 81-91.
- Olsen, W.O., Noffsinger, D. & Kurdziel, S. (1975). Speech discrimination in quiet and and in white noise by patients with peripheral and central lesions. *Acta Otolaryngologica*, 80, 375-382.
- Pichora-Fuller, K.M., Schneider, B., & Daneman, M. (1995). How young and old adults listen to and remember speech in noise. *Journal of the Acoustical Society of America*, 97, 593-608.

- Pumford, J.M., Seewald, R.C., Scollie, S.D., & Jenstad, L.M. (2000) Speech recognition with in-the-ear and behind-the-ear dual-microphone hearing instruments. *Journal of the American Academy of Audiology*, 11, 23-35.
- Rees, N.S. (1973). Auditory processing factors in language disorders: the view from Procrustes' bed. *Journal of Speech and Hearing Disorders*, 38, 304-315.
- Rees, N.S. (1981). Saying more than we know: is auditory processing disorder a meaningful concept? In R. Keith (Ed.) *Central Auditory and Language Disorders in Children* (pp. 92-120). San-Diego: College-Hill Press.
- Richardson, S.O. (1977). Communicating results of central auditory tests with other professional. In R. Keith (Ed.), *Central Auditory Dysfunction* (pp. 277-292). New York: Grune & Stratton.
- Ricketts, T., & Henry, P. (2002). Evaluation of an adaptative, directional-microphone hearing aid. *International Journal of Audiology*, 41, 23-35.
- Schow, R.L., & Seikel, A. (2007). Screening for (Central) Auditory Processing Disorder. In F.E. Musiek & G.D. Chermak (Eds), *Handbook of (Central) Auditory Processing Disorders. Auditory Neuroscience and Diagnosis. Volume 1* (pp.137-159). San Diego: Plural Publishing.
- Silman, S., Silverman, C., & Emmer, M. (2000). Central auditory processing disorders and reduced motivation: Three Case Studies. *Journal of the American Academy of Audiology*, 11, 57-63.
- Vanniasegaram, I., Cohen, M., & Rosen, S. (2004). Evaluation of selected auditory tests in school-age children suspected of auditory processing disorders. *Ear & Hearing*, 25, 567-597.
- Veillet, E., Collet, L., & Bazin, F. (1999). Objective evidence of peripheral auditory disorders in leaning-impaired children. *Journal of Audiological Medicine*, 8, 18-29.
- Willeford, J.A., & Burleigh, J.M. (1994). Sentence Procedures in Central Testing. In J. Katz (Ed.), *Handbook of Clinical Audiology* (pp. 239-255). Baltimore: Williams & Wilkins.

- Wilson, W.J., Heine, C., & Harvey, L.A. (2004). Central Auditory Processing and Central Auditory Processing Disorder: Fundamental Questions and Considerations. *The Australian and New Zealand Journal of Audiology*, 26, 80-93.
- Working Group on Speech Understanding and Aging (WGSUA). (1988). Speech understanding and aging. *Journal of the Acoustical Society of America*, 83, 859-895.

**TABLE CAPTION**

**Table 1.** Overview of available speech in noise tests.

**Table 1.**

<b>A. Speech-in-noise tests actually used within auditory processing battery.</b>			
<b>Test</b>	<b>Description</b>	<b>Advantages (+) /Limitations (-)</b>	<b>Norms available</b>
<p><b>Identification of monosyllabic words in noise</b> Olsen, Noffsinger, &amp; Kurdziel (1975)</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Monosyllabic words are presented with an ipsilateral competing white or speech noise.</li> <li>• Standardized phonetically balanced (PB) monosyllabic list (recorded or live voice).</li> <li>• Signal-to-noise (S/N) value between 0 and +10 dB.</li> <li>• The listener has to repeat each word after they are being heard.</li> </ul>	<p>(+) Duration of the test is short.</p> <p>(-) Test material not representative of daily life conditions.</p> <p>(-) Participant's variables, such as linguistic skills, are influencing the performance.</p> <p>(-) Psychometric properties have not been measured.</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• No normative data has been established in most clinics.</li> <li>• A 40% difference between the score obtained with words presented in noise and the score obtained with the words in silence.</li> </ul>
<p><b>Synthetic Sentence Identification with Ipsilateral Competing Message (SSI-ICM)</b> Jerger &amp; Jerger (1974, 1975)</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Third order sentences presented along with an ipsilateral continuous discourse.</li> <li>• A sheet with the ten sentences of the SSI test identified by a number is provided to the listener. The listener has to identify the sentence of the SSI or the number of the sentence presented (Willeford &amp; Burleigh, 1994).</li> </ul>	<p>(+) The limited meaningfulness of the sentences and the use of a closed message set response mode reduce the dependence on linguistic and memory skills.</p> <p>(-) The meaningfulness of the sentences is not representative of the real life sentences that are used for communication.</p> <p>(-) Involvement of visual and reading task which might penalize subjects presenting reading impairment or visual problems.</p> <p>(-) Participant's variables, such as linguistic skills, are influencing the performance.</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Normative data for adults and children are available.</li> </ul>

<b>B. Speech-in-noise tests that could be used within auditory processing battery.</b>			
<p><b>Listening In Spatialized Noise (LISN)</b> Cameron &amp; Dillon (2005); Cameron, Dillon &amp; Newall (2006a).</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Produces a virtual three-dimensional auditory environment under earphones (Cameron, Dillon, &amp; Newall, 2006a, b).</li> <li>• Various measures assess the extent to which either spatial, vocal, or spatial and vocal cues combined increase a listener's ability to comprehend a target story in the presence of distracter sentences (Cameron, Dillon, &amp; Newall, 2006a, b).</li> </ul>	<p>(+) Influence of the participant's variables, such as linguistic skills, attention span, etc., is minimized as the LISN measures are difference scores (Cameron, Dillon, &amp; Newall, 2006a, b).</p> <p>(+) Ecological stimuli, i.e., story.</p> <p>(+) Appears to be a sensitive assessment tool for diagnosing APD (Cameron, Dillon, &amp; Newall, 2006a, b).</p> <p>(+) Psychometric properties have been measured.</p> <p>(-) Does not provide any information about the underlying origins of the speech perception problems in noise.</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Normative data are available.</li> </ul>
<p><b>Hearing In Noise Test (HINT)</b> Nilsson, Soli, &amp; Sullivan (1994).</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• The measures determine the thresholds at which sentences are correctly identified in quiet and in a background of spectrally matched noise.</li> <li>• The lists of sentences are equalized in length, intelligibility, and phonemic distribution. They are rated phonemically matched and balanced, as well as rated at the 1<sup>st</sup> grade reading level (Duncan &amp; Aart, 2006).</li> <li>• Listeners are required to repeat each sentence "100% correctly" with some variations allowed. Reception threshold for the sentences (RTS) is obtained using an adaptive procedure (Duncan &amp; Aart, 2006).</li> </ul>	<p>(+) Psychometric properties have been measured.</p> <p>(+) Ecological stimuli, i.e., sentences.</p> <p>(+) Provides the advantage obtained by the binaural directional hearing when comparing score obtained with noise coming from front, right and left (Duncan &amp; Aart, 2006).</p> <p>(-) The spectrally matched competitive noise is not representative of the real life background conditions.</p> <p>(-) Performance can be affected by participant's variables such as linguistic skills.</p> <p>(-) The CD version of the HINT requires that clinics obtain their own sound field norms before using the test as an outcome measure (Duncan &amp; Aart, 2006).</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Normative data are available.</li> <li>• At the time of the present writing, there are no published data obtained with APD population.</li> </ul>

<b>B. Speech-in-noise tests that could be used within auditory processing battery (continued)</b>			
<p><b>Quick SIN Test</b> Etymotic Research (2001)</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• To identify the signal-to-noise ratio loss (Duncan &amp; Aart, 2006).</li> <li>• Includes 18 unique 6-sentence lists, designed to provide limited contextual cues (Etymotic Research, 2001).</li> <li>• The sentences are presented at a constant level in a background of 4-talker babble. The babble level in each list decreases in intensity in 5 dB steps (Duncan &amp; Aart, 2006).</li> <li>• The listener has to repeat the 5 key words of the sentences presented (Duncan &amp; Aart, 2006).</li> </ul>	<p>(+) The sentences and the four-talker babble are representative of the real life communication conditions.</p> <p>(+) Surpasses the HINT in terms of set-up requirements, ease of administration and scoring and low cost (Duncan &amp; Aart, 2006).</p> <p>(+) Does not require that clinics obtain their own sound field norms before using the test as an outcome measures (Duncan &amp; Aart, 2006).</p> <p>(-) The low context sentences are not representative of the real life conditions</p> <p>(-) Performance can be affected by participant's variables such as linguistic skills.</p> <p>(-) Has little presence in peer-reviewed studies compared to the HINT (Duncan &amp; Aart, 2006).</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Normative data are available.</li> <li>• At the time of the present writing, there are no published data obtained with APD population.</li> </ul>

## Figure Captions

*Figure 1.* Hypothetical psychometric functions from individuals with normal hearing are shown in panel A, and hypothetical psychometric functions from individuals with auditory processing disorder (APD) are shown in panel B. The hypothetical functions represented with a filled line illustrate the scores that could be obtained with high predictable (HP) sentences at different signal-to-noise ratio (SNR) (in dB). The hypothetical functions represented with a broken line illustrate the scores that could be obtained with the low predictable (LP) sentences. These hypothetical functions are created with the assumption that the underlying cause of APD is an auditory dysfunction. As shown by the X symbol on the broken line of panel A, the psychometric function for LP sentences reaches 50% correct score at a SNR of -1 dB for the hypothetical group of participants with normal hearing. The hypothetical group of participants with APD achieve a 50% correct word recognition score at SNR of +2 dB for the LP sentences as illustrated by the X symbol on the broken line of panel B. For the HP sentences, the psychometric function shows a performance of 50% at SNR of -3 dB for the hypothetical group of listeners with normal hearing (see X symbol on the filled line, panel A). The hypothetical group of individuals with APD reach this level of performance at SNR of 0 dB (see X symbol on the filled line, panel B).

*Figure 2.* Difference scores obtained on high predictable (HP) and low predictable (LP) sentences are plotted as a function of signal-to-noise ratio (SNR). The functions represent the data from two hypothetical groups: individuals with normal hearing functions (full line) and individuals with APD (broken lines). Panels A and B illustrate that the speech perception problems in noise would be of auditory origins. Panel C illustrates hypothetical results that would be obtained if the speech perception problems in noise experienced by the individuals with APD would be of language-based origins. Panel D illustrates that the speech perception problems in noise would be from a mix of auditory and language-based dysfunctions.



Figure 1

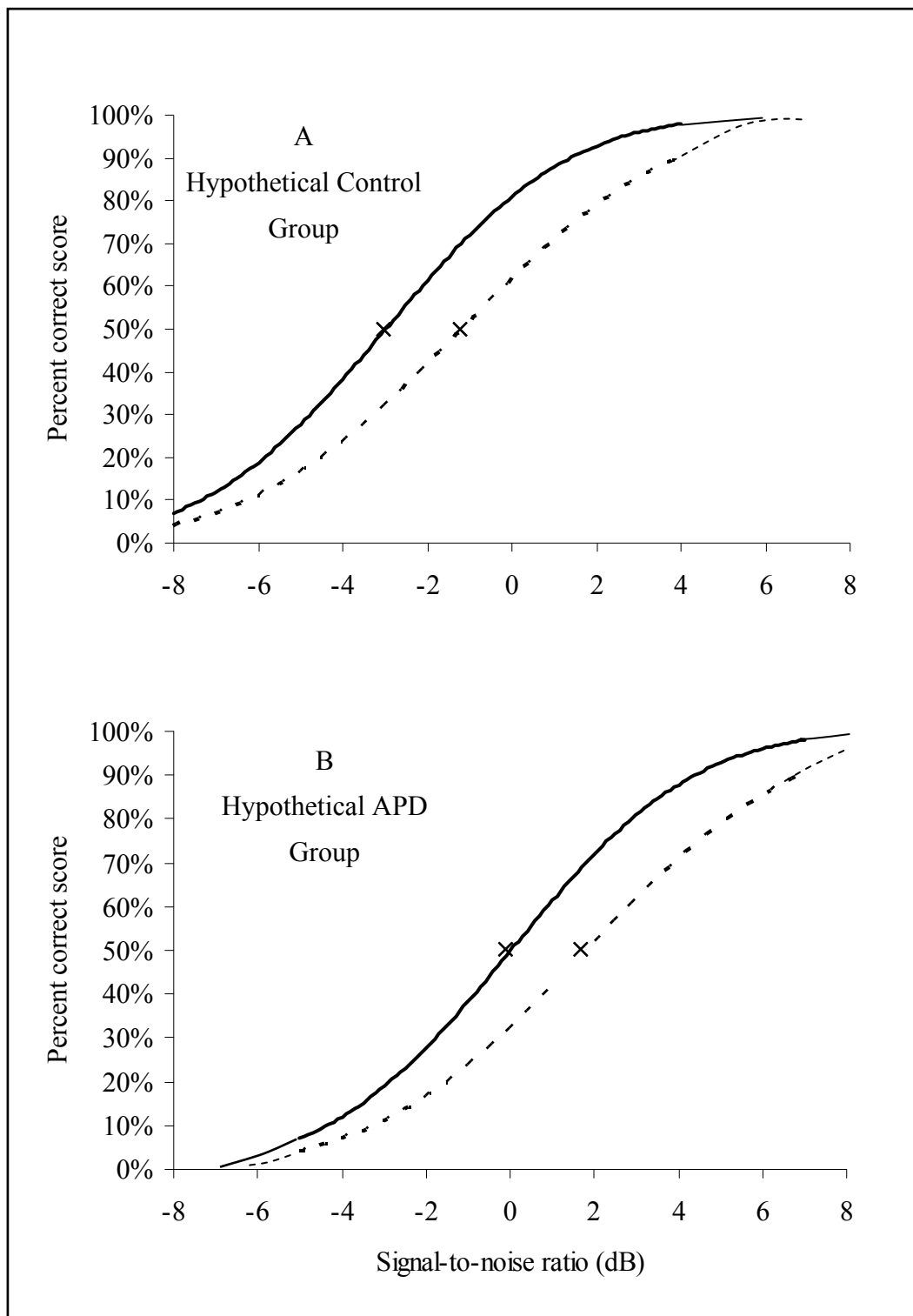
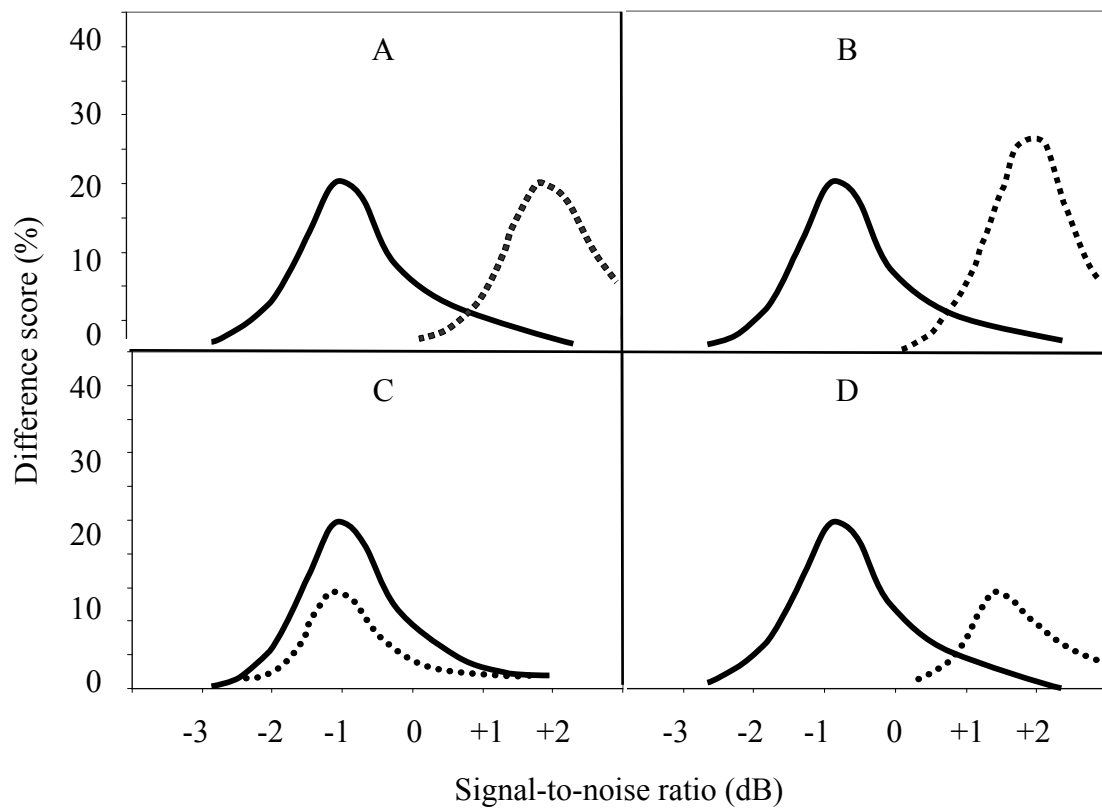


Figure 2



## **Chapitre 2**

Les études présentées dans les différentes sections de ce chapitre 2 ont été approuvées par le comité d'éthique des institutions concernées, soit le Centre de recherche du CHU Sainte-Justine, l'Université d'Ottawa et le Conseil des Écoles Publiques de l'Est Ontarien. Le consentement des participants et des parents le cas échéant, de même que l'assentiment a été obtenu auprès de tous les participants. Un exemplaire de chacun des formulaires de consentement et assentiment relatif à chaque institution est inclus à l'Annexe A.

## Section 2.1

### Article 2

Development of the

*Test de Phrases dans le Bruit (TPB)*

Josée Lagacé<sup>a,b</sup>, Benoît Jutras<sup>a,b</sup>, Christian Giguère<sup>c</sup> & Jean-Pierre Gagné<sup>a,d</sup>

<sup>a</sup> École d'orthophonie et d'audiologie, Université de Montréal

<sup>b</sup> Centre de recherche du CHU Sainte-Justine

<sup>c</sup> Programme d'audiologie et d'orthophonie, Université d'Ottawa

<sup>d</sup> Centre de recherche de l'Institut universitaire de gériatrie de Montréal

#### Acronymes:

APD – Auditory Processing Disorder

CD – Compact Disc

DS – Difference Scores

TPB – Test de Phrases dans le Bruit

SPIN test – Speech-Perception-In-Noise test

SNR - Signal-to-Noise Ratio

HP sentences – High Predictable sentences

LP sentences – Low Predictable sentences

Article soumis à la Revue canadienne d'orthophonie et d'audiologie.

**Abstract**

In this study, the TPB (*Test de Phrases dans le Bruit*), which consists of five French lists of 40 recorded sentences and a French speech babble was developed for use in evaluating speech perception in noise. The development of sentence material is based on a similar approach that was used for the elaboration of the SPIN test. The key word familiarity of the sentences was tested with a group of 40 children (aged 5-7 years) with normal hearing. The intelligibility in noise of the sentences was assessed with a group of 10 adults (aged 19-28 years) with normal hearing, as well as the sentences predictability with another sample of 14 adults (aged 21-27 years). Based on the results obtained with a subset of adults participants ( $n=15$ ), it is proposed that the sentence list sets that evolved from this work have characteristics useful for the exploration of the underlying auditory and/or language-based origins of speech perception problems in noise among the French speaking populations.

## Introduction

Many individuals report having difficulty to understand speech when in presence of background noise. For some of them, their speech perception problems in noise can be explained by their audiogram. But, for other individuals, the underlying nature of their difficulties in noise is not obvious. This situation has an impact on the intervention strategies to use, which then tend to be selected on a trial and error basis.

The *Speech Perception In Noise* (SPIN) test was originally developed to assess how well individuals with acquired peripheral hearing loss utilize linguistic contextual information to facilitate speech recognition in noise (Elliott, 1995; Kalikow, Stevens & Elliott, 1977). The original test material consists of ten tape-recorded lists of 50 sentences mixed with a twelve-talker speech babble. In each list, half of the sentences are *high predictable* (HP) as they contain linguistic contextual information that facilitates the identification of the last word (ex.: *The candle flame melted the wax*), while the other half of the list is composed of *low predictable* (LP) sentences that do not constrain the semantics of the target word (ex.: *Paul can't discuss the wax*) (Kalikow & al., 1977).

The SPIN test was developed on the premise that speech perception involves, at least, two types of processes: 1) the auditory processing of the signal and, 2) the language-based processing of that information (Kalikow & al., 1977). According to Kalikow et al. (1977), final word recognition of the HP sentences can be accomplished through one or both of these operations, while recognition of the final word in LP sentences depends mainly on the auditory processing of the signal. When the SPIN test is administered, the listener has to report the sentence final word after each sentence. The level of the babble noise at which the test is conducted can be varied while presenting the different lists of the SPIN sentences. This test manipulation is relevant for determining the extent to which a listener's responses for each type of sentences is affected by the signal-to-noise ratio (SNR) (Kalikow & al., 1977).

Since the two types of sentences of the SPIN test only differ by the semantic and syntactic content, it is possible to determine the extent to which the listener benefits from linguistic context by analyzing the difference of the performance for the HP and LP sentences (Kalikow & al., 1977). The use of linguistic contextual cues is only one component of the top-down processing involved in the speech recognition process. However, the SPIN test provides in this way some important information about language-based competence of the listener that is not possible with the other available speech in noise tests.

The original version of the SPIN test and the SPIN-R test (revised version of the SPIN test by Bilger, Nuetzel, Rainowitz & Rzeczkowski, 1984) have been used in many studies to explore the underlying origins of speech perception problems in noise. For instance, it has been employed in studies conducted among populations of older adults with normal hearing sensitivity thresholds (Dubno, Ahlstrom & Horwitz, 2000; Kalikow & al., 1977; Pichora-Fuller, Schneider & Daneman, 1995), adults with permanent hearing impairment (Bilger & al., 1984; Schum & Matthews, 1992), as well as adults with learning difficulties (Elliott & Busse, 1987). The results obtained with the SPIN test suggested that the speech perception difficulties in noise of these populations were related to auditory problems. On the other hand, comparisons of the results obtained by native listeners (listeners who learned American-English from birth) and non-native listeners (listeners who learned American-English later in life) on the SPIN test have lead to different outcomes. Results reveal that the levels of noise at which speech is intelligible are significantly higher for the native listeners compared to the non native listeners (Florentine, 1985; Mayo, Florentine & Buus, 1997). Results also show that the benefit from linguistic context is significantly greater for the native listeners compared to the non native listeners (Florentine, 1985; Mayo & al., 1997). It appears that the SPIN test provides a method for delineating the relative contribution of auditory and language-based functions involved in speech understanding in noise.



Within French speaking communities the needs are the same as for other communities: clinicians and researchers are faced with the challenge of listeners complaining about speech perception problems in noise which cannot always be attributed to a reduction of pure tone sensitivity. Unfortunately, there is no test available in French that is similar to the SPIN test. A simple translation of the English version of the SPIN test would not be valid because of the differences in the linguistic structure of these languages. As such, a similar approach to the one used for the development of the original version of the SPIN test was taken to establish the *Test de Phrases dans le Bruit* (TPB). This paper describes the development of the TPB, which consists of five French lists of forty recorded-sentences and a French speech babble.

### **The Development of the TPB**

The approach used to develop the test lists of the TPB involved a measurement of the key words intelligibility in noise (Experiment 1), an evaluation of the key words predictability (Experiment 2), as well as a verification of the performance on the TPB at various SNRs (Experiment 3). Each test development stage is described in the following paragraphs.

#### *Development of the Speech Material*

Similar restrictions applied to the development of the SPIN test sentences were used for the speech material of the TPB. According to Kalikow et al. (1977), to simplify the task and to reduce dependence on linguistic and memory skills, the type of response to be required from the subject should be a single word response. As with the SPIN test, it was determined that the response word for the TPB would be the last word of the sentence, called the key word. This type of response is also convenient for the examiner, as the scoring simply requires matching the response with the key word of the test sentence (Kalikow & al., 1977). In order to further control the structure of the sentences,

another restriction was that the key word should be a monosyllabic word. Moreover, all the sentences were constrained to contain six to eight syllables.

As word familiarity influences intelligibility when presented in noise (Elliott & al., 1979; Epstein, Giolas & Owens, 1968; Kalikow & al., 1977), all the key words chosen for the test materials were selected from the MANULEX database (Lété, Sprenger-Charolles, & Colé, 2004). MANULEX is a web accessible database listing word frequency values for 48,886 lexical entries encountered in 54 French books used in European French elementary schools (Lété & al., 2004). Monosyllabic words with frequency use within the range of 7.7 and 935.4 per million words were taken as the initial pool of 200 key words. Given the constraints previously noted, a set of 200 HP sentences was then developed in French (ex.: *Elle met la nappe sur la table*) as well as a set of 200 LP sentences (ex.: *J'ai acheté une nouvelle table*).

The generated corpus of 400 sentences was analyzed by two grade three teachers (i.e., teaching to children of 8 to 9 years old) to verify the sentence naturalness while taking into account that the TPB was to be used with children and adult populations. The teachers were invited to provide suggestions to improve the naturalness of the sentences where needed.

Following this revision, nine female participants aged from nine to 11 years old underwent a paper-and-pencil test to confirm the predictability of the sentences. The 400 sentences were listed on answer sheets with the key words deleted. Participants were instructed to fill in the blank with a word that they thought would most likely occur at the end. For each of the HP sentence, if none of the participants had written the intended key word, the sentence was reworked to be more predictable. For each of the LP sentence, if one participant had written the intended key word, the sentence was reworked to be less predictable.

It was determined that the sentences should be recorded by a female speaker, as in Fallon, Trehub and Schneider (2000), because of the predominance of female educators and caregivers surrounding most children. A female native French talker who had previously participated in similar recording sessions was chosen to produce the four hundred revised sentences. The sentences were recorded in a quiet recording room at the University of Montreal, with a digital video camcorder (Canon, GL2) to which an external lapel microphone (Audiotechnica, Pro70) was connected. During the recording session, the camera was positioned at approximately 2.5 meters directly in front of the talker. The microphone was hanging from the ceiling, positioned at approximately 0.5 meter directly in front of the talker (at 1.1 meter from the floor). The talker was instructed to articulate each sentence as naturally and as clearly as possible. The recordings were then organized into 400 individual sentence files using iMovie software (version 4) (iMovie, 2004). To ensure a uniform level across the stimuli, the key words were edited with the Cool Edit Pro software (version 2.1) (Cool Edit Pro software, 2003) within  $\pm 2$  dB of the root mean square average level (68.3 dB SPL) of the 400 key words.

Since the key words were selected from the European French MANULEX database, a familiarity testing of the words was conducted with a group of Canadian French speaking children. This verification was felt to be necessary because of cultural differences between European and Canadian French. Five lists of 40 key words were developed for the familiarity testing. The key words were taken from the recorded LP sentences audio files. The five lists of key words were downloaded on individual compact disc (CD). Forty Canadian French speaking children (19 girls and 21 boys) ranging from 5.5 to 7.4 years old (average 6.5 years old) participated in this study. One parent of each participant had signed the consent form and filled out a questionnaire developed to rule out the presence of any exclusionary criteria. Each participant was tested individually in a quiet room of the school, with background noise levels not exceeding ANSI S3.1-1999 R2008 specifications. A hearing screening was performed

with a portable audiometer (Maico MA 41 and a Beltone AE2) with TDH-30 earphones, prior to the experimental measures. All the participants had a normal hearing sensitivity at 500, 1000, 2000 and 4000 Hz bilaterally. The exclusionary criteria for this study were: any history of language disorders, otological problems, attention disorders or general learning delays. Four lists were presented monaurally to each participant (two lists per ear) via a CD player (Panasonic RX-D27) connected to the portable audiometer set at 60 dB HL. The listener was instructed to report each word that was presented, and to guess if necessary. A total of 160 words out of the 200 were correctly identified by over 80% of the participants. This suggested that the majority of the selected words were familiar to Canadian French speaking children of five to seven years old.

Following the key words familiarity testing, 60 words were removed from the corpus on the basis of different considerations: 1) words with a score of frequency of use less than 10 per million words (according to the MANULEX database) yielding a of recognition percentage that was less than 50%, 2) homonymous words like *boue* and *bout*, and 3) words with non generalized pronunciation across Canadian French communities (ex., *zoo*, *oeuf*, *clown*). This corresponded to eliminating a total of 60 pairs of sentences from the pool of recorded sentences since each key word appeared once in a HP and once in a LP sentence.

The remaining 280 sentences were divided into seven lists of 40 sentences, ensuring that the familiarity value of the key words was evenly distributed across the lists. Each list contained 20 HP and 20 LP sentences. Any key word appeared only once in a given list, as in the SPIN test (Kalikow & al., 1977). The lists were transferred onto seven separate CDs for the speech intelligibility in noise testing described in the following section.

### *Experiment 1 - Measurement of the Key Words Intelligibility in Noise*

The goal of Experiment 1 was to determine if speech intelligibility in noise of the key words was homogeneous across the seven sentence lists.

#### *Participants.*

Ten French speaking adults (five females and five males) between 19 and 28 years of age (average 22 years old) were recruited for the measurement of key word intelligibility. Once the consent form was signed, each participant had to fill out a questionnaire to rule out any exclusionary criteria such as history of otological problems, language delay, attention disorders or general learning delay. If none of these criteria was identified, the participants were asked to undergo a bilateral hearing screening at 500, 1000, 2000 and 4000 Hz in an audiometric test suite. Using a Midimate 622 audiometer (Madsen), the test tones were presented at 15 dB HL with TDH 39 earphones. If no sign of hearing loss was identified, the person was invited to participate in the experiment.

#### *Procedure.*

Each participant was tested individually using the same audiometer and earphones as for the hearing screening, and two CD players. The sentences were transmitted via one CD player (Panasonic RX-D27) connected to the audiometer. The speech babble was conveyed via another CD player (TASCAM CD-A500) connected to a different audio-input channel of the audiometer. The seven lists of 40 sentences were presented at a SNR of 0 dB (the sentences and the speech babble at 65 dB HL) with monaural right ear presentation. The selection of this SNR of 0 dB was based on Kalikow et al. (1977) work for the SPIN test. Speech babble of French talkers (4 females and 4 males) by Perrin and Grimault (2005) was used. Among the available pre-recorded babble, the one from Perrin and Grimault was the most representative of the babble conditions of the

target population (i.e., Canadian French population). The speech babble was recorded in a continuous loop on a separate CD.

The order of the lists of sentences was partially counterbalanced across the participants (based on a Latin Square design). Participants were instructed to report the last word of each sentence they heard, and to guess if necessary.

### *Results.*

The group means for the HP and LP items and standard deviations for each list are provided in Figure 1. All values are shown in percentage in this figure. Across the seven lists, the percentage of correct word recognition score ranged from 77% to 90.5% for the HP sentences (range of 13.5%), and from 58% to 74.5% for the LP sentences (range of 16.5%).

– Insert Figure 1 about here –

As for all the statistical analyses presented in this paper, arcsine transformation was applied to the data to stabilize the error of variance (Studebaker, 1985). An alpha level of 0.05 was used for all the statistical comparisons unless otherwise indicated. A repeated-measures, two-way analysis of variance (ANOVA) was performed on the mean average score obtained for the HP sentences and the LP sentences at each list. The ANOVA was conducted with the factor Type of sentences (HP and LP sentences) and the factor List (seven lists). There was a significant main effect of Type of sentence [ $F_{(1,54)} = 98.73, p = 0.000, \eta^2 = 0.92$ ] across the seven lists. There was also a significant main effect of List [ $F_{(3,49,54)} = 5.28, p = 0.000, \eta^2 = 0.37$ ]. The interaction of Type of sentences  $\times$  List was significant [ $F_{(6,54)} = 2.73, p = 0.022, \eta^2 = 0.23$ ]. The effect of Type of sentences  $\times$  List was anticipated given that the HP-LP difference score ranged appreciably across the lists, from 9% to 28.5%. As the sentence sets had to be re-worked

to ensure an even distribution of the key words intelligibility in noise value across the seven lists, no further statistical analyses were warranted.

Based on these results, the test sentences were re-distributed into a different set of seven lists of 40 sentences. The sentences were re-assembled ensuring an even distribution of the key words across the lists according to the familiarity and intelligibility values obtained from the previous measurements. These lists were recorded on seven separate CDs for the key words predictability testing described in the following section.

### *Experiment 2 – Evaluation of the Key Words Predictability*

The goal of Experiment 2 was to ascertain the homogeneity the HP and LP sentences across the seven revised lists according to their degree of predictability.

#### *Participants.*

A sample of 14 French speaking adults (11 females and 3 males) between 21 to 27 years of age (average of 23 years old) was recruited for this study. None of the participants had taken part in Experiment 1. Prior to the experiment, participants were asked to sign a consent form and to fill out a questionnaire to rule out any exclusionary criteria. Inclusionary and exclusionary criteria used to recruit the participants were the same as the ones for Experiment 1. If none of the exclusionary criteria was identified, the participants were screened for normal hearing sensitivity (responses  $\leq 15$  dB HL at octave intervals between 500 to 4000 Hz).

#### *Procedure.*

Each participant was tested individually in an audiometric suite with the same equipment as for Experiment 1. The seven revised lists of 40 sentences were presented at the SNR of -2 dB (sentences at 65 dB HL and speech babble at 67 dB HL) with

monaural right ear presentation. The selection of the SNR of -2 dB was based on pilot data obtained from three participants. The pilot data indicated that the maximum difference in performance between HP and LP sentences was within that specific range of SNR. The same speech babble CD by Perrin and Grimault (2005) used for Experiment 1, was employed for this study. The order in which the sentence lists were presented was partially counterbalanced across the participants (based on a Latin Square design). Participants were instructed to report the last word of each sentence they heard and to guess if necessary.

### *Results.*

The group means for the HP and LP items and standard deviations for each list are summarized in Figure 2. Across the lists, the scores ranged from 57.5% to 63.9% for the HP sentences and from 34.3% to 45% for the LP sentences.

– Insert Figure 2 about here –

A repeated-measures, two-way ANOVA was performed on the mean average score obtained for the HP sentences and the LP sentences at each list. The ANOVA was conducted with the factor Type of sentences (HP and LP sentences) and the factor List (seven lists). There was a significant main effect of the Type of sentences [ $F_{(1,78)} = 11.72$ ,  $p = 0.005$ ,  $\eta^2 = 0.47$ ], but the main effect of List did not reach significance level [ $F_{(6,78)} = 0.77$ ,  $p = 0.60$ ,  $\eta^2 = 0.06$ ]. The interaction of Type of sentences  $\times$  List was significant [ $F_{(6,78)} = 29.3$ ,  $p = 0.000$ ,  $\eta^2 = 0.69$ ] indicating that the difference score between the two types of sentences was influenced by the list. Essentially, the results of these analyses suggested that the lists had to be re-worked to obtain equivalent sentence sets. Hence, no further statistical analyses were warranted at that point.

A total of forty key words were removed from the corpus (i.e., 80 sentences) based on the following observations: 1) key words for which a higher percentage score was



noted in LP sentence context compared to corresponding HP sentence context, 2) key words for which a lower percentage of correct recognition score was observed in HP sentence context compared to the corresponding LP sentence context, and 3) key words with the same recognition score in both the HP and the LP sentence context.

The remaining 100 HP sentences and 100 LP sentences were assembled into five lists of 40 sentences, ensuring an even distribution of the key words across the lists according to their familiarity value, their intelligibility in noise value (from Experiment 1), as well as their key words predictability value (from Experiment 2). The five lists were recorded on one CD, each list being on a different track. This constitutes the actual version of the sentence lists set of the TPB (see a sample of the TPB lists in Table 1). However, before the lists could be considered for speech perception in noise testing, the performance at various SNRs had to be verified. This verification is described in the following section.

- Insert Table 1 about here -

### *Experiment 3 - Verification of the Performance on the TPB at Various SNRs*

The principal objective of this experiment was to evaluate the magnitude of the difference between the percentage of correct word recognition with the HP sentences and the LP sentences for normally hearing adults as a function of SNR.

#### *Participants.*

A group of 22 French speaking adults was recruited for this study. None of them had taken part in Experiment 1 or 2. Their age range extended from 19 to 43 years old (average of 27 years old). As for the previous experiments, all the participants were required to sign a consent form and to fill out a questionnaire to rule out the presence of any exclusionary criteria. The inclusionary and exclusionary criteria were the same as

those used for Experiment 1. The participants were also screened for normal hearing (responses  $\leq 15$  dB HL at octave frequencies between 500 to 4000 Hz).

Seven participants had to be excluded from the study. Two participants reported a diagnosis of attention disorder during their childhood. One participant failed the audiological screening assessment. The data from four participants were also discarded from the analyses because they only completed four out of the five experimental conditions (due to lack of time). In total, the data from 15 participants (nine females and 6 males) were considered this study.

#### *Procedure.*

This experiment was conducted in a quiet room at the Université du Québec à Trois-Rivières (Québec, Canada), which met the ANSI S3.1-1999 R2008 specifications. The same equipment used for Experiment 1 and 2 was employed, i.e., a Midimate 622 audiometer and TDH 39 earphones. The audiometer was connected to two Panasonic RX-D27 CD players. As the sentences and the babble noise were to be presented bilaterally, a local audiometric equipment company (Genie Audio Inc., Montreal) was consulted for the development of a mixer device that would allow for the bilateral presentation of both the sentences and the speech babble with the portable audiometer.

Each participant was tested individually with the five lists of the TPB and the same speech babble (Perrin & Grimault, 2005) as for the previous experiments. All the participants listened to each of the five lists presented at five different SNRs, i.e.: -6, -4, -2, 0 and +2 dB. The sentences lists were always presented at 60 dB HL. The order of presentation of the lists and SNRs was partially counterbalanced across the participants (based on a Latin Square design). The sentences and the babble noise were presented bilaterally. It was felt that bilateral presentation would allow for evaluation of speech processes under more natural listening conditions than unilateral presentation.

### *Results.*

Mean results for the experiment are summarized in Figure 3. The percentage for correct word recognition scores for the HP and LP sentences obtained at each SNR are presented. As in other studies on speech recognition performance (Boothroyd & Nittrouer, 1988; Laroche & al., 2003; Mayo & al., 1997), the percentage of correct responses obtained at each SNR was transformed into  $z$  scores. This transformation of the scores was executed to linearize their relationship to the SNRs. The  $z$  scores as a function of SNR, for each type of sentence, is illustrated in the left panel of Figure 4. A linear regression function was also calculated with the  $z$  scores. As illustrated in Figure 4, the data are well fitted by the linear regression function. The  $r^2$  variance accounted for by each of these functions was well over 0.9, which is an indication of the good fit. The functions obtained for the HP and the LP sentences roughly show similar slopes, i.e., 0.381  $z$ /dB for the HP sentences and 0.400  $z$ /dB for the LP sentences.

– Insert Figure 3 about here –

From the linear regression function, the  $z$ -scores were converted back to percentages to produce intelligibility ogive plots for LP and HP sentence, as shown in the right panel of Figure 4. As expected, the data obtained with the HP and LP of the TPB provided typical ogive speech intelligibility functions as the SNR increases. Based on these functions, 50% key word intelligibility is reached at a lower SNR with HP sentences (-2.8 dB) than with LP sentences (-0.85 dB). Conversely, the HP sentences function is higher than the one for the LP sentences at all SNRs.

- Insert Figure 4 about here –

A repeated-measures, two-way ANOVA was performed on the mean average scores obtained for the HP and the LP sentences at each SNR to test the statistical reliability of these trends. The analysis of variance was conducted with two within-

subject factors: Type of sentence (HP and LP sentences) and SNR (five levels corresponding to the five tested SNRs). The analysis revealed a significant main effect of Type of sentence [ $F_{(1,56)} = 268.35, p = 0.000, \eta^2 = 0.95$ ] and a significant main effect of SNR [ $F_{(4,56)} = 273.97, p = 0.000, \eta^2 = 0.95$ ]. The interaction of the Type of sentence  $\times$  SNR was also significant [ $F_{(2.3,56)} = 8.46, p = 0.001, \eta^2 = 0.38$ ], suggesting that the difference score between the two types of sentence was influenced by the SNR.

Additional analyses were conducted to explore the nature of the Type of sentence  $\times$  SNR effect. This was accomplished by comparing the performance of the HP and the LP sentences at each SNR. Five paired *t*-tests indicated that the performance for the HP sentences were significantly different from the performance obtained with the LP sentences at each of the five SNRs tested, using the Bonferroni correction (critical alpha level of 0.01). The *p* values for these *t*-tests are indicated by the asterisks in Figure 3 (i.e., \*  $p = 0.01$ ; \*\*  $p < 0.001$ ).

In keeping with other studies in which difference scores (DS) were used to characterize the gain in speech perception performance attributable to the provision of additional linguistic and contextual cues or by the provision of visual information (Elliott & Busse, 1987; Erber, 1975; Gagné, Tugby, & Michaud, 1991; Pichora-Fuller & al., 1995), the HP-LP sentences DS was computed (from the percentage scores obtained at each SNR illustrated in Figure 3). The plot of the HP-LP difference scores as a function of SNR is illustrated in Figure 5. The plot reveals an inverted u-shaped relationship between the gain in recognition accuracy due to the HP sentences additional linguistic contextual cues and the SNR. Using the DS measure, it appears that the maximum benefit of the linguistic contextual cues for this group of listeners occurs at the center of the curve, at the SNR of -2 dB, with a gain of 21.3%.

- Insert Figure 5 about here -

A repeated measures, one-way ANOVA of the HP-LP sentences DS yielded a significant main effect of the benefit of linguistic context across the five tested SNRs [ $F_{(4,56)} = 4.43$ ,  $p = 0.004$ ,  $\eta^2 = 0.24$ ]. Paired-t-test analyses indicated that the DS obtained at SNR of  $-6$  dB was significantly different to the one obtained at SNR of  $-2$  dB ( $t_{(14)} = 4.34$ ,  $p = 0.001$ ) and to the one obtained at SNR of  $0$  dB ( $t_{(14)} = 4.40$ ,  $p = 0.001$ ) using the Bonferroni correction (critical alpha level of  $0.005$ ). The results of the eight other comparisons (between each pair of SNR) did not reach significance level. This apparent lack of distinction of the DS value obtained across the other pairs of SNRs is probably related to the strict corrected alpha level (i.e.,  $0.005$ ).

The results obtained in this experiment revealed that the performance for HP and LP sentences of the TPB increase as the SNR increases. The performance obtained with the HP sentences is significantly higher than the one obtained with the LP sentences at SNRs of  $-6$ ,  $-4$ ,  $-2$ ,  $0$  and  $+2$  dB HL. The measures also suggested that the maximum HP-LP difference score is observed at SNR of  $-2$  dB. As expected, this SNR is near the midpoints of the ogive functions for HP and LP sentences. At higher and lower SNRs, the difference between ogives decreases.

## **Discussion**

As has been found in research studies and clinical investigations conducted in English, many clinical tests are available in French to measure speech recognition performance in the presence of background noise. However, few tests make it possible to identify the underlying causes of the problems observed. SPIN-like tests appear to be a promising tool to explore the underlying origins of speech listening problems in noise, but no similar test was available in French. Given the linguistic structure of French, a simple translation of the English version of the SPIN test was not recommended.

This paper described the development of the TPB, which is a French adaptation of the SPIN test. The TPB consists of five lists of forty recorded sentences and French

speech babble (Perrin & Grimault, 2005). Each list is composed of 20 HP sentences and 20 LP sentences. The lists can be presented with the speech babble at different SNRs. This test manipulation is relevant for determining the extent to which a listener's responses to each type of sentence are influenced as a function of SNR (Kalikow & al., 1977). As with the SPIN test, the results obtained from the TPB may be analyzed from different perspectives, for example, by studying the difference between the score on HP and LP sentences as a function of SNR. This perspective illustrates the contribution of language knowledge and ability to use the linguistic context of the HP sentences to understand speech (Elliott & Busse, 1987). It also shows at which SNR the listener benefits the most from the use of the linguistic and contextual cues.

The procedure used to elaborate the TPB sentences was similar to the one used to develop the SPIN test. A total of 280 sentences (140 HP sentences and 140 LP sentences) were used as an initial corpus. These sentences were distributed in seven lists of 40 sentences (20 HP and 20 LP sentences). In assigning key words to each list, the familiarity value of each key word was taken into account.

Intelligibility in noise of the seven lists was tested (Experiment 1) as well as key words predictability (Experiment 2). A total of 80 sentences (40 key words) had to be removed from the corpus as the averaged measured predictability value indicated that did not meet the predetermined criteria (i.e., for a given key word, a higher recognition score should be obtained when in HP context compared to when in the LP context). The final corpus of 200 sentences (100 HP sentences and 100 LP sentences) was then re-distributed into five lists of 40 sentences, ensuring an even distribution of the key words familiarity, intelligibility and predictability values across the lists. These five lists of sentences constitute the actual version of the TPB (see a sample of the TPB sentence lists in Table 1).

The TPB sentence lists were then evaluated with a sample of 15 adults at five different SNRs (i.e., SNR of -6, -4, -2, 0 and +2 dB) (Experiment 3). The results

obtained in this experiment revealed that performance on HP and LP sentences of the TPB increased as the SNR increased. The performance obtained with HP sentences was significantly higher than the one obtained with LP sentences at SNRs of -6, -4, -2, 0 and +2 dB. For these five noise conditions at which the measures were performed, the maximum difference between the HP and LP sentences scores is noted at the SNR of -2 dB. The same SNR was also reported by Pichora-Fuller et al. (1995) in their study conducted with a group of normally hearing adults using the SPIN-R test.

The maximum HP-LP difference scores (collapsed across the SNRs of -6, -4, -2, 0 and +2 dB) observed with the TPB was 21.3 %. This is less than what is reported in other studies conducted among normal hearing adults with the SPIN or SPIN-R test, i.e., 40% on average (Elliott & Busse, 1987; Kalikow & al., 1977; Pichora-Fuller & al., 1995). One of the reasons for the difference noted in the maximum difference of scores between the TPB and the SPIN test may be related to the average performance on the LP sentences. At SNR of 0 dB for example, the average performance on LP sentences with the TPB test was 67.7%. At the same SNR of 0 dB, Kalikow et al. (1977) reported an average performance of 37.4% for LP sentences of the SPIN test. On the other hand, performances on HP sentences of the TPB were similar to the ones reported for the SPIN test at SNR of 0 dB. In this study, an average performance of 85.3% was obtained on the HP sentences, while Kalikow et al. (1977) reported an average performance of 87.7%.

The discrepancy between LP sentences of the SPIN test and the TPB may be associated to the syntactic structures of the sentences. As opposed to the TPB, many LP sentences of the SPIN test share the same words. For example, in the test form 2.1 of the SPIN test, eight out of 25 LP sentences share the verb ‘*discuss*’, e.g., «*The old man discussed the dive*», «*Miss Brown shouldn't discuss the sand*», «*They did not discuss the screen*», etc. This leads to sentences that are similar to conventional monosyllabic word tests in which a standard like carrier phrase is used, minimizing the linguistic context

information. On the other hand, each LP sentence of the TPB has its unique words. Moreover, their syntactic structure is different to a standard like carrier phrase and probably provides more linguistic context than the LP sentences found in the SPIN test. This difference in the syntactic structures used may explain the higher recognition scores for the LP sentences of the TPB compared to the ones of the SPIN test.

The exploration of the speech perception problems experienced by individuals with auditory processing disorder (APD) counts among potential applications of the TPB. The American Speech-Language-Hearing Association (2005) refers to APD as difficulties in the perceptual processing of auditory information at the level of the central auditory nervous system. However, at the present time, the results of available studies have not specifically and unequivocally identified the underlying causes of reported speech perception problems in noise by individuals with APD (Muchnik & al., 2004). If the underlying dysfunction in the case of APD is basically the auditory processing of the acoustic speech signal and is not related to language-based processing, listeners with APD should be equally competent at using linguistic contextual cues on the TPB as individuals without listening deficit. It appears that this characteristic could be explored by using the TPB. Although the use of linguistic contextual cues is only one component of the top-down processing involved in speech perception process, its measure can provide some information about the language-based competence of the listener that is not possible with the other available speech in noise tests.

## **Conclusion**

The objective of this paper was to describe the initial steps used to develop the TPB. Based on the results obtained this far, additional investigations are warranted to further evaluate the psychometric properties of the TPB before its widespread use in research studies or clinical applications. Nevertheless, it is believed that the sentence list sets that evolved from this work have the necessary characteristics to be useful for the exploration of the underlying auditory and language-based origins (specifically, the use



of linguistic context cues) of speech perception problems in noise among the French populations. A better understanding of the underlying origins of speech understanding difficulties in noise should help in the development of more specific and effective intervention programs.

## **Acknowledgments**

The authors wish to thank Andréa Bissonnette, Amélie Gaudreault, Mélanie Gagnon, Charlotte Ballet, Marie-Claude Levasseur, Gassia Jakmakjian, Yang Huang and Marie-Claude Chouinard for their assistance with various stages of the data collection. A special thanks to Anne-Marie Hurteau for agreeing to be the talker in our recordings, as well as to all the participants at the various stage of the test development. The authors would also like to extend their thanks to the Conseil des Écoles Publiques de l'Est de l'Ontario and the Université du Québec à Trois-Rivières for their collaboration to this project.

Portions of this paper were presented at the *9th Congress of International Commission on Biological Effect of Noise*, Mashantucket, July 2008.

This work was supported by a doctoral fellowship from the Centre de recherche du CHU Sainte-Justine and Fonds québécois de la recherche sur la nature et les technologies.

## References

- American National Institute. 1999-R2008. *Maximum Permissible Ambient Noise Levels for Audiometric Test Rooms* (ANSI S3.1-1991). New York: Author.
- American Speech-Language-Hearing Association. 2005. *(Central) Auditory Processing Disorders*. Available at <http://www.asha.org/members/deskref-journals/deskref/default>
- Bilger, R.C., Nuetzel, M.J., Rabinowitz, W.M. & Rzeczkowski, C. 1984. Standardization of a test of speech perception in noise. *J Speech Lang Hear Res*, 27, 32-48.
- Boothroyd, A., & Nittrouer, S. 1988. Mathematical treatment of context effects in phoneme and word recognition. *J Acoust Soc Am*, 84, 101-114.
- Cool Edit Pro software. 2003. Best Audio Editing Software (Version 2.1) [Computer software]. Scottsdale, AZ: Synthrillium.
- Dubno, J.R., Ahlstrom, J.B., & Horwitz, A.R. 2000. Use of context by young and aged adults with normal hearing. *J Acoust Soc Am*, 107, 538-546.
- Elliott, L.L. 1995. Verbal auditory closure and the speech perception in noise (SPIN) Test. *J Speech Lang Hearing Res*, 38, 1363-1376.
- Elliott, L.L. & Busse, L.A. 1987. Auditory Processing by Learning Disabled Adults. In D. Johnson & J. Blalock (eds.), *Adults with Learning Disabilities: Clinical studies*. New York: Grune & Stratton, pp.107-129.
- 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. *J Acoust Soc Am*, 66, 12-21.
- Epstein, A., Giolas, T.G., & Owens, E. 1968. Familiarity and Intelligibility of Monosyllabic Word Lists. *J Speech Lang Hear Res*, 11, 435-438.
- Erber, N.P. 1975. Auditory-visual perception in speech. *J Speech Hearing Disorder*, 40, 481-492.

- Fallon, M., Trehub, S.E. & Schneider, B.A. 2000. Children's perception of speech in multitalker babble. *J Acoust Soc Am*, 108, 3023-3029.
- Florentine, M. 1985. Speech perception in noise by fluent, non-native listeners. *J Acoust Soc Am*, 77, S106-S106.
- Gagné, J.P., Tugby, K.G., & Michaud, J. 1991. Development of a Speechreading Test on the Utilization of Contextual Cues (STUCC): Preliminary Findings with Normal-Hearing Subjects. *J Acad Rehabil Audiol*, 24, 157-170.
- iMovie. 2004. Video Editing Software (version 4) [Computer software]. Cupertino, CA: Apple Inc.
- Kalikow, D.N., Stevens, K.N., & Elliott, L.L. 1977. Development of a test of speech intelligibility in noise using materials with controlled word predictability. *J Acoust Soc Am*, 61, 1337-1351.
- Laroche, C., Soli, S., Giguère, C., Lagacé, J., Vaillancourt, V., & Fortin, M. 2003. An Approach to the Development of Hearing Standards for Hearing-Critical Jobs. *Noise Health*, 6, 17-37.
- Lété, B., Sprenger-Charolles, L., & Colé, P. 2004. MANULEX : A grade-level lexical database from French elementary-school readers. *Behav Res Methods*, 36, 156-166.
- Mayo, L.H., Florentine, M., & Buus, S. 1997. Age of Second-Language Acquisition and Perception of Speech in Noise. *J Speech Lang Hear Res*, 40, 686-693.
- Muchnik, C., Roth, D. A.-E., Othman-Jebara, R., Putter-Katz, H., Shabtai, E.L., & Hildesheimer, M. 2004. Reduced Medial Olivocochlear Bundle System Function in Children with Auditory Processing Disorders, *Audiol Neurootol*, 9, 107-114.
- Perrin, F. & Grimault, N. 2005. *Fonds sonores*. Laboratoire Unités Mixtes de Recherche, Centre National de la Recherche Scientifique 5020, Lyon, France.
- Pichora-Fuller, K.M., Schneider, B., & Daneman, M. 1995. How young and old adults listen to and remember speech in noise. *J Acoust Soc Am*, 97, 593-608.

- Schum, D.J., & Matthews, L.J. 1992. SPIN test Performance of Elderly Hearing-Impaired Listeners. *J Acoust Soc Am*, 3, 303-307.
- Studebaker, G.A. 1985. A "Rationalized" Arcsine Transform. *J Speech Lang Hear Res*, 28, 455-462.

**Table Caption**

*Table 1.* Samples of the actual version of the TPB sentence lists. The type of sentences is indicated in parentheses at the end of each item, i.e., HP for the high predictable sentences and LP for the low predictable sentences. Each key word appears once in HP and once in a LP sentence, but only once in a given list, for example, the word *camp* appears in the list 1 in the HP context (bold) and in the list 2 in the LP context.

### Liste 1

- 1-Ce marchand vend des perles. (LP)
- 2-Claudie a découvert une mine. (LP)
- 3-Mon grand-père se berce sur sa chaise. (HP)
- 4-J'ai lu le livre jusqu'à la fin. (HP)
- 5-Il grave son nom sur du bronze. (LP)
- 6-Nos poumons respirent toujours de l'air. (HP)
- 7-Ma grand-mère a cousu ma robe. (LP)
- 8-J'ai quatre as dans mon jeu de cartes. (HP)
- 9-Jeanne se coupe les ongles. (LP)
- 10-Le chanteur a une très belle voix. (HP)
- 11-Tu as attaché ta tuque. (LP)
- 12-Elle lui fait signe de la main. (HP)
- 13-Certains soldats deviennent des fous. (LP)
- 14-Cette couverture est faite en laine. (LP)
- 15-J'enlève la neige avec une pelle. (HP)
- 16-Une main a quatre doigts et un pouce. (HP)
- 17-Mes enfants jouent avec une toile. (LP)
- 18-Ce cheval appartient au roi. (LP)
- 19-Ce joueur d'hockey fait des belles passes. (HP)
- 20-Le ballon roule vers le but. (LP)

- 21-Ma cousine a trouvé un gros os. (LP)
- 22-Cette chanson s'appelle « vive le vent ». (HP)
- 23-J'ai acheté de la gomme. (LP)
- 24-On voit mieux la lune pendant la nuit. (HP)
- 25-Les deux garçons jouent à la guerre. (LP)
- 26-Il est mort quand j'avais cinq ans. (HP)
- 27-Ils chantent autour du feu de **camp**. (HP)
- 28-Les deux amis ont fait la paix. (LP)
- 29-Il faudra mettre une deuxième couche. (LP)
- 30-J'enferme mon chat dans sa cage. (HP)
- 31-Tous les trains roulent sur des rails. (HP)
- 32-Nous lui avons donné un verre. (LP)
- 33-Ce chandail n'a pas de prix. (LP)
- 34-Il fend le bois avec une hache. (HP)
- 35-Le frappeur a frappé la balle. (HP)
- 36-Maman a coupé les fleurs. (LP)
- 37-L'avion vole haut dans le ciel. (HP)
- 38-Le fermier va nourrir ces vaches. (LP)
- 39-Le jardinier arrose ses plantes. (HP)
- 40-Les girafes ont un grand cou. (HP)

### Liste 2

- 1-Ce quilleur fait tomber toutes les quilles. (HP)
- 2-Jacinthe s'en va à son cours d'art. (LP)
- 3-Ils sont tous partis au **camp**. (LP)
- 4-J'aime le beurre à l'ail. (HP)
- 5- ...

### Figure Captions

*Figure 1.* Percentage of correct key word recognition score obtained by 10 adults for seven lists of sentences at a signal-to-noise ratio of 0 dB (Experiment 1). For each list, the dark grey bar represents the mean average percentage obtained for 20 high predictable sentences and the grey bar represents the mean average percentage obtained for 20 low predictable sentences.

*Figure 2.* Percentage of correct key word recognition score obtained by 14 adults for seven lists of sentences at a signal-to-noise ratio of -2 dB (Experiment 2). For each list, the dark grey bar represents the mean average percentage obtained for 20 high predictable sentences and the grey bar represents the mean average percentage obtained for 20 low predictable sentences.

*Figure 3.* Percentage of correct key word recognition score obtained by 15 adults at various signal-to-noise ratios (SNR) with the TPB sentence lists (Experiment 3). The filled line with the square symbol illustrates performance with high predictable sentences and the broken line with the diamond symbol illustrates performance with low predictable sentences at each SNR. Significant differences between both types of sentences are indexed with stars (\*  $p = 0.01$ ; \*\*  $p < 0.001$ ).

*Figure 4.* Percentage of the correct key word recognition scores illustrated in Figure 3 was transformed in z-scores. The z-scores as a function of the signal-to-noise ratio (SNR) for high predictable (HP) (square symbol) and low predictable (LP) sentences (diamond symbol) are illustrated in the left panel. The regression linear function derived from the z-scores is also illustrated with a filled line for HP sentences and the broken line for LP sentences. The z-scores from the linear regression function have been converted into percentages to produce an intelligibility ogive plot. The ogive function is shown in the right panel with a filled line for HP sentences and a broken line for LP sentences.



*Figure 5.* The broken line with the triangle symbols illustrates the difference of scores between high predictable and low predictable sentences (in percent) as a function of signal-to-noise ratio. These results were obtained from 15 adults with the TPB lists (Experiment 3).

Figure 1

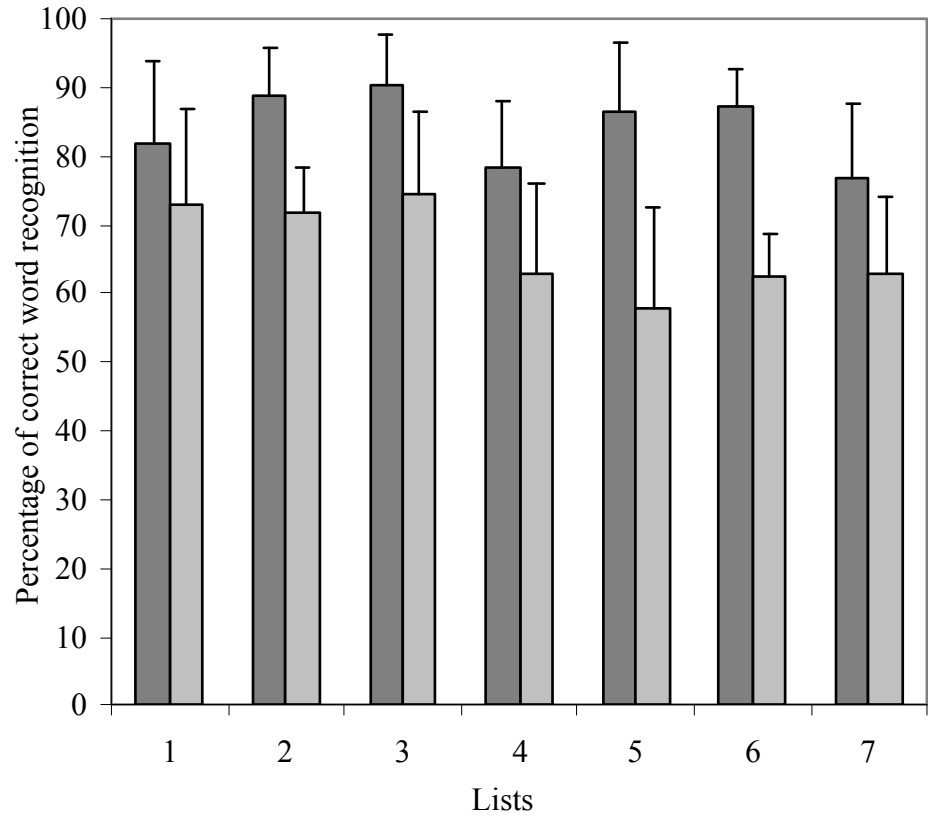


Figure 2

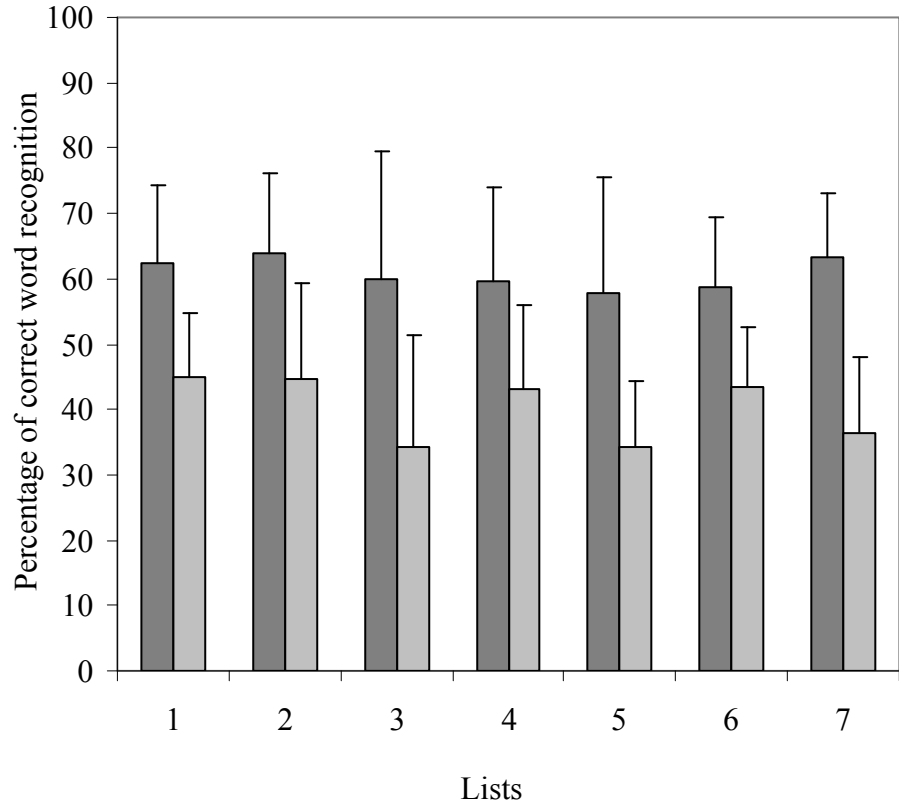


Figure 3

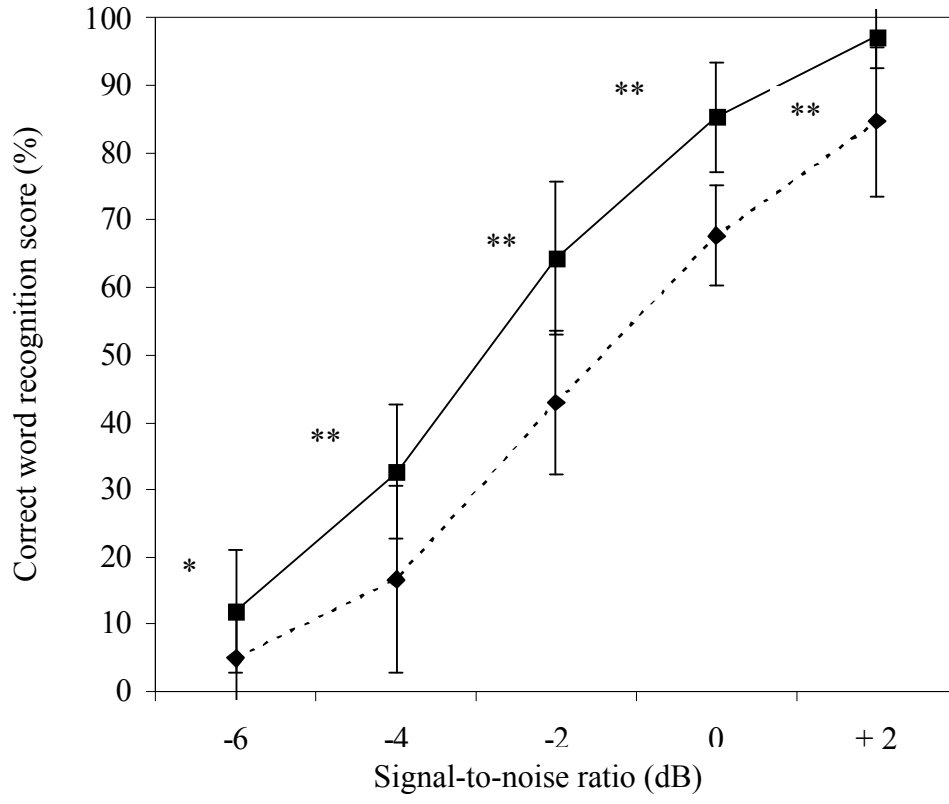


Figure 4

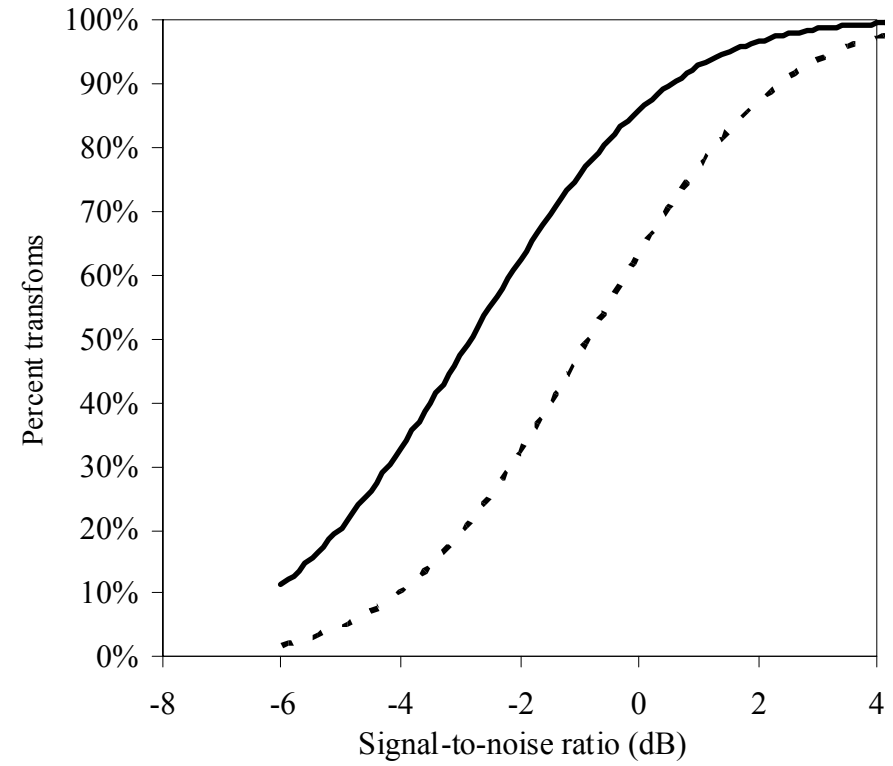
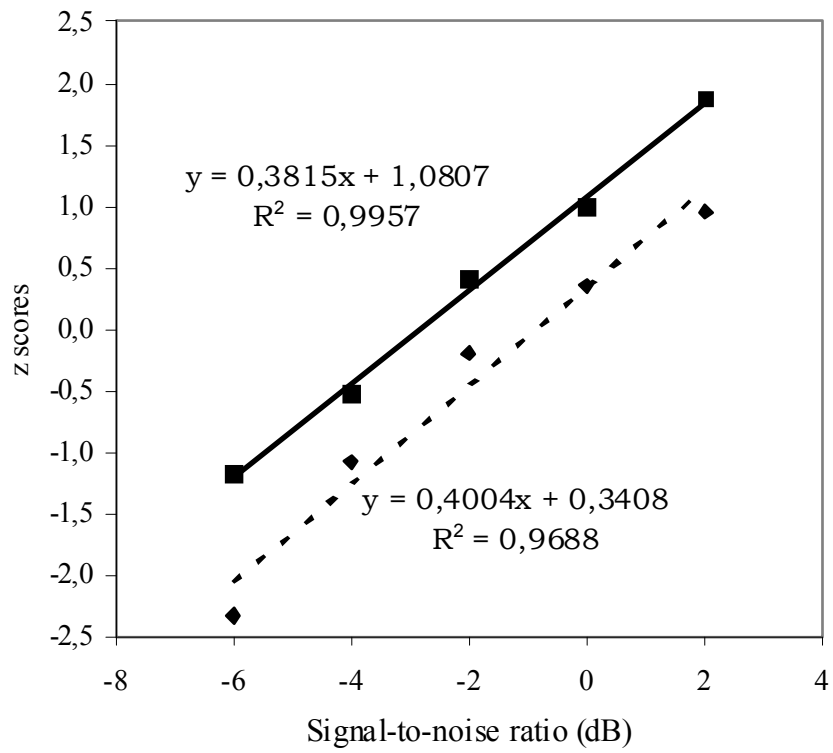
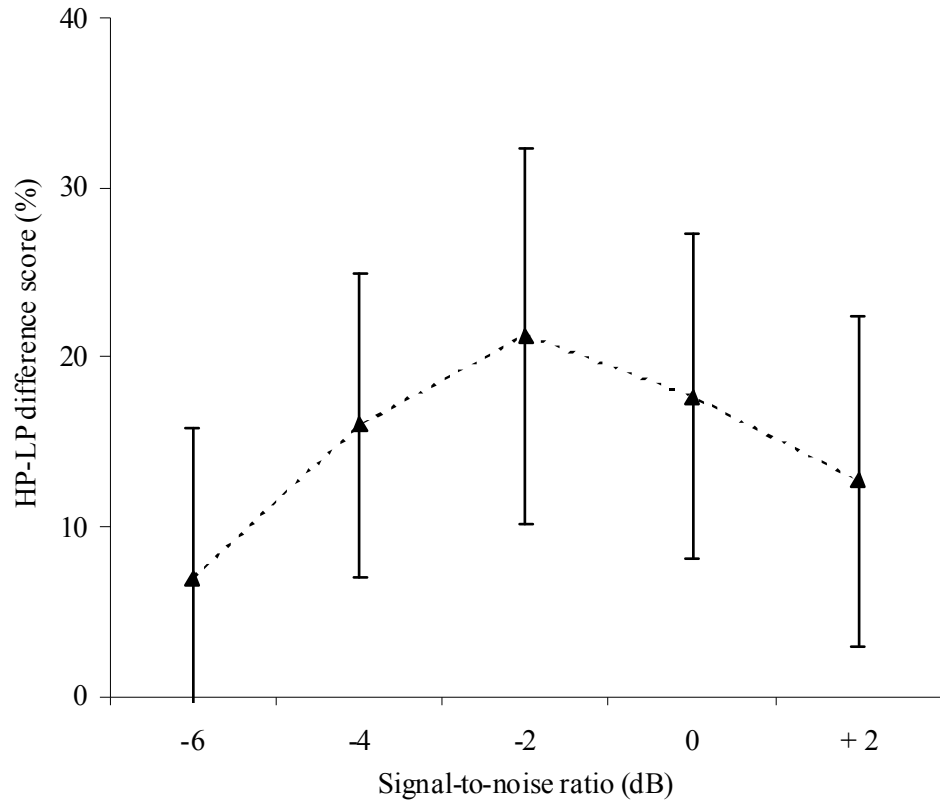


Figure 5



## **Section 2.2**

### **Mesure exploratoire de l'équivalence des listes du TPB**

L'objectif de cette expérimentation était de vérifier l'équivalence des cinq listes du TPB. Cette vérification était pour s'assurer que les cinq listes pouvaient être utilisées de façon interchangeable.

### **2.2.1 Participants et procédure**

En fait, les résultats de 19 participants ayant participé à l'Expérimentation 3 (voir article 2) ont été retenus (incluant ceux qui n'avaient eu le temps de compléter quatre conditions d'écoute) pour ces mesures, de même que ceux obtenus auprès de huit participants additionnels. Ces derniers ont été recrutés pour avoir un plus grand échantillon à chaque ordre de présentation. Les mêmes critères d'inclusion que pour l'Expérimentation 3 (voir article 2) ont été employés. La langue maternelle et d'éducation des participants étaient le français. Par ailleurs, la même procédure expérimentale (méthodologie, équipements et stimuli) que celle de l'Expérimentation 3 a été suivie pour ces huit participants additionnels, en s'assurant que l'ordre de présentation des cinq listes et des cinq rapports s/b était différent pour l'ensemble des participants.

Ainsi, au total, les données recueillies auprès de 27 adultes (13 femmes et 14 hommes) dont l'âge moyen est de 27 ans (entre 20 et 36 ans) ont été retenues pour cette vérification de l'équivalence des listes. Afin de permettre la comparaison des performances entre les listes, seuls les résultats obtenus au rapport signal-sur-bruit (s/b) de 0 dB ont été considérés.

### **2.2.2 Résultats**

Le pourcentage moyen de reconnaissance du mot clé des phrases hautement prévisibles (HP) et faiblement prévisibles (FP) obtenus au rapport s/b de 0 dB pour chacune de listes apparaît au Tableau 1. Pour les phrases FP, un écart de 5% est noté entre la moyenne la plus élevée et la plus faible entre les cinq listes du TPB. Le pourcentage moyen le plus bas pour les phrases FP est de 60% pour la Liste 2 et la Liste 5, alors que le pourcentage moyen le plus élevé est de 65% pour les Liste 1 et 4 (voir



l'Annexe B pour le corpus des cinq listes du TPB). Ces résultats suggèrent que les cinq listes de phrases FP du TPB sont équivalentes.

Cependant, le pourcentage de reconnaissance moyen du mot clé des phrases HP montre un écart de 16.1% entre les cinq listes du TPB. Le pourcentage de reconnaissance le plus élevé de 94% pour les phrases HP est obtenu avec la Liste 3, alors que le pourcentage moyen le plus faible de 77.9% est noté à la Liste 1.

Listes	Phrases HP (écart-type)	Phrases FP (écart-type)
1 (n=7)	77.9% (8.6%)	65.0% (11.1%)
2 (n=4)	93.8% (4.8%)	60.0% (13.5%)
3 (n=5)	94.0% (6.5%)	64.0% (15.6%)
4 (n=6)	85.8% (6.6%)	65.0% (8.9%)
5 (n=5)	83.0% (12.5%)	60.0% (17.7%)

Tableau 1. Valeur du pourcentage moyen (et écart-type) de reconnaissance du mot clé obtenu pour les phrases hautement prévisibles (HP) et les phrases faiblement prévisibles (FP) pour les cinq listes de phrases du TPB au rapport signal-sur-bruit de 0 dB. Le nombre de participants ayant été exposés à cette condition d'écoute pour chaque liste apparaît entre parenthèses.

Le pourcentage de reconnaissance moyen obtenu aux phrases HP et FP de chaque liste a été soumis à une transformation Arcsin avant l'analyse de variance. Cette transformation a été effectuée pour compenser l'effet de plafonnement observé pour les phrases HP. Afin de vérifier l'équivalence des performances pour les phrases HP et FP, une analyse de variance de type non paramétrique (Kruskal-Wallis) a été effectuée. Ce type d'analyse a été choisi en raison de l'échantillon inégal et petit à chaque liste ( $n \leq 7$  participants). Les résultats n'ont révélé aucun effet significatif de liste pour les phrases HP ( $X^2 = 2.17, p = 0.705$ ), ni pour les phrases FP ( $X^2 = 0.53, p = 0.970$ ). Cependant, la taille de l'effet de Liste pour les phrases HP est de 5.22, et de 0.79 dans le cas des phrases FP.

### 2.2.3 Synthèse

Les résultats des analyses statistiques n'ont montré aucun effet de liste tant pour les phrases HP que pour les phrases FP. Or, en examinant plus attentivement la taille de l'effet, i.e., 5.22 dans le cas des phrases HP, il y a une indication d'un effet de liste possible. Cet effet ne pouvait pas être décelé au moyen du test statistique employé en raison du petit échantillon à l'étude. En effet, les résultats de quatre participants seulement étaient disponibles pour les mesures de la Liste 2.

Il aurait été possible de calculer la taille d'échantillon nécessaire pour compléter la mesure d'équivalence des listes avec une puissance statistique satisfaisante, à partir des données obtenues dans le cadre de ces travaux. Compte tenu de l'investissement en temps et ressources qu'une évaluation plus exhaustive de l'équivalence des listes aurait nécessité, il a été convenu de s'en tenir aux résultats obtenus.

## **Section 2.3**

**Résultats obtenus auprès d'un groupe d'enfants soumis au  
TPB**

Cette expérimentation comprend deux volets. Dans un premier temps, les performances d'un sous-groupe d'enfants de 9 et 10 ans ont été comparées à celles d'un sous-groupe d'enfants de 11 et 12 ans au TPB. Ces mesures permettaient d'explorer l'effet de développement au TPB. Dans un deuxième temps, les mesures recueillies auprès de l'échantillon total ont servi à vérifier les performances d'enfants âgés entre 9 et 12 ans au TPB. L'objectif de ces vérifications était de vérifier si l'épreuve pouvait être employée auprès d'une population d'enfants.

### **2.3.1 Participants**

Le recrutement des enfants pour cette cueillette de données a été effectué auprès d'élèves de 4<sup>ème</sup>, 5<sup>ème</sup> et 6<sup>ème</sup> année de la région d'Ottawa et fréquentant les écoles francophones suivantes: l'école des Sentiers, l'école Le Prélude et l'école Jeanne Sauvé. À la suite de l'approbation du comité éthique du conseil scolaire dont font partie ces écoles, une entente a été préalablement conclue auprès de la direction de chaque école pour le recrutement de participants ainsi que l'accès à un local pour la cueillette de données. La direction devait s'assurer de la collaboration de l'enseignant des classes concernées, car la cueillette de données avait lieu pendant les heures de classe.

Suivant cette entente, un bref aperçu du but et du déroulement du projet a été présenté aux élèves de chaque classe par l'enseignante ou la chercheure principale. Les élèves qui manifestaient le désir de participer à l'étude recevaient alors une lettre d'information adressée aux parents, incluant un formulaire de consentement et un questionnaire (voir copie en Annexe C). Les élèves étaient informés qu'ils pouvaient participer au projet seulement s'ils remplissaient les conditions suivantes: 1) avoir le français comme langue maternelle et d'éducation, 2) avoir une acuité auditive normale et 3) avoir fait remplir le formulaire de consentement et le questionnaire par les parents.

Au total, 105 enfants âgés entre 9 ans 2 mois et 12 ans 5 mois (46 filles et 23 garçons) ont été recrutés pour cette expérimentation. Les critères d'exclusion à l'étude étaient la présence connue d'un problème de développement du langage, d'un problème

d'attention, d'antécédents otologiques ou d'un problème de développement général. Les résultats de 20 enfants n'ont pas été retenus pour les analyses en raison des conditions suivantes notées au questionnaire : la présence d'un problème d'attention (n=12), la présence d'un problème du développement du langage (n=4), une histoire d'antécédents otologiques (otites à répétition) (n=3) et un enfant a échoué le dépistage audiométrique. Par ailleurs, 16 enfants n'ont pas pu participer à l'étude parce qu'ils étaient absents de l'école lors de la journée de l'expérimentation (n=15) ou parce que les parents n'avaient pas rempli le questionnaire au complet (n=1). Ainsi, les résultats de 69 enfants (46 filles et 23 garçons) ont été retenus pour cette étude.

### **2.3.2 Équipement et stimuli expérimentaux**

Deux lecteurs de disques compacts de marque Panasonic (modèle RX-D27) connectés à un audiomètre Madsen Midimate 622 ont servi à la présentation des stimuli par l'entremise d'écouteurs supra auriculaires (TDH 39P). Les stimuli employés étaient les mêmes que ceux utilisés pour l'Expérimentation 3 (voir article 2), soit les phrases du TPB (voir Annexe B) préenregistrées sur un disque compact et un verbiage français composé d'un enregistrement sur CD de la parole de quatre hommes et quatre femmes (Perrin & Grimault, 2005). Les écouteurs étaient branchés à un dispositif permettant la présentation binaurale des phrases et du verbiage (développé spécialement pour le programme de recherche de cette thèse par Génie Audio Inc., Montréal). La présentation binaurale des stimuli (phrases et verbiage) a été choisie pour permettre des conditions acoustiques ressemblant le plus possible aux conditions d'écoute de la vie quotidienne.

Un sonomètre de marque Larson Davis (modèle 800B), de même qu'un microphone de marque Larson Davis (modèle 2575) ont été employés pour les mesures du niveau sonore ambiant du local où la cueillette de données avait lieu. De même, une source étalon B&K4230 ainsi qu'un préamplificateur de modèle PRM826B et de marque Larson Davis ont servi à ces mesures. Préalablement à la cueillette de données, une mesure du niveau sonore ambiant du local était effectuée avec le sonomètre afin de

s'assurer que les niveaux respectaient ceux prescrits par la norme ANSI S3.1 (1999-R2008).

### **2.3.3 Mesures expérimentales**

#### 2.3.3.1 Effet de développement

Chaque participant a été soumis à un dépistage auditif à 15 dB HL aux fréquences de 500, 1000, 2000 et 4000 Hz afin de déterminer si l'acuité auditive se situait à l'intérieur des limites normales. Dans le cas où les résultats suggéraient la présence possible d'un problème auditif, une lettre explicative à l'intention des parents était remise à l'enfant. Une consultation audiolinguistique était suggérée et une liste des services d'audiologie offerts dans la région était fournie (voir copie à l'Annexe D).

Suivant le dépistage audiométrique, on expliquait à l'enfant qu'il allait entendre des phrases présentées dans un premier temps avec un bruit ressemblant à celui retrouvé dans une cafétéria (i.e., le bruit de verbiage). On l'informait aussi que, dans un deuxième temps, les phrases seraient présentées sans aucun autre message sonore. Dans tous les cas, il s'agissait de répéter le dernier mot de chaque phrase entendue. On encourageait l'enfant à deviner le mot s'il n'était pas certain de ce qu'il avait entendu. La répétition des phrases n'était pas permise.

Une étape de familiarisation précédait les mesures expérimentales. Pendant cette étape, 10 phrases étaient présentées à un rapport signal-sur-bruit (s/b) de + 4 dB. Dans chaque cas, ces phrases étaient tirées d'une des listes à laquelle le participant n'était subséquentement pas exposé. À la suite de cette étape de familiarisation, chaque participant entendait trois listes de phrases du TPB présentées à trois rapports s/b différents.

Dans ce premier volet de l'expérimentation, un sous-groupe de 10 enfants (6 filles et 4 garçons) âgés entre 9 ans et 8 mois et 10 ans et 11 mois (groupe 9-10 ans) et un sous-groupe de 11 enfants (9 filles et 2 garçons) âgés entre 11 ans et 2 mois et 12 ans 5

mois (groupe 11-12 ans) ont été exposés aux rapports s/b de -2, 0 et +2 dB. Ces données ont été recueillies auprès de ces deux sous-groupes d'enfants pour vérifier si un effet de développement pouvait être noté avec le TPB.

Tous les participants n'ont été soumis qu'à ces trois conditions d'écoute dans le bruit. L'ordre de présentation des listes du TPB et des trois rapports s/b était différent pour chaque participant en suivant autant que possible le principe du carré latin, afin de contrebalancer l'effet de fatigue et d'apprentissage. Suivant les trois conditions de bruit, une liste de 25 phrases FP était présentée sans le verbiage afin de vérifier les performances dans la condition de silence.

À la fin de la session expérimentale d'une durée d'environ 30 minutes, chaque enfant recevait une lettre adressée aux parents. Cette lettre était envoyée pour remercier les parents et les informer des résultats normaux obtenus au dépistage audiométrique (voir copie à l'Annexe D). De même, en guise d'appréciation pour sa participation, chaque enfant était invité à choisir un objet parmi une sélection d'items tels que des cartes illustrant des joueurs de hockey, des autocollants, des crayons, des calepins, etc.

#### *2.3.3.1.1. Résultats.*

Afin d'évaluer la présence d'un effet de développement au plan des performances au TPB pour les différentes conditions d'écoute et selon le types de phrases, les résultats obtenus auprès du groupe 9-10 ans ont été comparés à ceux obtenus auprès du groupe 11-12 ans. Le pourcentage moyen de reconnaissance du mot clé des phrases faiblement prévisibles (FP) aux rapports s/b de -2, 0 et +2 dB apparaît à la Figure 1 et les résultats obtenus avec les phrases hautement prévisibles (HP) auprès des deux mêmes groupes d'enfants apparaissent à la Figure 2.

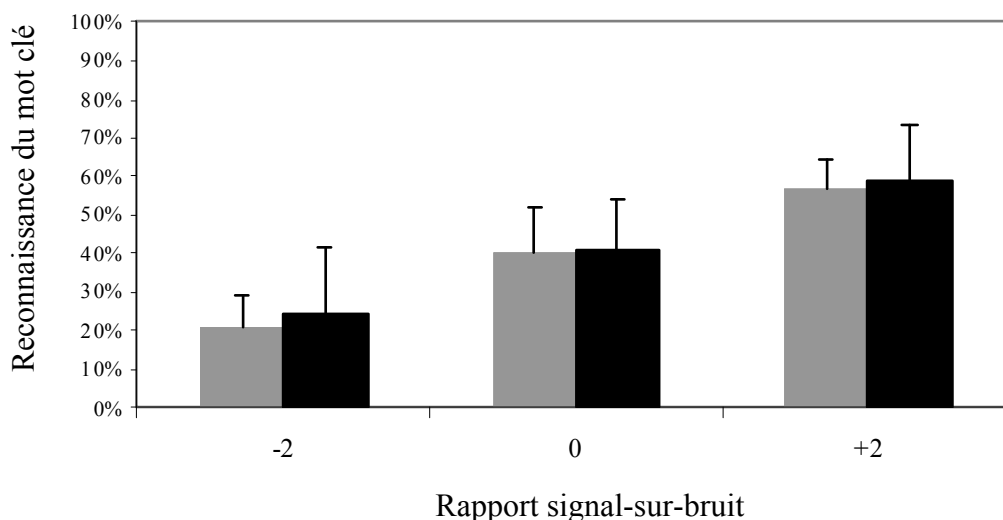


Figure 1. Pourcentage de reconnaissance moyen (et écart-type) du mot clé des phrases faiblement prévisibles obtenu auprès d'un groupe de dix enfants de 9 et 10 ans (illustré en gris) et d'un groupe de onze enfants de 11 et 12 ans (illustré en noir) aux rapports signal-sur-bruit de -2, 0 et +2 dB.

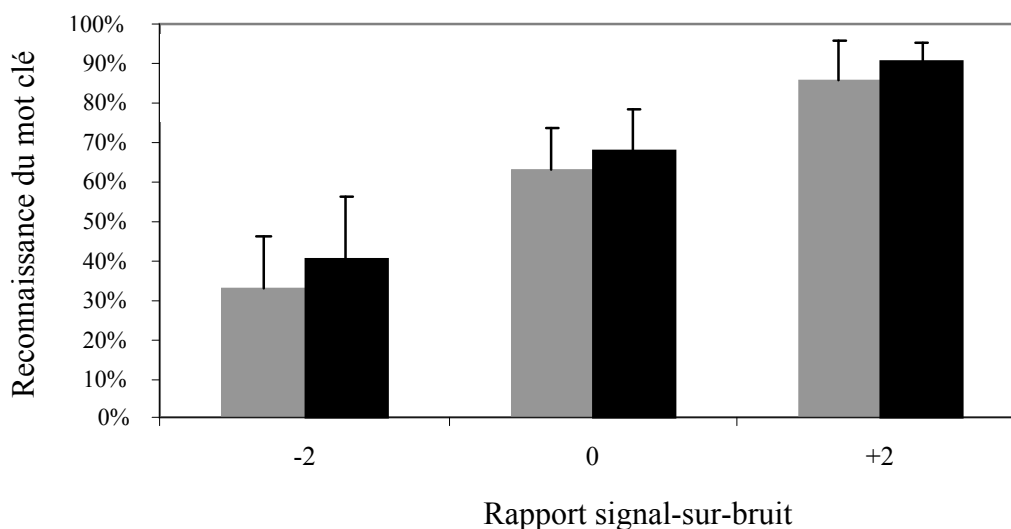


Figure 2. Pourcentage de reconnaissance moyen (et écart-type) du mot clé des phrases hautement prévisibles obtenu auprès d'un groupe de dix enfants de 9 et 10 ans (illustré en gris) et d'un groupe de onze enfants de 11 et 12 ans (illustré en noir) aux rapports signal-sur-bruit de -2, 0 et +2 dB.



Le pourcentage de reconnaissance moyen obtenu aux phrases HP et FP à chaque s/b a été soumis à une transformation Arcsin avant d'effectuer une analyse de variance. Une ANOVA mixte a été effectuée avec les trois facteurs suivants: Condition sonore (3 niveaux), Type de phrases (2 niveaux) et Groupes (2 niveaux). Les deux facteurs Condition sonore et Type de phrases étaient à mesures répétées, alors que le facteur Groupe était une variable inter-sujet. Les résultats de l'ANOVA ont révélé un effet significatif du facteur Condition sonore [ $F_{(2,38)} = 167.32, p=0.000, \eta^2 = 0.89$ ], du facteur Type de phrases [ $F_{(1,19)} = 257.17, p=0.000, \eta^2 = 0.93$ ] et de l'interaction double Condition sonore X Type de phrases [ $F_{(2,38)} = 28.62, p=0.000, \eta^2 = 0.60$ ]. Or, l'effet du facteur Groupe n'était pas significatif [ $F_{(1,19)} = 1.11, p=0.305, \eta^2 = 0.06$ ], ni les interactions double Condition sonore X Groupe [ $F_{(2,38)} = 0.08, p=0.922, \eta^2 = 0.00$ ] et Type de phrases X Groupe [ $F_{(1,19)} = 1.26, p=0.277, \eta^2 = 0.06$ ] de même que l'interaction triple Condition sonore X Type de phrases X Groupe [ $F_{(2,38)} = 0.20, p=0.981, \eta^2 = 0.00$ ].

Étant donné l'interaction double significative entre les facteurs Condition sonore X Type de phrases, une analyse de variance a été effectuée pour comparer la performance moyenne (des deux groupes) mesurée pour les phrases HP et FP à chaque rapport s/b mesuré. L'ANOVA à mesures répétées à un facteur (Type de phrases) a révélé un effet significatif au rapport s/b de -2 dB [ $F_{(1,20)} = 23.44, p=0.000, \eta^2 = 0.54$ ], au rapport s/b de 0 dB [ $F_{(1,20)} = 136.53, p=0.000, \eta^2 = 0.87$ ] ainsi qu'au rapport s/b de +2 dB [ $F_{(1,20)} = 156.80, p=0.000, \eta^2 = 0.89$ ].

En somme, aucun effet de groupe n'a été observé à la reconnaissance des phrases HP et FP entre les enfants du groupe de 9-10 ans et les enfants du groupe de 11-12 ans, au TPB aux rapports s/b de -2, 0 et +2 dB. Une différence significative a été observée entre la performance moyenne de reconnaissance du mot clé des phrases HP et FP aux trois rapports s/b mesurés.

### 2.3.3.2 Performances en fonction du rapport signal-sur-bruit

Suivant cette première étape où les résultats ne suggéraient pas d'effet de développement entre les performances des enfants de 9 à 10 ans et ceux de 11 à 12 ans, 48 autres participants recrutés ont été testés à différents rapports s/b. Ainsi, des données ont été recueillies aux rapports s/b de -3, -2, -1, 0, +1, +2, +3, +4 dB afin d'obtenir un aperçu des performances sur une plus grande étendue de conditions d'écoute. Dans tous les cas, chaque participant n'a été exposé qu'à trois conditions de bruit. L'ordre de présentation des listes du TPB et les trois rapports s/b était différent pour chaque participant.

#### 2.3.3.2.1 Résultats.

Le pourcentage de reconnaissance moyen pour les phrases FP et HP obtenu aux huit rapports s/b entre -3 et + 4 dB auprès des 69 enfants apparaît à la Figure 3. Le pourcentage noté à chaque rapport s/b a été recueilli auprès d'un nombre différent de participants (voir le nombre de participants pour chaque rapport s/b à la Figure 3) car chaque enfant a été exposé à seulement trois des cinq conditions d'écoute.

De façon générale, le pourcentage de reconnaissance moyen pour les phrases FP et HP augmente en fonction de l'amélioration du rapport s/. À chaque rapport s/b testé, le pourcentage de reconnaissance moyen obtenu pour les phrases HP est plus élevé que celui obtenu pour les phrases FP.

Le pourcentage de reconnaissance moyen du mot clé des phrases HP et FP peut aussi être illustré en fonction du rapport s/b sous la forme d'une courbe dite en 'ogive', ou fonction psychométrique. Les fonctions psychométriques ont été utilisées dans plusieurs études portant sur la perception de la parole dans le bruit pour illustrer la proportion de réponses correctes en fonction des conditions de bruit (Boothroyd & Nittrouer, 1988; Dubno et coll., 2000; Laroche et coll., 2003; Pichora-Fuller et coll., 1995). Elles sont dérivées de fonctions logistiques (Lewis, Benignus, Muller, Malott, & Barton, 1988; Pichora-Fuller et coll., 1995) ou de fonctions linéaires ajustées aux

données transformées en score  $z$  et qui tient compte de la moyenne du groupe (Boothroyd & Nittrouer, 1988; Laroche et coll., 2003).

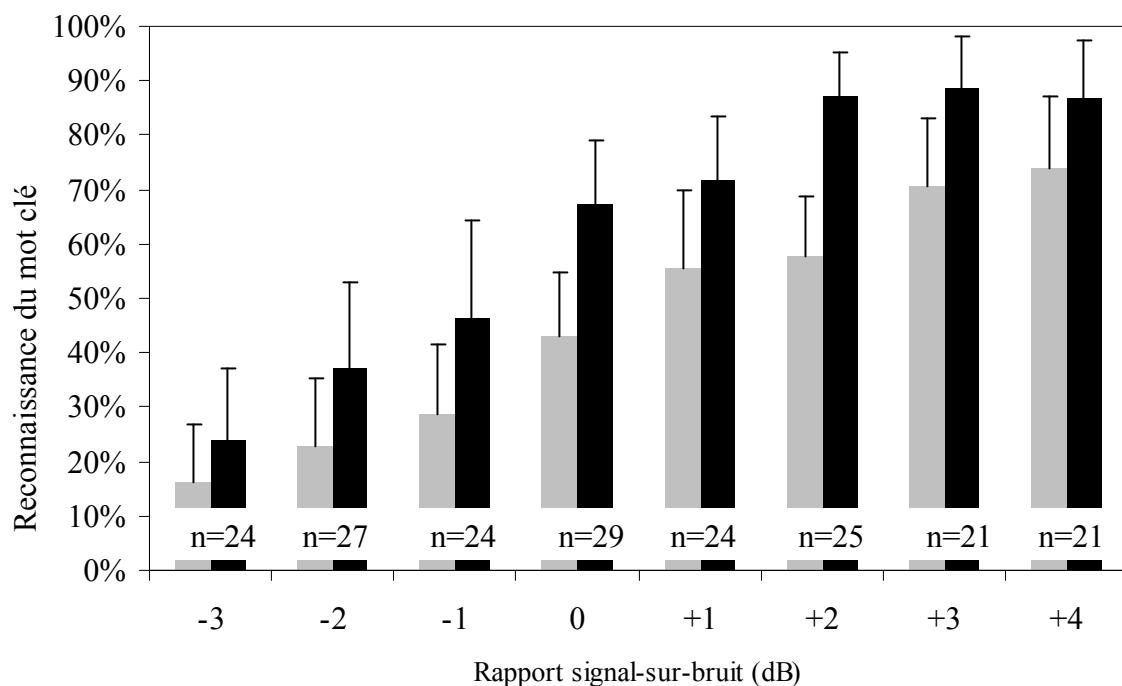


Figure 3. Pourcentage moyen (et écart-type) de reconnaissance du mot clé des phrases faiblement prévisibles (en gris) et hautement prévisibles (en noir) en fonction du rapport signal-sur-bruit (dB). Ces résultats ont été obtenus auprès de 69 enfants ayant une acuité auditive normale, âgés entre 9 ans 2 mois et 12 ans 5 mois.

Une fonction psychométrique a été créée à partir des performances aux phrases HP et FP obtenues auprès des 69 enfants âgés entre 9 et 12 ans, à l'aide d'une régression linéaire. Pour ce faire, les données (en pourcentage) ont été transformées en score  $z$ , produisant ainsi une linéarisation des performances obtenues, tel qu'illustré à la Figure 4. La fonction psychométrique a été développée suivant une méthode de régression linéaire des moindres carrés. À partir de cette fonction linéaire, les données correspondant à chacun des rapports s/b ont été retransformées en pourcentage, résultant en une courbe en ogive telle qu'illustrée à la Figure 5 et que l'on retrouve dans plusieurs articles portant sur la perception de la parole dans le bruit (Boothroyd & Nittrouer,

1988; Dubno et coll., 2000; McArdle & Wilson 2009; Pichora-Fuller et coll., 1995). Ces courbes ogives permettent d'observer les variations des performances à la reconnaissance du mot clé des phrases en fonction du rapport s/b.

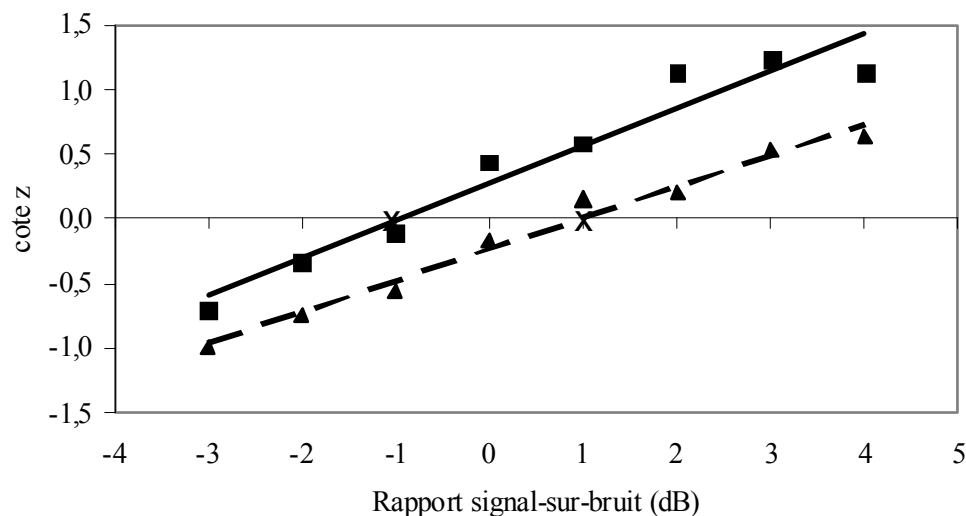


Figure 4. Le score  $z$  obtenu à partir du pourcentage de reconnaissance moyen du mot clé des phrases faiblement prévisibles (FP) est représenté par un triangle et les phrases hautement prévisibles (HP) par un carré. La fonction linéaire de la performance de reconnaissance du mot clé en fonction du rapport signal-sur-bruit pour les phrases HP est illustrée par une ligne pleine et celle pour les phrases FP, par une ligne brisée.

Une autre information que l'on peut tirer à partir des fonctions psychométriques illustrées aux Figure 4 et 5 concerne l'avantage relié au contexte. Par exemple, en comparant le rapport s/b auquel une performance de 50% (ou score  $z = 0$ ) est observée pour les phrases HP comparativement aux phrases FP (voir les symboles 'x' sur la Figure 4 et 5). Comme on peut le constater, l'avantage acoustique relié à l'effet contextuo-linguistique est approximativement de 2 dB chez les enfants de 9 à 12 ans. En fait, la performance moyenne de 50% (ou score  $z = 0$ ) pour les phrases HP est observée au rapport s/b de -1 dB et de + 1 dB pour les phrases FP.

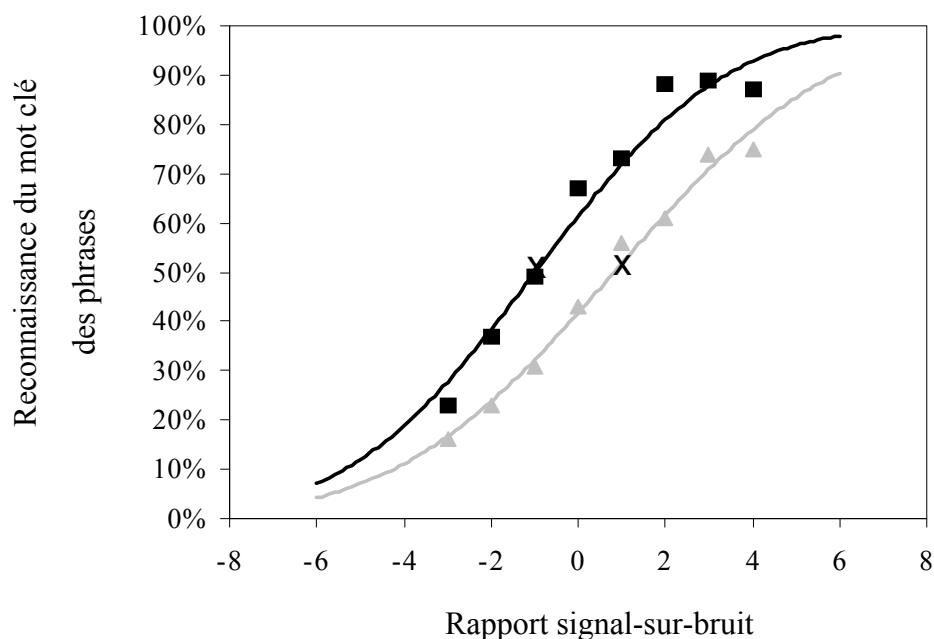


Figure 5. Fonction psychométrique de la performance de reconnaissance du mot clé pour les phrases HP (ligne noire) et les phrases FP (ligne grise) en fonction du rapport signal-sur-bruit (s/b). Cette fonction a été obtenue en transformant les données (apparaissant à la Figure 4) en pourcentage. Le symbole 'X' représente la performance de 50% à la reconnaissance du mot clé.

### 2.3.4 Synthèse

Les résultats de cette évaluation du TPB auprès d'un groupe d'enfants a permis de constater que le test présente les caractéristiques permettant l'exploration des habiletés auditives et linguistiques sous-jacentes aux difficultés de perception de la parole dans le bruit auprès d'enfants âgés entre 9 et 12 ans. Les performances des enfants varient en fonction du type de phrases – HP et FP – et le test permet de quantifier l'utilisation du contexte linguistique des phrases. Aucun effet d'âge n'a été noté entre le groupe d'enfants de 9-10 ans et celui de 11-12 ans. Néanmoins, il convient de rester prudent quant à l'absence d'effet, compte tenu de l'écart d'âge de l'échantillon (9 à 12 ans).

## Section 2.4

### Article 3

Exploring the Underlying Nature of the Speech Perception Difficulties in Noise  
among Children with Auditory Processing Disorder

Josée Lagacé<sup>a,b</sup>, Benoît Jutras<sup>a,b</sup>, Christian Giguère<sup>c</sup> & Jean-Pierre Gagné<sup>a,d</sup>

<sup>a</sup> École d'orthophonie et d'audiologie, University de Montréal

<sup>b</sup> Centre de Recherche du CHU Sainte-Justine

<sup>c</sup> Programme d'audiologie et d'orthophonie, Université d'Ottawa

<sup>d</sup> Centre de Recherche de l'Institut universitaire de gériatrie de Montréal

Cet article sera soumis au *International Journal of Audiology*

**Abstract**

*Background:* Most individuals with Auditory Processing Disorder (APD) have more difficulty understanding speech in noise than those with normal hearing function. Abnormal results on available speech in noise tests may reflect at least an auditory processing problem or a language-based processing problem, or a combination of both. The nature of the process underlying these difficulties is still under investigation.

*Purpose:* This study aimed to explore the underlying causes of auditory speech perception problems in noise problems of the children with APD using a new developed French speech in noise test – the *Test de Phrases dans le Bruit* (TPB). The TPB, which is similar to the Speech Perception In Noise (SPIN) test, includes five French lists of forty recorded sentences as well as a French speech babble noise. Each list is composed of 20 high predictable (HP) and 20 low predictable (LP) sentences.

*Research Design:* A factorial design with repeated measures.

*Study Sample:* Ten participants between 8-12 years of age identified with APD (APD group) were assessed with the TPB, as well as ten age and gender matched children with normal auditory processing functions (control group).

*Procedure:* The experiment comprised two binaural listening conditions, tested under earphones. One condition presented a list of 25 LP sentences without babble noise at 60 dB HL. The other conditions consisted of presenting four TPB sentence lists with babble noise at four different signal-to-noise ratios.

*Results:* The mean average word recognition without the babble noise was similar for both groups. However, APD group performance was significantly lower than that of the control group on the TPB sentence keyword recognition in noise. Results revealed that there was no significant difference between the two groups for the HP-LP sentences score difference.

*Conclusion:* Results suggest that children of the APD group use linguistic contextual information when listening to speech in background noise to the same extent as the control group. Results of this sort concur with speech perception problems in noise related with a bottom-up (auditory) processing dysfunction. Even so, examination of individual patterns revealed three different profiles. Half of the participants of the APD group displayed performances on par with the children of the control group on keyword recognition of TPB sentences in noise. The other half of the APD group was divided into two profiles. Results indicate that for one profile, listening problems in noise could be associated with a dysfunction within top-down processing of the speech signal, whereas results for the other profile were consistent with a bottom-up (auditory) processing dysfunction.



## **Introduction**

Auditory processing disorder (APD) is defined as a deficit in the neural processing of auditory stimuli that is not due to higher order processes such as language, cognitive, or related dysfunctions (ASHA, 2005). APD refers to difficulties in the perceptual processing of auditory information at the level of the central auditory nervous system (ASHA, 2005). These difficulties are demonstrated by poor performances in one or more of the following skills: sound localization and lateralization, auditory discrimination, auditory pattern recognition, and temporal aspects of audition that include temporal integration, temporal discrimination, temporal ordering and temporal masking (ASHA, 2005). The most frequently reported characteristic symptom of children with APD is their speech perception problems in degraded listening conditions (ASHA, 2005; Bamiou, Musiek, & Luxon, 2001; Bellis, 2003; Chermak, 2002; Chermak, Hall, & Musiek, 1999; Keith, 1999; Musiek & Geurkink, 1980).

However, there is no consensus about the underlying nature of the dysfunction that affects the ability to hear in the presence of background noise in the case of APD. Most of the available speech in noise tests being used in APD batteries were primarily developed to investigate the effects of peripheral hearing loss or acquired cerebral lesions among adults (Bellis, 2003; Elliott, 1995). Results from available speech in noise tests with individuals suspected of APD indicate whether the listener has performance below or within the norms. They do not delineate the underlying cause of the speech perception difficulties in noise. For example, a listener with a specific language impairment may show abnormal results at speech in noise tests (Ziegler, Pech-Georgel, George, Alario & Lorenzi, 2006), similar to an individual with auditory processing dysfunction.

## **Speech Perception in Noise Tests**

### *The SPIN Test*

According to Kalikow, Stevens and Elliott (1977), at least two types of processes are involved in the auditory speech perception: 1) the auditory processing of the signal and, 2) the language-based processing of that information. When the acoustic speech

signal is degraded because of the masking effect of a background noise, speech perception is facilitated by contextual information (Boothroyd & Nittrouer, 1988; Elliott, 1995; Grant & Seitz, 2000; Kalikow & al., 1977). For example, words are more easily recognized under difficult listening conditions if they are presented in sentences rather than in isolation or in carrier phrases (Boothroyd & Nittrouer, 1988). Although not limited to these two processes, good auditory and language-based processing competencies are essential to perceive speech in background noise (Elliott, 1979; Nittrouer & Boothroyd, 1990).

The *Speech Perception In Noise* (SPIN) test was originally developed to assess how well individuals with acquired peripheral hearing loss employ contextual information to facilitate speech recognition in noise (Kalikow & al. 1977; Elliott, 1995). The original SPIN test material consists of ten tape recorded lists of 50 sentences mixed with a twelve-talkers speech babble. Half of the sentences are *highly predictable* (HP) as they contain contextual information that facilitates the identification of the last word (ex.: *The candle flame melted the wax*). The other half of the list is composed of *low predictable* (LP) sentences (ex.: *Paul can't discuss the wax*). When the SPIN test is administered, the listener has to report the sentence final word, the keyword, after each sentence presentation. The recognition score of the LP sentences keywords primarily provides information about the bottom-up (auditory) processing of the acoustic signal (Elliott, 1995; Kalikow & al., 1977). The performance on the HP sentences provides some information about the top-down (or language-based) processing, including the ability to use semantic, syntactic, and contextual cues (Kalikow & al., 1977) as well as about the auditory processing of the acoustic signal competencies. As such, the difference between the performance on the HP and the LP sentences at different signal-to-noise ratios (SNR) provides some information about the contribution of language knowledge and ability to use the linguistic context (Elliott & Busse, 1987).

The original version of the SPIN test and the SPIN-R test (revised version of the SPIN test by Bilger, Nuetzel, Rabinowitz & Rzeczkowski, 1984) have been used in many studies to explore the underlying origins of the speech perception problems in noise. For instance, it has been employed in studies conducted among populations of

older adults with normal hearing sensitivity thresholds (Kalikow & al., 1977; Pichora-Fuller, Schneider & Daneman, 1995; Dubno, Ahlstrom & Horwitz, 2000), adults with permanent hearing impairment (Bilger & al., 1984; Schum & Matthews, 1992), as well as adults with learning difficulties (Elliott & Busse, 1987). The performance obtained with the SPIN test by the above-mentioned populations provided some explanation about their speech perception difficulties in noise. In all cases, the speech listening difficulties were consistent with a bottom-up processing dysfunction of the acoustical signal.

On the other hand, comparisons of the results obtained by native listeners (listeners who learned American-English from birth) and non-native listeners (listeners who learned American-English later in life) on the SPIN test have shown the importance of efficient top-down linguistic processing function to perform successfully on the test. Results reveal that the levels of competitive noise at which speech is still intelligible are significantly higher for native listeners compared to non-native listeners (Florentine, 1985; Mayo, Florentine & Buus, 1997). Results also show that the benefit from linguistic context is significantly greater for the native listeners compared to the non-native listeners (Florentine, 1985; Mayo & al., 1997). Overall, results indicated that non-native listeners were less able to take advantage of the linguistic contextual cues when listening in noise.

It appears that the SPIN test provides a method of delineating the relative contribution of auditory and language-based functions involved in speech understanding in noise. So far, SPIN like tests have not been applied to children with APD.

### *The TPB*

The *Test de Phrases dans le Bruit* (TPB) is a French speech in noise test (Lagacé, Jutras, Giguère & Gagné, 2009). A similar approach as the one used for the development of the original version of the SPIN test was taken for the elaboration of the TPB, which consists of five French lists of forty recorded sentences (20 HP and 20 LP sentences) (Lagacé & al., 2009) and a French speech babble masking noise (Perrin & Grimault, 2005). To control for the various factors influencing the performance on

speech in noise tests, careful detail as to keyword familiarity, intelligibility and predictability were taken when designing the TPB sentences (Lagacé & al., 2009). The TPB sentence lists were intended to be used with both children and adult populations.

The objective of this study was to explore, with the use of the TPB, if the reported speech perception problems in noise displayed by children with APD stem from an auditory or a language-based processing dysfunction. As language-based processing refers to many aspects of the linguistic skills, the focus of this study was specifically the ability to use linguistic contextual information.

## **Method**

### *Participants*

Participants were recruited on a volunteer basis in response to posted advertisements and word of mouth. Potential participants were aged between 8 to 12 years old, had normal hearing acuity bilaterally, and had French as their native language and language of education. The study had obtained ethical approval from the institutions involved in the research project, prior to the recruitment process.

The children included in the APD group were recruited from audiology clinics in the Montreal and Ottawa regions, based on abnormal findings (two standard deviations or more) on two specific APD tests: the French adaptation of the Synthetic Sentence Identification test with Ipsilateral Competing Message (SSI-ICM test) (Lynch & Normandin, 1983) and the French adaptation of the Staggered Spondaic Word test (SSW test) (Rudmin & Normandin, 1983). A questionnaire was completed by one parent prior to the experimentation to check for any clinically diagnosed language, attention or learning disorders, which would exclude the child from the study. Fourteen children clinically identified by registered audiologists as having an auditory processing disorder were initially recruited for the APD group. This number was subsequently reduced to ten. Two of these children were found to have results that were within normal limits on both the SSW and SSI-ICM tests. Two other participants were reported to have been identified with co-morbid condition, i.e., dyslexia, in one case, and

pervasive developmental disorder in the other one. The age range of the APD final sample group was from 9 years and 4 months to 12 years and 10 months (mean: 10 years, 6 months). There were five female and five male participants.

Ten age and gender-matched children were recruited to be part of the control group. For each pair of participants, the age matching was within seven months. The age range for the control group was 8 years and 11 months to 12 years and 5 months (mean of 10 years, 3 months). One of the parents was required to fill out a questionnaire, to exclude any participant with a clinically diagnosed language, attention or learning disorder.

### *Stimuli and Apparatus*

Pure tone audiometric screening was performed using an audiometer (Madsen Midimate 622) with TDH 39 supra-aural earphones. APD testing was conducted with a CD player (Sony CDP-X339ES) connected to an audiometer (Interacoustics AC-40) and supra-aural earphones (TDH-39).

The French adaptation of the SSI-ICM test and the SSW test were employed. These two tests are commonly used in the francophone audiology clinics in Canada. Normative data are available for these tests (Bérard, 1990-1993a, b). The original version of the SSI-ICM test has been identified as a speech in noise test for use with children and adults suspected of having APD (OOAQ, 2007). Although not identified as a speech in noise test, it is believed that performances on the left and right competing conditions of the SSW test provide some information about auditory speech perception in noise abilities.

The experimental testing was conducted with the TPB material (five lists of 40 sentences) recorded on a CD. The TPB sentences were presented via a CD player (Panasonic RX- D27) connected to an audiometer (Madsen Midimate 622). The speech babble (Perrin & Grimault, 2005), which is recorded on a separate CD, was transmitted via another CD player (Panasonic RX-D27). This second CD player was connected to a separate audio input channel of the audiometer. As the sentences and the babble noise were to be presented bilaterally, a mixer device that allowed bilateral presentation of

both the sentences and the speech babble was used (developed by Genie Audio Inc., Montreal, Canada). The mixer was connected between the audio output of the audiometer and the earphones.

Another CD of 25 sentences was prepared for the experimental testing condition that was conducted without the babble noise. Twenty-five LP sentences were taken from the recorded TPB sentences audio files and downloaded on an individual CD.

### *Design and Procedure*

#### *Hearing screening.*

Each participant was tested individually in an audiometric suite at the University of Ottawa or in a quiet room at the child residence. In that case, ambient noise level of the room was measured to ensure that it met the ANSI S3.1 (1999-R2008) specifications. The hearing screening was conducted at 500, 1000, 2000 and 4000 Hz bilaterally.

#### *APD tests.*

The APD testing was carried in an acoustically treated room at the University of Ottawa. Two APD tests were administered: the French adaptation of the SSI-ICM and the SSW tests. The SSW and the SSI-ICM tests were administered and interpreted according to the published instructions (OOAQ, 2007). An abnormal result was defined as any score in either ear that fell below two standard deviations from the published mean average norms.

Participants of the APD group who had been evaluated more than one year prior to the experimentation were re-assessed ( $n=5$ ). These participants, as well as all the participants of the control group were tested with the APD tests. For participants identified with APD, this testing was to confirm the presence of auditory speech perception problems in noise given the improvements in auditory function that are observed in the central nervous system development over time (Bellis, 2003). For participants in the control group, this testing was to confirm the absence of auditory

speech perception problems in noise. APD testing took approximately 60 minutes, including breaks to reduce fatigue.

Five participants with APD were tested by a registered audiologist less than a year prior to the experimentation. They were not re-tested, and a copy of their results was obtained to confirm the presence of the auditory speech perception problems in noise.

*Experimental testing.*

The experimental testing with the TPB test was carried out either in an acoustically treated room at the University of Ottawa or in a quiet room at the child's home. In the latter case, precautions were taken to ensure that the ambient noise level met the ANSI S3.1 (1999-R2008) specifications.

Formal testing in this experiment was preceded by 10 practice items selected from the sentence list that was not used for the experimental testing, and presented at a SNR of +5 dB (speech signal at 60 dB HL and babble noise at 55 dB HL). Participants were instructed to report the last word of each sentence they heard and to guess if necessary.

Following the practice trial, each participant was tested with four sentence lists of the TPB presented at the following SNRs: -3, 0, +3 and +4 dB. The level of the speech signal (60 dB HL) and the babble (56, 57, 60 and 63 dB HL) were adjusted on the audiometer. These SNRs were selected to obtain data ranging from minimum to maximum performances for the HP and the LP sentences, based on pilot data obtained from three participants who did not take part in the present investigation. The order of presentation of the four SNR conditions was different for all the participants.

The sentences and the babble noise were presented bilaterally to be representative of real life listening conditions. It was felt that bilateral presentation of both the stimuli and the competitive masking noise may evaluate the perceptual processes used to perceive speech under more natural listening situations, compared to unilateral presentation.

The speech recognition in noise measures were followed by a speech recognition task conducted without the babble noise. This experimental testing was performed with a list of 25 LP sentences of the TPB. The sentences were presented at 60 dB HL. Again, participants were asked to repeat the keyword after each sentence presentation. Experimental testing took approximately 45 minutes, including appropriate pauses to reduce possible fatigue.

The APD testing and the experimental testing were performed in one visit with each participant of the control group, with a break between the two sessions. However, the two testing sessions were accomplished in two separate visits for each of the five participants of the APD group, to reduce possible fatigue related to listening effort.

## **Results**

### *Hearing Testing and APD Testing*

The participants of the two groups had a normal hearing sensitivity at 500, 1000, 2000 and 4000 Hz bilaterally. As it can be observed in Table 1, all participants of the APD group had at least one score that was more than two standard deviations (SD) below the normative data for his or her age either on the SSW test (at right or left ear competing condition) or on the SSI-ICM test. All control participants had scores that were within two SDs of the normative data on both the SSW and the SSI-ICM tests.

- Insert Table 1 about here -

### *Auditory Speech Perception in Silence*

The average recognition score was 98% (SD: 2%) for the APD group and 100% (SD: 0%) for the control group on the keyword recognition task of the 25 LP sentences presented without babble noise. These results were interpreted to signify that both groups had comparable auditory and language processing competence to recognize sentence keywords when presented without background noise.



*Auditory Speech Perception in the Presence of Babble Noise*

The group average sentence keyword recognition performance on HP and LP sentences at the four SNRs tested are summarized in Figure 1.

– Insert Figure 1 about here –

As expected, the mean average recognition score for the HP sentences was higher than for the LP sentences at each SNR for both groups. The most consistent finding was that the mean performance of the control group was higher than the APD group at the four SNRs, for both the HP and the LP sentences.

A three-way repeated measures analysis of variance (ANOVA) was conducted to test the statistical outcomes. Arcsine transform was applied to all data to stabilize the error of variance (Studebaker, 1985), as for the remaining statistical analyses presented in this paper. An alpha level of 0.05 was used for all comparisons, unless otherwise indicated. The analysis included within-subjects factors of Predictability (HP and LP sentences) and Noise condition (SNR of -3, 0, +3 and +4 dB), and the between-subjects factor of Group (APD group and Control group). This analysis revealed a significant main effect of Group [ $F_{(1, 18)} = 10.14, p = 0.005, \eta^2 = 0.36$ ], of Predictability [ $F_{(1, 18)} = 696.60, p = 0.000, \eta^2 = 0.98$ ], and of Noise condition [ $F_{(1.88, 33.78)} = 78.55, p = 0.000, \eta^2 = 0.81$ ]. The two-way Noise condition  $\times$  Group interaction [ $F_{(1.88, 33.78)} = 3.38, p = 0.049, \eta^2 = 0.16$ ] was significant, as well as the two-way Predictability  $\times$  Noise condition interaction [ $F_{(1.89, 34.06)} = 7.69, p = 0.002, \eta^2 = 0.30$ ]. No significant effect was noted for the two-way Predictability  $\times$  Group interaction [ $F_{(1, 18)} = 2.00, p = 0.174, \eta^2 = 0.10$ ] or the three-way Predictability  $\times$  Noise condition  $\times$  Group interaction [ $F_{(1.89, 34.06)} = 1.14, p = 0.328, \eta^2 = 0.60$ ].

To investigate the Noise condition  $\times$  Group interaction, a repeated measure one-way ANOVA was performed to compare each group score at each tested SNR (LP and HP collapsed). The average correct word recognition score was significantly different between the APD group and the control group at the SNR of 0 dB [ $F_{(1, 9)} = 10.06, p = 0.011, \eta^2 = 0.53$ ], +3 dB [ $F_{(1, 9)} = 13.13, p = 0.006, \eta^2 = 0.59$ ] and +4 dB [ $F_{(1, 9)} = 10.71, p$

= 0.010,  $\eta^2 = 0.54$ ]. However, the average performance on this task was not significant between the groups at SNR of -3 dB [ $F_{(1, 9)} = 1.32, p = 0.280, \eta^2 = 0.13$ ].

To investigate the Predictability  $\times$  Noise condition interaction, a repeated-measures one-way ANOVA was performed at each tested SNR by comparing the average performance on HP and LP sentences (APD group and control group collapsed). The analysis revealed that performance on HP sentences was significantly different to average performances on LP sentences at each tested SNR, i.e., SNR of -3 dB [ $F_{(1, 19)} = 20.64, p = 0.000, \eta^2 = 0.52$ ], SNR of 0 dB [ $F_{(1, 19)} = 59.77, p = 0.000, \eta^2 = 0.76$ ], SNR of +3 dB [ $F_{(1, 19)} = 49.82, p = 0.000, \eta^2 = 0.72$ ] and SNR of +4 dB [ $F_{(1, 19)} = 16.15, p = 0.001, \eta^2 = 0.46$ ].

#### *Use of Linguistic Contextual Information*

In order to characterize the performance gain provided by HP sentences, the absolute difference scores (DS) between HP and LP sentences was computed at each tested SNR, in keeping with former studies of speech perception performance (Elliott & Busse, 1987; Erber, 1975; Gagné, Tugby & Michaud, 1991; Pichora-Fuller & al., 1995). Each group average DS (in percentage) at the four SNRs tested is reported in Table 2.

- Insert Table 2 about here -

A repeated measures, two-way ANOVA was performed with the within factor SNR and the between factor Group for the difference scores. The ANOVA yielded a significant main effect of SNR [ $F_{(3, 54)} = 5.50, p = 0.002, \eta^2 = 0.23$ ]. But the effect of Group did not reach significance [ $F_{(1, 18)} = 0.53, p = 0.475, \eta^2 = 0.03$ ] nor did the interaction SNR  $\times$  Group [ $F_{(3, 54)} = 2.58, p = 0.064, \eta^2 = 0.13$ ].

To explore the SNR pattern, pair wise comparisons were performed. Averaging across groups, the results of the post hoc tests revealed that the DS was significantly different between SNR of 0 dB and -3 dB ( $t_{(19)} = 4.07, p = 0.001$ ) using the Bonferonni correction. The results of the five other comparisons did not reach significance level: DS at SNR of -3 and +3 dB ( $t_{(19)} = 1.54, p = 0.141$ ), DS at SNR of -3 and +4 dB ( $t_{(19)} = 0.98,$

$p= 0.339$ ), DS at SNR of 0 and +3 dB ( $t_{(19)}= 2.36, p= 0.029$ ), DS at SNR of 0 and +4 dB ( $t_{(19)}= 2.48, p= 0.023$ ) and DS at SNR of +3 and +4 dB ( $t_{(19)}= 0.36, p= 0.726$ ). This apparent lack of distinction of the DS value observed across the five other comparisons, especially between SNR of 0 and + 3 dB and between SNR of 0 and +4 dB, is probably related to the strict corrected alpha level (i.e., 0.008).

Another way to assess benefit from context is to compare the SNR at which a recognition score of 50% is obtained on the LP sentences and on the HP sentences (Pichora-Fuller, 2008). In order to predict the SNR at which the 50% performance on each type of sentences would be obtained, psychometric functions relating the recognition scores to the SNR were computed for each participant. In keeping with other studies of speech perception performance, correct word recognition scores (in percent) for HP and LP sentences obtained at each SNR tested were  $z$ - transformed and lines were fitted by the method of least squares (Dirks, Morgan, & Dubno, 1982; Dubno, Ahlstrom & Horwitz, 2000, Dubno, Dirks, & Morgan, 1984; Laroche & al., 2003; Mayo, Florentine, & Buus, 1997; Nilsson, Soli, & Sullivan, 1994). The  $z$  scores were plotted as a function of SNR for HP and LP sentences. Data were reasonably well fitted by the linear regression function as the  $r^2$  variance accounted for by each of these functions was well over 0.95 for each function as illustrated in Figure 2.

- Insert Figure 2 about here-

From these psychometric functions, the SNR difference at which a 50% recognition score ( $z$  score = 0) was predicted for LP sentences minus the SNR at which a 50% recognition score was predicted for HP sentences was computed for each participant. As illustrated in Figure 3, the average difference of the 50% threshold for HP and LP sentences is 1.6 dB for the APD group and 2.1 dB for the control group. These results suggest that the participants with APD benefited from linguistic context to the same extent as the ones of the control group [ $t_{(9)} = 1.34, p= 0.11$ ].

- Insert Figure 3 about here -

*Individual Patterns*

Examination of individual raw data patterns of the APD group participants at the four SNRs tested was conducted in order to identify if there were differing performance profiles. To compare the participants' performances of the APD group to the ones of the control group, the data were normalized. The computation of these  $z$  scores are calculated as the participant's score on a particular measure of the TPB (i.e., average score for LP sentences), minus the mean score of the control group on that specific measure, divided by the SD. This computation was done for each participant of the APD group, for all the TPB measures at the four SNRs, i.e., HP sentences score, LP sentence score and DS. Cut-off score was determined as a  $z$  score of 2 (which corresponds to two standard deviations poorer than the control group average). As shown in Figure 4, five participants of the APD group (APD2, APD4, APD5, APD6, and APD8) had keyword recognition scores that were similar to the ones of the control group when the sentences were presented with the babble noise. Their performances were within two standard deviations of the control group average score at the four tested SNRs on both the LP and the HP sentences. Except for one participant (APD4), the DS value obtained at each of the SNR tested for the participants APD2, APD5, APD6, and APD8 was within two standard deviations of the control group average score. An extremely small DS value was noted at SNR of 0 dB for APD4. This was associated to an outlying score (better than the average score of the control group) on the LP sentences at that SNR (0 dB), which lead to a small DS value.

- Insert Figure 4 about here -

The five remaining participants (APD1, APD3, APD7, APD9, APD10) had at least one score outside two standard deviations from the control group average score on either the HP or the LP sentences, or both, for at least one SNR tested. For three of these participants (APD1, APD3 and APD7), there was also at least one DS value (or more) that was two standard deviations below the control group DS average score. This can be interpreted as speech perception problems in noise related to a language-based dysfunction.

Conversely, all the DS values obtained by the participants APD9 and APD10 were within two standard deviations from the control group average score. This is an indication that their speech perception problems are not related to poor abilities in using linguistic context.

## **Discussion**

Results from this exploratory study with the TPB provided some insights about the functional aspects of the auditory problems of children identified with APD, as well as about the underlying nature of the speech perception problems in noise. As expected, the group of children with APD had an average keyword recognition score (HP and LP scores collapsed) that was significantly lower than the score obtained by the control group at three of the four SNRs tested, i.e., SNR of 0, + 3 and + 4 dB. These findings concur with the generally accepted premise that individuals with APD have more difficulties comprehending speech in background noise compared to children with normal hearing functions (ASHA, 2005; Bamiou & al., 2001; Bellis, 2003; Breedin & al., 1989; Chermak, 2002; Chermak & al., 1999; Keith, 1999; Krishnamurti, 2001; Musiek & Geurkink, 1980).

While average performance of the APD group was poorer on the identification of TPB sentence keywords at three different SNRs, the average HP-LP difference of scores was similar to the one of the control group at each SNR tested. This suggests that this group of children with APD benefit from linguistic context to the same extent as the control group. The same trend was observed by comparing the difference of SNR at which a recognition score of 50% is obtained on the LP sentences and on the HP sentences.

Overall, the group findings suggest that the ability of children with APD to benefit from linguistic context was at par with the normal hearing children (matched for age and gender). However, individual performance patterns on the TPB added nuance to the general findings: three different profiles emerged from the data. For some participants with APD ( $n=5$ ), all the measures on the TPB were similar to the control group: these children obtained scores that were within two standard deviations of the control group

average score for all the measures. The second group ( $n=3$ ) exhibited at least one HP-LP difference of score value that was outside two standard deviations from control group average, as well as at least one score on HP sentences or LP sentences. These participants' speech perception problems in noise seem to be related to a language-based dysfunction that impedes the ability to benefit from linguistic context. Two participants (APD9 & APD10) had at least one score that was outside two standard deviations from the control group either on HP sentences or LP sentences, or both, for at least one SNR, but the HP-LP difference scores were within two standard deviations of the control group average score. We interpreted this as suggesting that their ability to benefit from linguistic context was within normal range.

Generalization of the present findings is limited to children with APD who have abnormal results on the SSI-ICM or the SSW test. The profiles that emerged from the examination of the individual patterns do not appear to be related to the results obtained on any of these two APD tests, as no pattern could be identified within any group. Comparisons with other traditional APD assessment tools could have provided some additional information.

Theoretical models have been proposed to describe APD and to guide the professionals in the development of treatment program (Katz, 1992; Bellis, 2003). The Buffalo Model (Katz, 1992) and the Bellis/Ferre Model (Bellis, 2003) are based on auditory test results, as well as language and academic performances. A retrospective study examining these two models with 48 records of children with APD revealed that their applicability is problematic (Jutras & al., 2007). Questions of appropriate treatment in the case of APD are still unanswered. The profiles that emerged from the present study are intuitive and not supported by formal statistical analysis. Further research to establish APD profiles would be helpful in providing deficit-focused therapeutic programs.

Many general training models and programs proposed for the rehabilitation and management of APD include procedures aiming at the improvement of auditory closure abilities, in order to improve contextual derivation processes (Bellis, 2003; Chermak &

Musiek, 2002; Musiek, 1999; Sloan, 1995). The rationale of the top-down treatment approach is to minimize the impact of APD (ASHA, 2003). However, seven participants out of ten have shown similar abilities to that of the control group in benefiting from linguistic context. In these cases, intervention aiming at the development of auditory closure abilities may not be required. Findings of this sort can guide the professionals involved with children presenting with APD to develop customized intervention plans.

The results obtained in this study do not rule out the possibility of a cognitive or language deficit underlying dysfunction in the case of APD. For example, in order to integrate the succession of the words that are heard into a coherent representation, the listener must have access to the previously stored information and be able to manipulate that information with the incoming one (Daneman & Carpenter, 1983; Pichora-Fuller et al., 1995). This ability is dependant on working memory. No evaluation of memory functions was performed for this study, and it could have provided some precision about the outcomes. Moreover, only a questionnaire about the presence of other disorders, including language disorder, was used as selection criteria in order to minimize the impact of this confounding variable. Formal language assessment measures would have yield additional information and contributed to more representative understanding of the linguistic abilities of the listeners. Nevertheless, the difference measures of scores appear to be one way to assess the functional aspect of listening abilities, while minimizing the deleterious measurement errors attributable to extraneous variables associated to the person being tested, such as cognitive and linguistic abilities (Cameron, Dillon & Newall, 2006b).

## **Conclusions**

Few research studies on APD have attempted to dissociate linguistic aspects of the disorder from more general non-linguistic perceptual deficits. At the group level, the results obtained in this exploratory study are consistent with the view that a dysfunction within the bottom-up (auditory) processing of the acoustic speech signal is the primary origin of the listening problems in noise encountered by children identified with APD. However, analysis of individual patterns offered more detail to the general finding: three

different profiles emerged from the data. One profile includes children identified with APD who obtained scores on the TPB that were within two standard deviations of the control group average on all the measures performed ( $n= 5$ ). This profile corresponds to performances on par with similar-age peers with normal hearing functions, on that specific task. The children of the second profile ( $n= 2$ ) demonstrated lower performances compared to the control group (below 2 standard deviations from the control group average score) on at least one measure of the TPB, but all the DS values were within the control group average. This second profile would suggest a dysfunction within the bottom-up (auditory) processing of the acoustic speech signal. Finally, the third group ( $n=3$ ) included children who had at least one measure of the TPB outside two standard deviations from the control group average on the HP or the LP sentences, and at least one DS value that was also outside the control group average. The listening difficulties in noise of the participants in this third profile seem to involve a dysfunction within the top-down (language-based) processing.

Substantiation of these preliminary findings is warranted through future research with a larger sample, in order to conduct cluster analysis and establish profiles, as well as to analyze the factors that might be associated with these profiles. In order to identify the factors that are associated with the profiles, it will be important to include formal language and cognitive measures. Not only this will provide an objective means of structuring the therapeutic programs, but also it will enhance our understanding of the nature of APD.



**Acknowledgments**

The authors wish to thank all the participants, including their parents and siblings. Without their willingness and desire to contribute to the scientific knowledge, this project would never have happened. Special thanks to our colleagues Sophie Waridel, Chantal Gauthier-Hotte, Amineh Koravand and Marie-Claude Godin, audiologists in the Montreal and Ottawa regions, as well as to Hélène Lanoix, for their help in the recruitment process.

The authors also wish to thank the personnel of the School of Rehabilitation Sciences of the University of Ottawa, for their support at the different stage of the project.

This work was supported by a doctoral fellowship from the Centre de recherche du CHU Sainte-Justine and Fonds québécois de la recherche sur la nature et les technologies.

## References

- American Speech-Language-Hearing Association. (2005). *(Central) Auditory Processing Disorders*. [Technical Report]. Available from [www.asha.org](http://www.asha.org) policy.
- ANSI S3.1. 1999-R2008. *Maximum Permissible Ambient Noise Levels for Audiometric Test Rooms* ANSI S3.1. 1999. American National Standards Institute, New York.
- Bamiou, D.E., Musiek, F.E., & Luxon, L.M. (2001). Aetiology and clinical presentations of auditory processing disorders: a review. *Archives of Diseases in Childhood*, 85, 361-365.
- Bellis, T.J. (2003). *Assessment and Management of Central Auditory Processing Disorders in the Educational Setting. From Science to Practice. Second edition*. Clifton Park; Thomson Delmar Publishing.
- Bérard, C. (1990-1993a). Normes du C-SSW. Montréal, Québec, Canada: Hôpital Rivières-des-Prairies.
- Bérard, C. (1990-1993b). Normes du SSI-ICM. Montréal, Québec, Canada: Hôpital Rivières-des-Prairies.
- Bilger, R.C., Nuetzel, M.J., Rabinowitz, W.M. & Rzeczkowski, C. (1984). Standardization of a test of speech perception in noise. *Journal of Speech and Hearing Research*, 27, 32-48.
- Boothroyd, A., & Nittrouer, S. (1988). Mathematical treatment of context effects in phoneme and word recognition. *Journal of the Acoustical Society of America*, 84, 101-114.
- Bredin, S.D., Martin, R.C., & Jerger, S. (1989). Distinguishing Auditory and Speech-Specific Perceptual Deficits. *Ear and Hearing*, 10, 311-317.
- Cameron, S., Dillon, H., & Newall, P. (2006a). The Listening in Spatialized Noise test: an Auditory Processing Disorder Study. *Journal of the American Academy of Audiology*, 17, 306-320.
- Cameron, S., Dillon, H., & Newall, P. (2006b). The Listening in Spatialized Noise test: Normative Data for Children. *International Journal of Audiology*, 45, 99-108.
- Chermak, G.D. (2002). Deciphering auditory processing disorders in children. *Otolaryngology Clinics of North America*, 35, 733-749.

- Chermak, G.D., Hall, J.W., & Musiek, F.E. (1999). Differential diagnosis and management of central auditory processing disorder and attention deficit disorder. *Journal of the American Academy of Audiology, 10*, 289-303.
- Chermak, G.D., & Musiek, F.E. (2002). Auditory training :Principles and approaches for remediating and managing auditory processing disorders. *Seminars in Hearing, 23*, 297-308.
- Daneman, M., & Carpenter, P.A. (1983). Individual differences in integrating information between and within sentences. *Journal of Experimental Psychology: Learning, Memory and Cognition, 25*, 1-18.
- Dirks, D. D., Morgan, D. E., & Dubno, J. R. (1982). A procedure for quantifying the effects of noise on speech recognition. *Journal of Speech and Hearing Disorders; 47*, 114-23.
- Dubno, J.R., Ahlstrom, J.B., & Horwitz, A.R. (2000). Use of context by young and aged adults with normal hearing. *Journal of the Acoustical Society of America, 107*, 538-546.
- Dubno, J.R., Dirks, D.D., & Morgan, D.E. (1984). Effects of age and mild hearing loss on speech recognition in noise. *Journal of the Acoustical Society of America, 76*, 87-96.
- Elliott, L.L. (1979). Performance of children aged 9 to 17 years on a test of speech intelligibility in noise using sentence material with controlled predictability. *Journal of the Acoustical Society of America, 66*, 651-653.
- Elliott, L.L. (1995). Verbal auditory closure and the speech perception in noise (SPIN) Test. *Journal of Speech and Hearing Research, 38*, 1363-1376.
- Elliott, L.L. & Busse, L.A. (1987). Auditory Processing by Learning Disabled Adults. In D. Johnson & J. Blalock (Eds.), *Adults with Learning Disabilities: Clinical studies* (pp.107-129). New York: Grune & Stratton.
- Erber, N.P. (1975). Auditory-visual perception in speech. *Journal of Speech and Hearing Disorders, 40*, 481-492.
- Florentine, M. (1985). Speech perception in noise by fluent, non-native listeners. *Journal of the Acoustical Society of America, 77*, S106-S106.

- Gagné, J.P., Tugby, K.G., & Michaud, J. (1991). Development of a Speechreading Test on the Utilization of Contextual Cues (STUCC): Preliminary Findings with Normal-Hearing Subjects. *Journal of the Academy of the Rehabilitative Audiology*, 24, 157-170.
- Grant, K.W., & Seitz, P.F. (2000). The recognition of isolated words and words in sentences: Individual variability in the use of sentence context. *Journal of the Acoustical Society of America*, 107, 1000-1011.
- Hurley, A., & Hurley, R.M. (2007). Differential Diagnosis of (Central) Auditory Processing Disorder and Neuropathy. In F.E. Musiek & G.D. Chermak (Eds). *Handbook of (Central) Auditory Processing Disorder. Auditory Neuroscience and Diagnosis. Volume 1* (pp. 347-394). San Diego: Plural Publishing.
- Kalikow, D.N., Stevens, K.N., & Elliott, L.L. (1977). Development of a test of speech intelligibility in noise using materials with controlled word predictability. *Journal of the Acoustical Society of America*, 61, 1337-1351.
- Keith, R.W. (1999). Clinical issues in central auditory processing disorders. *Language, Speech, and Hearing Services in Schools*, 30, 339-344.
- Krishnamurti, S. (2001). P300 Auditory Event-Related Potentials in Binaural and Competing Noise Competing Noise Competing Noise Conditions in Adults with Central Auditory Processing Disorders. *Contemporary Issues in Communication Science and Disorders*, 28, 40-47.
- Jutras, B., Loubert, M., Dupuis, J.-L., Marcoux, C., Dumont, & Baril, M. (2007). *Applicability of Central Auditory Processing Disorders Models*. *American Journal of Audiology*, 16, 100-106.
- Katz, J. (1992). Classification of auditory processing disorders. In J. Katz, N. Stecker, & D. Henderson (Eds.), *Central auditory processing: A transdisciplinary view* (pp.81-91). *Baltimore: Mosby-Yearbook*.
- Lagacé, J., Jutras, B. Giguère, G., & Gagné, J.-P. (2009). Development of the *Test de Phrases dans le Bruit (TPB)*. Manuscript submitted for publication.
- Laroche, C., Soli, S., Giguère, C., Lagacé, J., Vaillancourt, V., & Fortin, M. (2003). An Approach to the Development of Hearing Standards for Hearing-Critical Jobs. *Noise & Health*, 6, 17-37.

- Lynch, A., & Normandin, N. (1983). SSI: Élaboration d'une version française et application auprès d'une population d'enfants avec troubles d'apprentissage. Unpublished master's thesis. University of Montreal, Montreal, Canada.
- Mayo, L.H., Florentine, M., & Buus, S. (1997). Age of Second-Language Acquisition and Perception of Speech in Noise. *Journal of Speech, Language and Hearing Research, 40*, 686-693.
- Muchnik, C., Roth, D. A.-E., Othman-Jebara, R., Putter-Katz, H., Shabtai, E.L., & Hildesheimer, M. (2004). Reduced Medial Olivocochlear Bundle System Function in Children with Auditory Processing Disorders, *Audiology & Neurotology, 9*, 107-114.
- Musiek, F. (1999). Habilitation and Management of Auditory Processing Disorders: Overview of Selected Procedures. *Journal of the American Academy of Audiology, 10*, 329-342.
- Musiek, F.E., & Geurkink, N.A. (1980). Auditory perceptual problems in children: Considerations for the otolaryngologist and audiologist. *The Laryngoscope, 90*, 962-971.
- Nittrouer, S., & Boothroyd, A. (1990). Context effects in phoneme and word recognition by young children and adults. *Journal of the Acoustical Society of America, 87*, 2705-2715.
- Nilsson, M., Soli, S.D., & Sullivan, J.A. (1994). Development of the Hearing In Noise Test for the measurement of speech reception thresholds in quiet and in noise. *Journal of the Acoustical Society of America, 95*, 1085-1099.
- Ordre des orthophonistes et audiologistes du Québec. (2007). *Révision des pratiques courantes en audiologie entourant le trouble de traitement auditif (TTA) chez l'enfant*. Rapport du comité ad hoc. Montréal. Canada.
- Perrin, F. & Grimault, N. (2005). Fonds sonores. Laboratoire Unités Mixtes de Recherche, Centre National de la Recherche Scientifique 5020, Lyon, France.
- Pichora-Fuller, K.M. (2008). Use of supportive context by younger and older adult listeners: Balancing bottom-up and top-down information processing. *International Journal of Audiology, 47*, S72-S82.

- Pichora-Fuller, K.M., Schneider, B., & Daneman, M. (1995). How young and old adults listen to and remember speech in noise. *Journal of the Acoustical Society of America*, 97, 593-608.
- Pinheiro, M.L. (1977). Tests of Central Auditory Function in Children with Learning Disabilities. In R. Keith (Ed.), *Central Auditory Dysfunction* (pp.223-256). New York: Grune & Stratton.
- Rudmin, F., & Normandin, N. (1983). Experimental dichotic tests in French modeled on SSW design. *Human Communications Canada*, 7, 348-360.
- Schum, D.J., & Matthews, L.J. (1992). SPIN test Performance of Elderly Hearing-Impaired Listeners. *Journal of the American Academy of Audiology*, 3, 303-307.
- Sloan, C. (1995). *Treating auditory processing difficulties in children*. San Diego: Singular Publishing.
- Studebaker, G.A. (1985). A "Rationalized" Arcsine Transform. *Journal of Speech and Hearing Research*, 28, 455-462.
- Willeford, J. (1985). Assessment of central auditory disorders in children. In M.L. Pinheiro, R.W. Keith, & F.E. Musiek (Eds.). *Assessment of Central Auditory Dysfunctions. Foundations and Clinical Correlates*. Baltimore: Williams & Wilkins.
- Ziegler, J.C., Pech-Georgel, C., George, F., Alario, F.-X, & Lorenzi, C. (2006). Deficits in speech perception predict language learning impairment. *Proceedings of the National Academy of the United States of America*, 102, 14110-14115.

**Table Captions**

*Table 1.* Results obtained by the APD group (top section of the table) and the control group (bottom section of the table) at the SSW and the SSI-ICM tests. *Failed* indicates that the score was below two standard deviations from the published mean average norms. *Normal* signifies that the score is within two standard deviations from the published mean average norms. The symbol \* indicates that the data were taken from the clinical file.

*Table 2.* Average difference scores between HP and LP sentences obtained at each signal-to-noise ratio for the APD group and the control group. Standard deviation values are in parentheses.

Table 1

Participant	Age (months)	Gender	SSI-ICM		SSW	
			Right ear	Left ear	Right ear	Left ear
APD Group						
1*	117	M	Failed	Failed	Failed	Failed
2	112	F	Normal	Normal	Normal	Failed
3	125	F	Failed	Failed	Normal	Normal
4	114	M	Failed	Failed	Normal	Failed
5	149	M	Failed	Failed	Failed	Failed
6*	121	M	Normal	Normal	Normal	Failed
7	134	F	Normal	Failed	Failed	Failed
8*	114	F	Failed	Failed	Normal	Normal
9*	154	F	Normal	Normal	Failed	Failed
10*	118	M	Normal	Normal	Normal	Failed
Control group						
1	116	M	Normal	Normal	Normal	Normal
2	107	F	Normal	Normal	Normal	Normal
3	122	F	Normal	Normal	Normal	Normal
4	107	M	Normal	Normal	Normal	Normal
5	144	M	Normal	Normal	Normal	Normal
6	114	M	Normal	Normal	Normal	Normal
7	139	F	Normal	Normal	Normal	Normal
8	114	F	Normal	Normal	Normal	Normal
9	149	F	Normal	Normal	Normal	Normal
10	118	M	Normal	Normal	Normal	Normal



Table 2

Signal-to-noise ratio (dB)	APD group (one standard deviation)	Control group (one standard deviation)
-3	8% ( $\pm 12\%$ )	12% ( $\pm 7\%$ )
0	21% ( $\pm 16\%$ )	28% ( $\pm 11\%$ )
+3	20% ( $\pm 11\%$ )	10% ( $\pm 7\%$ )
+4	10% ( $\pm 13\%$ )	18% ( $\pm 16\%$ )

### Figure Captions

*Figure 1.* Average keyword recognition scores (in percentage) for high predictable (HP) sentences are illustrated with black square symbols for the control group and grey square symbols for the APD group. Average keyword recognition scores for low predictable (LP) sentences are illustrated with black circle symbols for the control group and grey circle symbols for the APD group. Error bars indicate one standard deviation.

*Figure 2.* The  $z$ -transformed group average scores at each tested signal-to-noise ratio (SNR) for high predictable sentences (HP) are illustrated with a black square symbol, and a grey circle symbol for low predictable (LP) sentences, in the left panel for the APD group and in the right panel for the control group. For each group, the linear regression function computed for HP sentences is illustrated with a black line. The linear regression function calculated for LP sentences is illustrated with a grey line. The  $r^2$  variance value is indicated in black for HP sentences and in grey for LP sentences.

*Figure 3.* Benefit from context is illustrated with a grey column for the APD group and with a black column for the control group. Benefit for each group is the average of the difference calculated at signal-to-noise ratio (SNR) at which the score of 50% was observed for the low predictable sentences minus the corresponding SNR threshold for the high predictable sentences (from data presented in Figure 2). Standard deviations are shown.

*Figure 4.* Each participant's  $z$  score for low predictable sentences is illustrated with a full square symbol, an open circle for high predictable sentences and a black triangle for the difference score. The top panel corresponds to performances obtained at a signal-to-noise ratio (SNR) of -3 dB, the second one at a SNR of 0 dB, the third one at a SNR of +3 dB and the bottom panel, at a SNR of +4 dB. The cut-off score is calculated as a  $z$  score of 2.

Figure 1

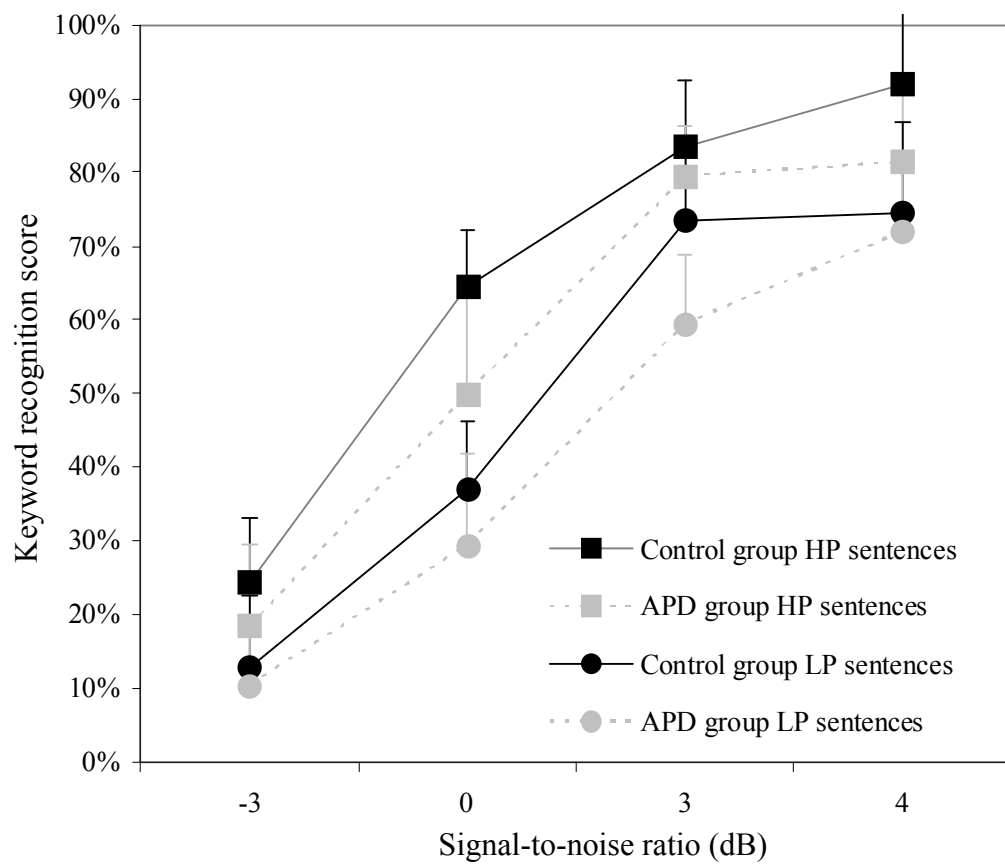


Figure 2

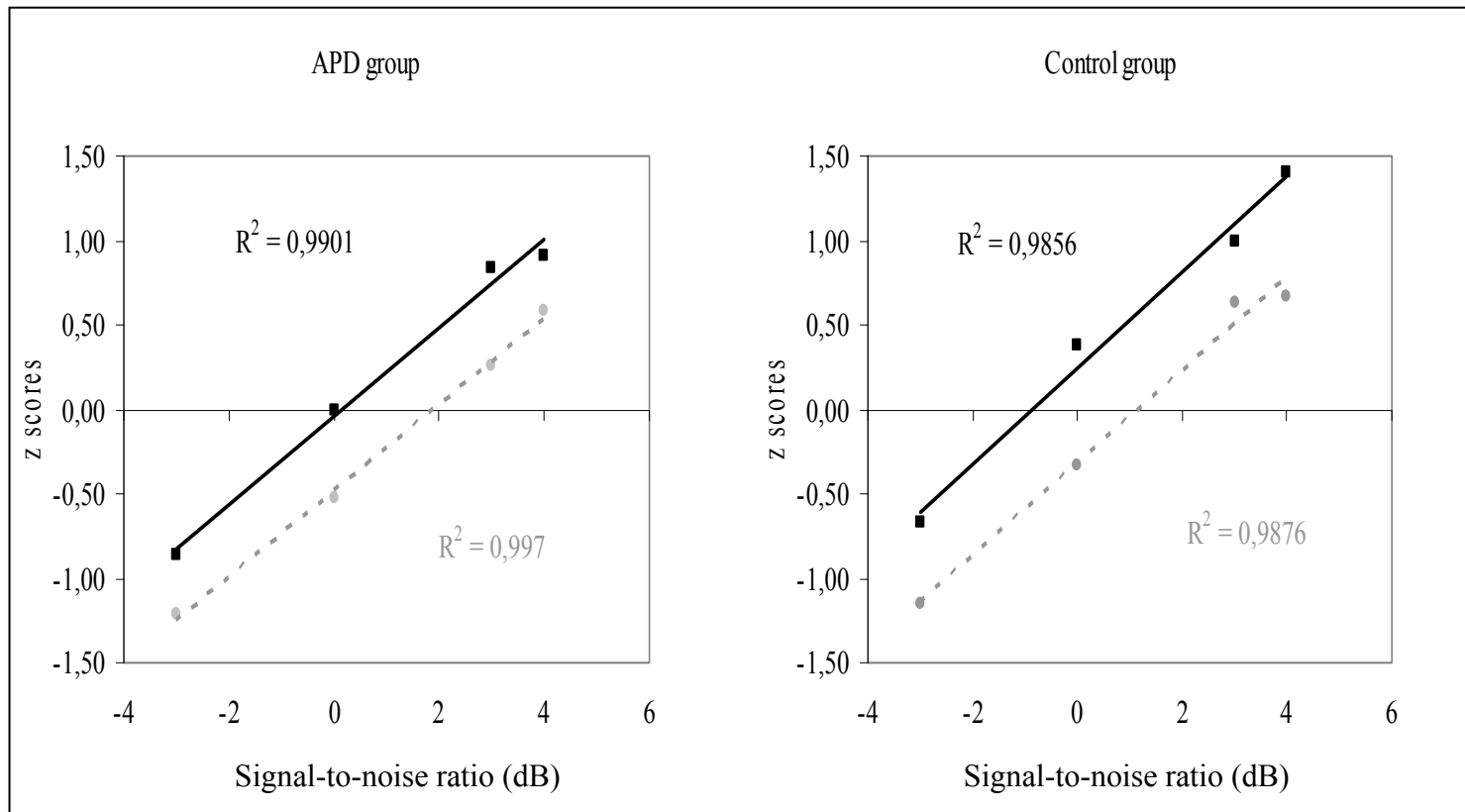


Figure 3

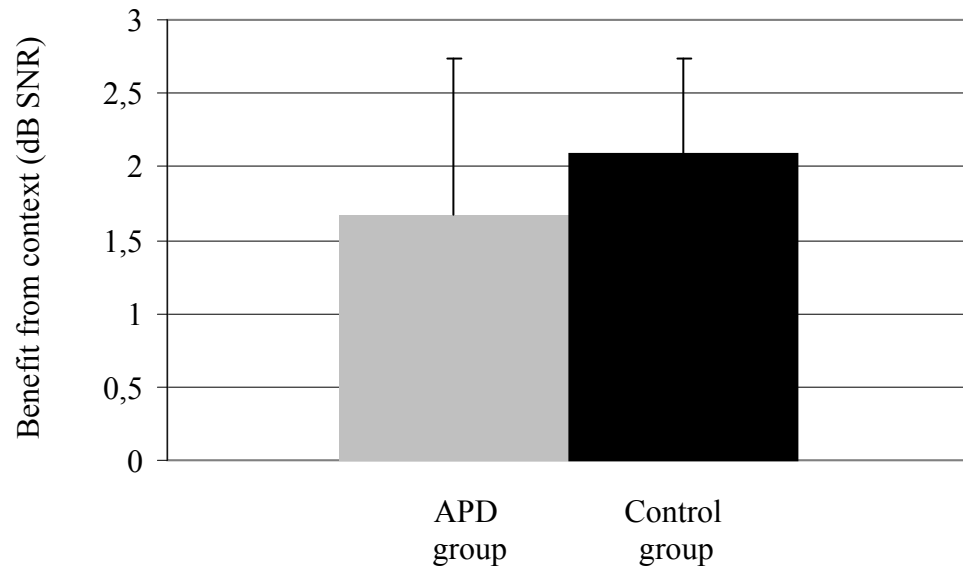
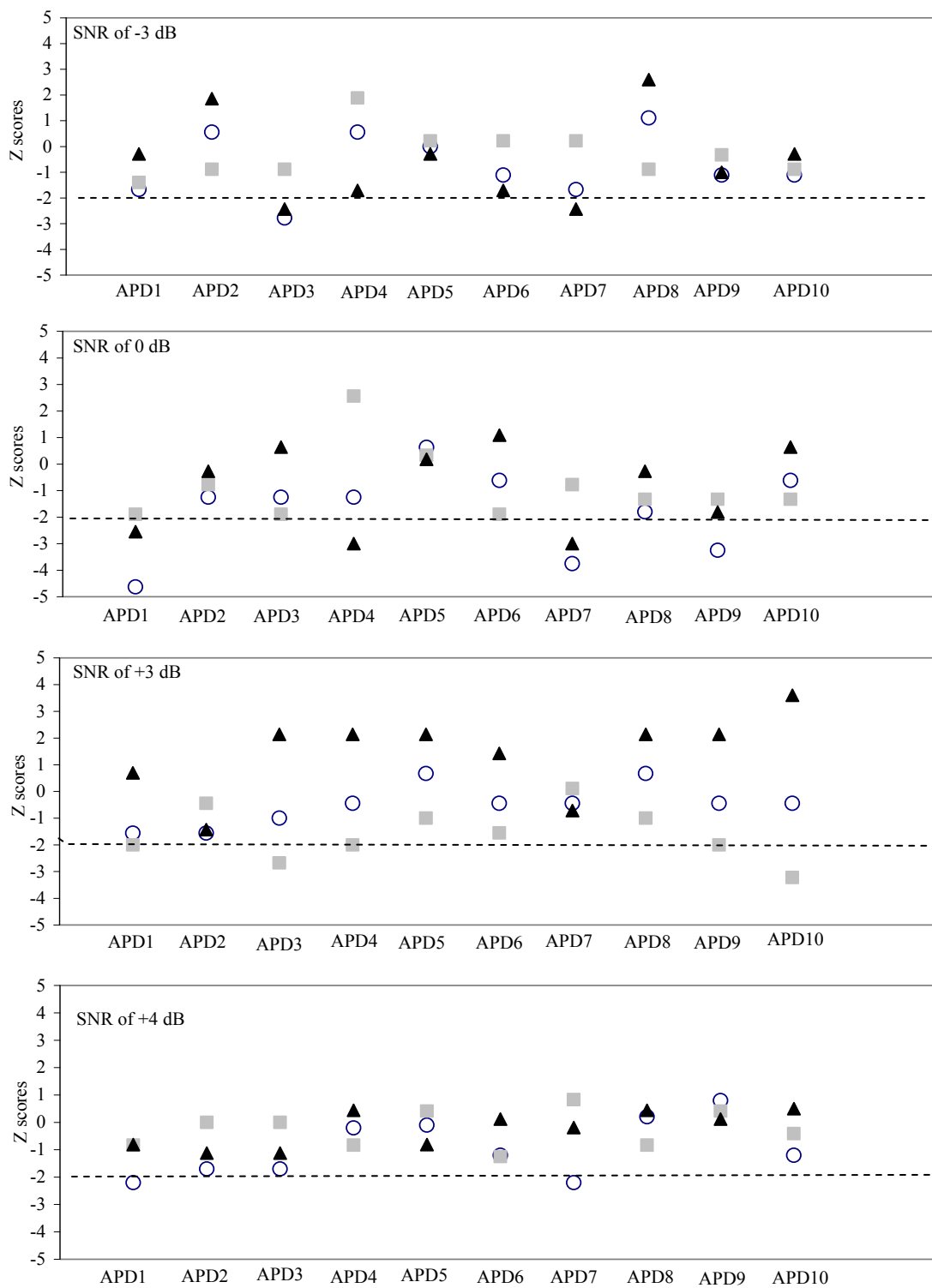


Figure 4



## **Chapitre 3**

## Discussion

L'objectif général de la thèse était de mieux comprendre l'origine des difficultés de perception de la parole dans le bruit chez des enfants présentant un trouble de traitement auditif (TTA), à savoir comment il pourrait être possible d'identifier la nature de ces difficultés. Pour y arriver, le *Test de Phrases dans le Bruit (TPB)* a été créé. Il s'agit d'une adaptation francophone du test *SPIN* évaluant la capacité à reconnaître le mot final de phrases hautement prévisibles (HP) et faiblement prévisibles (FP) en présence de bruit.

Les résultats de l'étude, présentés dans l'Article 3 (section 2.4), concordent avec la littérature scientifique concernant les difficultés de perception de la parole dans le bruit dans le cas de TTA (ASHA, 2005; Bamiou et coll., 2001; Bellis, 2003; Chermak, 2002; Chermak et coll., 1999; Keith, 1999; Musiek et Geurkink, 1980). En fait, les performances moyennes du groupe d'enfants ayant un TTA sont significativement plus faibles que celles du groupe témoin à l'identification du mot final des phrases du TPB aux rapports signal-sur-bruit (s/b) de 0, +3 et +4 dB. Or, aucune différence significative n'a été notée pour la différence des scores (soustraction du score moyen obtenu aux phrases FP de celui obtenu aux phrases HP) à chaque rapport s/b entre les deux groupes, suggérant des capacités similaires à l'utilisation des indices contextuo-linguistiques pour ce type de tâche. Cette analyse ne renseigne cependant pas sur l'utilisation maximale de l'information contextuo-linguistique de chaque groupe, puisque les performances n'ont été mesurées qu'à quatre rapports s/b. Tel qu'effectuée dans d'autres études portant sur la perception de la parole dans le bruit (Boothroyd et Nittrouer, 1988; Laroche et coll., 2003; Mayo, Florentine et Buus, 1997), une fonction linéaire a été créée à partir des données transformées en scores  $z$ . Ainsi, une courbe illustrant la différence des scores entre les phrases HP et FP en fonction du rapport s/b a été développée pour tous les participants (voir un exemple à la Figure 1 de la présente section). Cette courbe permet d'observer la valeur maximale de la différence des scores, de même que le rapport s/b auquel cette valeur est observée. En moyenne, la différence des scores maximale



supposée à partir de la fonction linéaire est de 24.8% (écart-type de 7%) pour le groupe d'enfants ayant un TTA et de 28.2% (écart-type de 9%) pour le groupe témoin. Le résultat des analyses statistiques ne montre aucun effet de groupe, suggérant qu'en moyenne, les enfants ayant un TTA profitent autant des indices contextuo-linguistiques que les enfants du groupe témoin ( $t_{(8)} = 0.93, p = 0.20$ ).

Bien que le résultat des analyses statistiques ne montre aucun effet significatif quant au rapport s/b auquel la valeur maximale de la différence des scores est observée ( $t_{(8)} = 0.90, p = 0.20$ ), l'écart noté entre les deux groupes peut suggérer que les participants ayant un TTA nécessitent un rapport s/b plus favorable que les enfants sans problème auditif pour profiter des indices contextuo-linguistique, i.e., rapport s/b de +1.5 dB et +0.4 dB respectivement. En fait, une étude menée par Elliott et Busse (1987) auprès d'adultes ayant un trouble d'apprentissage a révélé des résultats semblables. Les adultes ayant un trouble d'apprentissage pouvaient tirer profit des indices contextuo-linguistiques dans une même proportion que le groupe témoin. Cependant la valeur de la différence des scores maximale était observée à un rapport s/b plus élevé chez les adultes ayant un trouble d'apprentissage, comparativement au groupe témoin (Elliott & Buss, 1987).

De façon générale, les résultats obtenus à partir des différentes analyses de groupe convergent vers l'hypothèse voulant que les difficultés de perception de la parole dans le bruit dans le cas de TTA soient davantage reliées à une dysfonction au plan du traitement auditif qu'une dysfonction au plan du traitement cognitivo-linguistique. Or, étant donné l'hétérogénéité rapportée quant aux difficultés d'écoute des enfants ayant un TTA (ASHA, 2005; Bellis, 2003; Sharma, Purdy & Kelly, 2009; Vanniasagaram et coll., 2004), il est difficile d'avancer que ces tendances notées à partir des analyses de groupe soient sans équivoque. En fait, les tendances de groupe peuvent être considérées robustes quand la majorité des participants d'une cohorte suivent le même pattern (Duchesne, Sutton et Bergeron, 2009). Or, une partie des performances mesurées auprès des enfants ayant un TTA divergent de la tendance de groupe. Une analyse des performances individuelles a donc été considérée pour déterminer si certains profils

pouvaient être identifiés, tels que rapportés dans d'autres études portant sur les habiletés de communication (Duchesne et coll., 2009; Olsson, 2005). L'analyse des données individuelles a permis de cerner trois profils de difficultés d'écoute au sein du groupe de dix enfants présentant un TTA (Article 3, section 2.4). Ces profils ont été déterminés en comparant les performances de chaque participant du groupe TTA à la valeur moyenne du groupe témoin à chaque rapport s/b testé. Selon ces comparaisons, cinq participants ayant un TTA présentaient un profil de capacités d'écoute comparable à celui du groupe témoin. Dans le cas de trois autres participants, les résultats obtenus suggéraient des difficultés d'écoute reliées à une incapacité au plan de l'utilisation des indices contextuo-linguistiques, alors que pour les deux autres participants, les difficultés d'écoute seraient plutôt attribuables à une incapacité au plan du traitement auditif.

Afin de préciser ces résultats, nous proposons une analyse individuelle de la différence des scores maximale des participants du groupe d'enfants ayant un TTA dont les difficultés d'écoute apparaissent reliées à une dysfonction au plan du traitement cognitivo-linguistique (APD1, APD3 et APD7). Pour le participant APD1, la valeur de la différence des scores maximale n'atteint pas la valeur moyenne observée auprès du groupe témoin (voir Figure 1). Cependant, la valeur de la différence des scores maximale du participant APD1 est observée au même rapport s/b que celle du groupe témoin. Même si cet auditeur ne semble pas profiter des indices contextuo-linguistique dans une même proportion que le font les enfants du groupe témoin, il le fait de façon maximale aux mêmes conditions sonores (même rapport s/b). Les problèmes de perception de la parole dans le bruit du participant APD1 seraient imputables à une incapacité au plan du traitement cognitivo-linguistique.

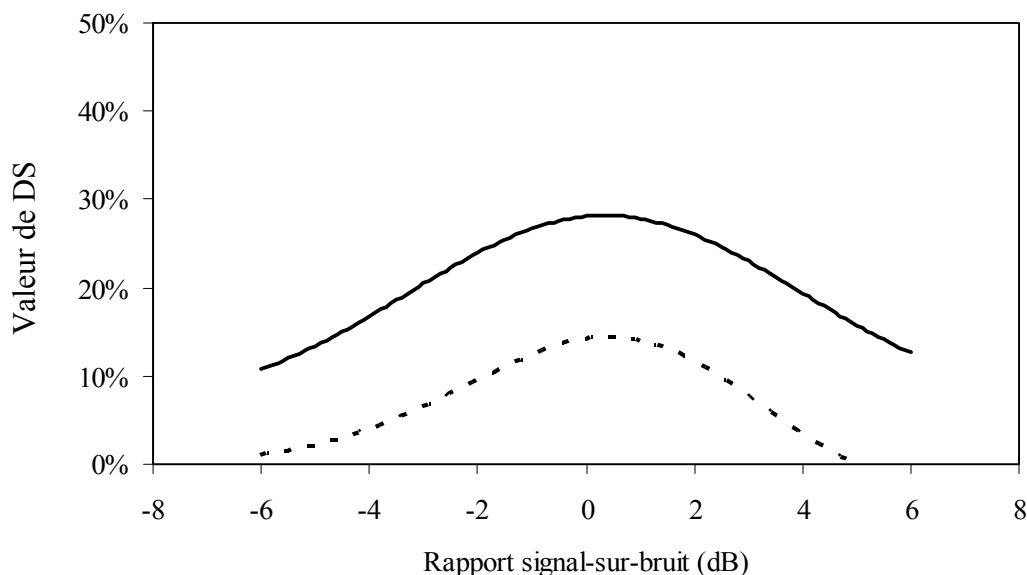


Figure 1. La ligne pointillée représente la valeur de la différence des scores (DS) à chaque rapport signal-sur-bruit (s/b) (en dB) pour le participant APD1 et la ligne pleine illustre la valeur moyenne du groupe témoin. La valeur de la DS maximale du participant APD1 est plus faible que celle obtenue auprès du groupe du témoin, mais elle est observée au même rapport s/b.

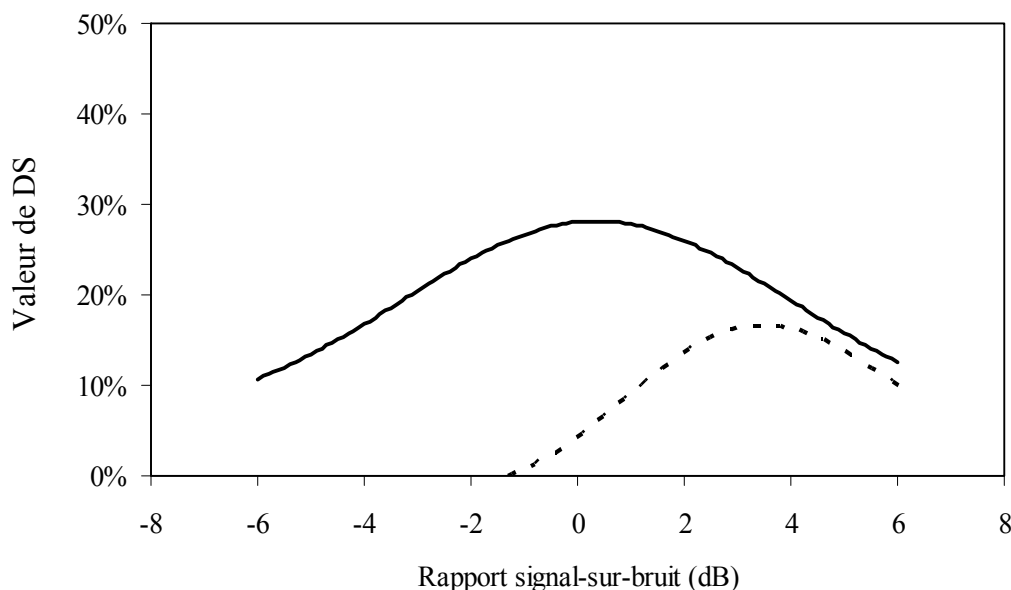


Figure 2. La ligne pointillée représente la valeur de la différence des scores (DS) à chaque rapport signal-sur-bruit (s/b) (en dB) pour le participant APD3 et la ligne pleine illustre la valeur moyenne du groupe témoin. La valeur de la DS maximale du participant APD3 est plus faible que celle obtenue auprès du groupe du témoin et elle est observée à un rapport s/b plus élevé.

Les résultats du participant APD3 suggèrent que ses difficultés d'écoute sont reliées à la combinaison d'une dysfonction au plan du traitement cognitivo-linguistique et du traitement auditif. La valeur de la différence des scores maximale du participant APD 3 est plus faible que celle du groupe témoin, en plus d'être observée à un rapport s/b plus élevé (voir Figure 2).

Enfin, tel qu'illustré à la Figure 3, aucune valeur maximale de la différence des scores n'a pu être identifiée auprès du participant APD7. La différence des scores entre les phrases HP et FP à chaque rapport s/b est négative ou nulle, suggérant que ce participant ne profite pas des indices contextuo-linguistiques pour favoriser la reconnaissance du mot final des phrases. En examinant plus en détail les informations décrites dans le rapport audiolgique de ce participant, nous avons remarqué que bien qu'il provienne d'un milieu familial francophone et qu'il fréquente une école de langue française, il est difficile d'établir s'il est constamment dans un contexte exclusivement francophone. La mère biologique est anglophone et l'enfant est en garde partagée. Les résultats d'une étude menée par Mayo, Florentine et Buus (1997) ont montré une différence à l'utilisation des informations contextuo-linguistiques chez des auditeurs qui avaient appris l'anglais après l'âge de 14 ans, comparativement à ceux pour qui l'anglais était la langue maternelle. Les résultats ont montré que le rapport s/b du seuil d'intelligibilité de la parole était significativement plus élevé chez les auditeurs ayant appris l'anglais plus tard dans la vie comparativement à ceux pour qui l'anglais était la langue maternelle, et ils profitaient moins des indices contextuo-linguistiques pour reconnaître le mot clé des phrases présentées en même temps qu'un bruit masquant (Mayo et coll., 1997). Mis à part le fait que les parents n'aient rapporté aucun trouble de langage, aucun autre détail n'est connu au sujet des habiletés langagières de ce participant. Il est possible que le participant APD7 ne puisse profiter des informations contextuo-linguistiques lors d'une tâche d'écoute comme celle du TPB en raison de compétences linguistiques plus limitées en français. Il apparaît que les difficultés du participant APD7 soient attribuables à une incapacité au plan de l'utilisation des indices

contextuo-linguistiques, mais les résultats obtenus au TPB ne permettent pas d'établir si elles sont aussi reliées à une incapacité au plan du traitement auditif.

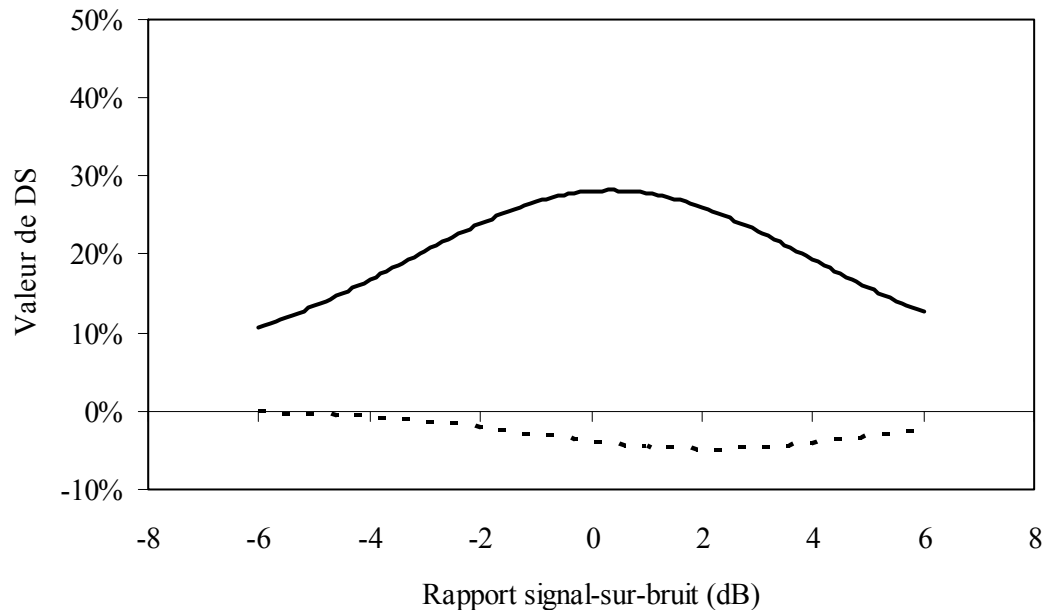


Figure 3. La ligne pointillée représente la valeur de la différence des scores (DS) à chaque rapport signal-sur-bruit (s/b) (en dB) pour le participant APD7 et la ligne pleine illustre la valeur moyenne du groupe témoin. La valeur de la DS du participant APD7 est plus faible que celle obtenue auprès du groupe du témoin à tous les rapports s/b.

En somme, les difficultés d'écoute dans le bruit de ces trois participants (APD1, APD3 et APD7) semblent reliées entre autres, à une difficulté d'utilisation des indices contextuo-linguistique. Ces informations suggèrent que le programme de traitement de ces enfants devrait inclure des interventions visant le développement des habiletés langagières qui facilitent l'utilisation de ces indices (i.e., habiletés de compréhension, faire des inférences, etc.). En ce qui concerne le participant APD3, il serait aussi indiqué d'inclure une intervention visant l'optimisation des habiletés de traitement auditif en raison du déficit possible noté sur ce plan.

Pour ce qui est des deux participants (APD9 et APD10) chez qui l'analyse des résultats individuels révélait une incapacité au plan du traitement auditif, nous avons aussi examiné la valeur de la différence des scores maximale afin de vérifier si d'autres précisions pouvaient être obtenues. La valeur de la différence des scores maximale observée pour le participant APD9 est de 30% au rapport s/b de +2 dB (voir Figure 4). Pour le participant APD10, cette valeur est 27.4% au rapport +1.2 dB (voir Figure 5). Dans les deux cas, la valeur de la DS maximale est plus élevée ou similaire à celle du groupe témoin, i.e., 28.2% au rapport s/b +0.4 dB. Ces résultats suggèrent que la compétence de ces deux participants à profiter de l'information contextuo-linguistiques est comparable à celle du groupe témoin. Il est possible que les participants APD9 et APD10 aient eu à développer des compétences supérieures à l'utilisation des indices contextuo-linguistiques pour pallier le déficit au plan de traitement auditif. Cette hypothèse demeure à vérifier, mais Pichora-Fuller (2008) et Pichora-Fuller et coll. (1995) rapportent que des personnes âgées ayant des difficultés de perception de la parole dans le bruit, malgré une acuité auditive normale, montrent des performances supérieures à celles observées auprès d'adultes plus jeunes à l'utilisation des indices contextuels et linguistiques. Les auteurs expliquent cette différence entre les groupes par le fait que les personnes âgées ont eu à développer cette compétence pour compenser la détérioration des fonctions auditives reliées à la sénescence.

D'autre part, la valeur de la différence des scores maximale est notée à un rapport s/b plus élevé pour les participants APD9 et APD10 que celle du groupe témoin, appuyant ainsi l'hypothèse de difficultés d'écoute attribuables à une incapacité de traitement auditif. Des interventions visant le développement d'habiletés langagières, notamment celles permettant de profiter des indices contextuo-linguistiques, font généralement partie des moyens privilégiés pour réduire les situations de handicap auprès des enfants ayant un TTA (Bamiou et coll., 2001; Bellis, 2003; Musiek, 1999; Musiek, Baran et Schochat, 1999; OOAQ, 2007). La pertinence de telles stratégies auprès des participants APD9 et APD10 serait à vérifier, puisqu'ils ne montrent aucune difficulté sur ce plan, d'après les résultats obtenus au TPB. Compte tenu des difficultés

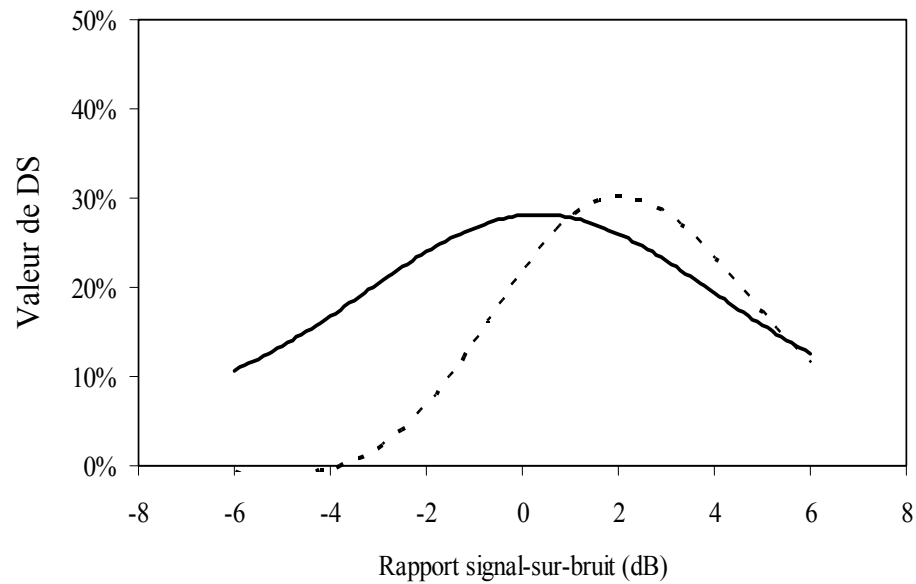


Figure 4. La ligne pointillée représente la valeur de la différence des scores (DS) à chaque rapport signal-sur-bruit (en dB) pour le participant APD9 et la ligne pleine illustre la valeur moyenne du groupe témoin. La valeur de la DS maximale du participant APD9 est plus grande que celle obtenue auprès du groupe du témoin et elle est observée à un rapport s/b plus élevé.

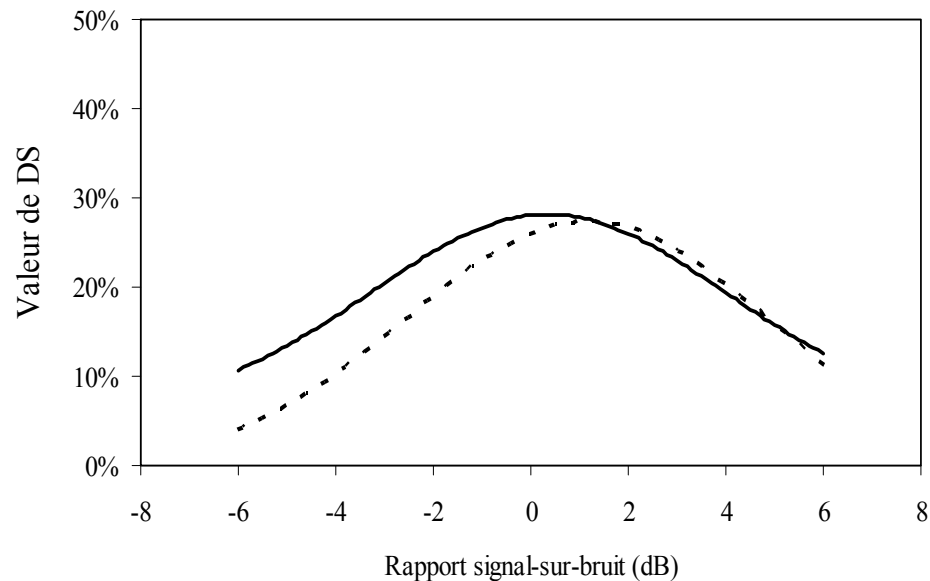


Figure 5. La ligne pointillée représente la valeur de la différence des scores (DS) à chaque rapport signal-sur-bruit (en dB) pour le participant APD10 et la ligne pleine illustre la valeur moyenne du groupe témoin. La valeur de la DS maximale du participant APD10 est plus grande que celle obtenue auprès du groupe du témoin et elle est observée à un rapport s/b plus élevé.

de traitement auditif observées, le plan de traitement pour ces deux participants devrait cependant inclure des moyens palliatifs, comme l'utilisation de systèmes d'amplification, des modifications environnementales pour favoriser les conditions d'écoute, de même que des sessions d'entraînement auditif.

Par ailleurs, l'information recueillie quant au rapport s/b auquel la différence des scores maximale est observée, peut aussi servir à l'ajustement des systèmes d'amplification envisagés. Les résultats obtenus au test *Hearing in Noise Test (HINT)* (Nilsson, Soli, & Sullivan, 1994), qui existe aussi dans une version française adaptée pour les enfants (Laroche et coll., 2006), permettent d'obtenir une valeur de rapport s/b auquel la reconnaissance de phrases est possible. Par contre, les résultats obtenus au moyen du test HINT ne permettent pas d'établir à quelle condition sonore l'auditeur est capable de profiter des indices contextuo-linguistiques de façon optimale.

Bien que des interventions de réadaptation soient présentement offertes aux enfants ayant un TTA, on ne dispose d'aucun élément probant pour choisir un programme d'intervention plutôt qu'un autre (Moore, 2006; OOAQ, 2007). À titre de guide pour les cliniciens, deux modèles théoriques ont été proposés pour décrire les différentes catégories de TTA, soit le modèle de Buffalo (Katz, 1992; Stecker, 1998) et le modèle de Bellis/Ferre (Bellis, 2003). Ces modèles sont fondés sur des données cliniques obtenues à différentes épreuves audiolinguistiques anglophones, de même que sur des observations au plan de difficultés langagières et académiques des personnes identifiées comme ayant un TTA (OOAQ, 2007; Jutras et coll., 2007). Or, l'applicabilité clinique de ces modèles reste difficile (Jutras et coll., 2007) et les cliniciens se retrouvent devant peu d'outils pour la mise en place de stratégies d'intervention (OOAQ, 2007).

Les cliniciens œuvrant en milieu francophone ne disposent actuellement que de peu d'outils d'évaluation comparativement aux cliniques anglophones. En fait, aucun outil clinique permettant d'isoler les compétences cognitivo-linguistiques des capacités auditives lors de l'évaluation de la perception de la parole dans le bruit n'était jusqu'à maintenant disponible en français. Le TPB apparaît comme un outil très prometteur



pour arriver à faire cette distinction, mais d'autres évaluations doivent être menées avant son utilisation clinique. Une description plus détaillée de ces différentes mesures sera présentée un peu plus loin dans ce chapitre.

### 3.1 Limites du programme de recherche

Dans le but de recréer un environnement d'écoute reflétant le plus fidèlement possible les conditions sonores réelles de la vie courante, le TPB a été administré en condition binaurale. Toutefois, cette procédure comporte des limites. Elle ne permet pas d'établir si les difficultés de perception de la parole dans le cas de TTA sont plus marquées à une oreille qu'à l'autre. La comparaison des performances de chaque oreille au TPB aurait permis de vérifier si les difficultés d'écoute dans le bruit sont liées à un trouble spécifique à une oreille, ou aux deux oreilles. De plus, en sachant si les performances sont meilleures en condition binaurale ou monaurale, il serait alors possible de préciser les modifications de l'environnement à envisager.

Une autre limite identifiée concerne l'emploi exclusif de stimuli verbaux dans le protocole expérimental. Il est ainsi impossible d'établir si les difficultés identifiées avec le TPB se limitent uniquement au traitement auditif de stimuli verbaux. Il est important que ce test fasse partie d'une batterie d'épreuves incluant des tests composés de stimuli non verbaux, afin d'évaluer les capacités de traitement auditif selon la nature du signal. Par exemple, pour vérifier la nature des difficultés de perception de la parole dans le bruit auprès d'un enfant de 11 ans présentant un trouble d'apprentissage, Breedin, Martin et Jerger (1989) ont utilisé deux types de stimuli sonores dans une tâche de discrimination auditive, avec et sans bruit masquant. Les résultats de l'enfant étaient similaires à ceux du groupe témoin (composé de 10 enfants du même âge) dans la condition d'écoute sans bruit masquant tant pour des paires de syllabes (non-mots) que pour des paires de mots (Breedin et coll., 1989). Cependant, les résultats de l'enfant étaient significativement plus faibles que ceux du groupe témoin dans la condition d'écoute avec bruit masquant et ce, pour les deux types de stimuli (Breedin et coll., 1989). Selon les auteurs, les problèmes de perception de la parole dans le bruit de ce

participant sont probablement d'origine sensorielle (plutôt que cognitivo-linguistique) étant donné que les difficultés d'écoute notées n'étaient pas limitées aux stimuli verbaux. Bien que les paires de syllabes et de mots soient tout de même des stimuli de nature verbale, les résultats de cette étude soulignent l'importance de vérifier les performances pour différents types de stimuli. La comparaison des performances obtenues à l'aide de stimuli verbaux et de stimuli non-verbaux aurait permis de préciser la nature des difficultés d'écoute dans le bruit des participants de notre étude, à savoir si elle relève d'une dysfonction sensorielle ou d'une dysfonction langagière.

La mise en évidence des profils de TTA a été effectuée à partir d'une analyse par rapport à une norme établie auprès d'un nombre limité de sujets sans TTA, et pour qui des profils hétérogènes sont aussi possible (Grant et Seitz, 2000). Par exemple, l'écart-type de la moyenne de la DS du groupe témoin atteint 16% au rapport s/b de +4 dB. Cette variabilité n'est pas négligeable et elle est probablement reliée à l'effet de maturation possible au plan des voies auditives centrales (Bellis, 2003) et des compétences cognitivo-linguistiques (Elliott et coll., 1979; Nittrouer et Boothroyd, 1990). En fait, il y avait un écart d'âge assez important au sein du groupe témoin (i.e., 8 ans 11 mois à 12 ans 5 mois). D'autre part, le groupe témoin était composé d'enfants issus de régions à caractère linguistique différent. Trois enfants du groupe témoin provenaient de villes québécoises (i.e., Montréal et Gatineau) dont la population est majoritairement francophone, alors que les sept autres enfants vivaient dans les environs de la ville d'Ottawa, dont le caractère linguistique est plutôt bilingue. Ces caractéristiques culturelles ont peut-être contribué à l'hétérogénéité du groupe témoin. Notons cependant, ces mêmes particularités existaient au sein du groupe TTA (six enfants provenaient des environs d'Ottawa et quatre enfants de Gatineau ou Montréal).

Enfin, une autre limite reliée à cette étude concerne les analyses qui ont permis de concevoir les différents profils de TTA. Ces analyses étaient de type descriptif plutôt que quantitatif. Des mesures effectuées auprès d'un plus grand échantillon et à plusieurs rapports s/b permettraient de faire des analyses statistiques par regroupement

(*cluster analysis*) et d'établir les profils, de même que d'identifier les facteurs cognitifs et linguistiques associés à chacun.

### 3.2 Avenues de recherche

Comme le suggère la pratique fondée sur des données scientifiques probantes, celles-ci doivent être obtenues avec des mesures valides et fiables. Bien qu'il s'agisse des premières étapes dans le développement du TPB, les données recueillies dans le cadre de cette thèse suggèrent qu'il constitue un outil potentiel pour l'identification de la nature des difficultés de perception de la parole dans le bruit. Cependant, avant de considérer l'application clinique du TPB, d'autres vérifications sont nécessaires. Les analyses de variance des données recueillies auprès d'un groupe de 27 adultes ont révélé que les listes du TPB (voir section 2.3) étaient statistiquement équivalentes. Cependant, un écart important des performances pour les phrases HP est noté entre les listes. Étant donné la grande variabilité au plan des performances pour les phrases HP comparativement aux phrases FP documenté pour ce type d'épreuve (Grant et Seitz, 2000; Most et Adi-Bensaid, 2001) et le nombre limité de participants à chacune des listes (maximum de sept participants par liste), une vérification de l'équivalence des listes auprès d'un plus grand échantillon permettrait de s'assurer qu'elles puissent être utilisées de façon interchangeable.

Suivant la vérification de l'équivalence des listes, la cueillette de données normatives pour les différents groupes d'âge serait à considérer. Par exemple, des données ont déjà été recueillies auprès de 69 enfants âgés entre 9 et 12 ans sans problème auditif, dans le cadre de la présente recherche, et n'ont montré aucun effet d'âge entre les enfants de 9-10 ans et ceux de 11-12 ans. D'autres données auprès d'enfants plus jeunes (ex., 7 et 8 ans) et plus vieux (ex., 13 et 14 ans) seront aussi nécessaires avant l'utilisation clinique du TPB. En fait, ce sont généralement les enfants du cycle primaire qui sont référés pour une évaluation des habiletés de traitement auditif.

Finalement, le modèle de prédiction des performances à partir de la transformation des données par régression linéaire serait à valider. Par exemple, la transformation des données par régression linéaire permet de prédire les performances aux conditions sonores qui n'ont pas été testées, cependant il sera nécessaire de s'assurer que ces prédictions sont valides en effectuant des mesures auprès d'échantillons plus larges. La prédiction des performances par l'entremise de la transformation linéaire des données permet entre autres de réduire le nombre de mesure à faire et ainsi faciliter le processus d'évaluation.

Puisque les mesures comportementales effectuées à l'aide du TPB ont permis de préciser certains aspects concernant la nature des difficultés d'écoute dans le cas de TTA, on peut penser que les mêmes stimuli (phrases HP et FP) apporteraient d'autres éléments d'information en les utilisant lors de mesures électrophysiologiques. Par exemple, Connolly, Phillips, Stewart et Brake (1992) ont étudié l'effet masquant d'un bruit de verbiage sur les mesures électrophysiologiques effectuées auprès d'adultes ne présentant pas de problème auditif, pendant la présentation de listes de phrases du test *SPIN*. Une onde négative a été observée aux environs de 200 ms (N200), suivie d'une autre onde négative aux environs de 400 ms (N400) pour les deux types de phrases (Connolly et coll., 1992). L'amplitude de ces ondes était plus grande suivant la présentation des phrases FP comparativement aux phrases HP. En comparant la latence de ces ondes avec et sans la présence du bruit masquant, les auteurs ne rapportent aucune différence pour l'onde N200 alors que la latence de l'onde N400 présentait un prolongement significatif pour la condition de bruit. Les auteurs suggèrent que les ondes N200 et N400 reflètent deux processus indépendants, soit le traitement acoustico-phonétique (N200) et le traitement contextuo-sémantique (N400) (Connolly et coll., 1992).

En considérant que les composantes des tracés obtenus lors de mesures électrophysiologiques sont le reflet de l'activité neurologique des processus en cours et qu'elles présentent une variation systématique en fonction des processus cognitifs impliqués (Osterhout et Holcomb, 1995), nous estimons que des mesures semblables

permettraient de consolider les indices accumulés dans le cadre de ce programme de recherche. Par contre, en raison de la variabilité des mesures électrophysiologiques (Connolly et coll., 1992; Connolly et Phillips, 1994) et de la spécificité non sans équivoque des épreuves comportementales, la méthodologie expérimentale qui permettrait de corréler les résultats obtenus à ces deux mesures (comportementales et électrophysiologiques) en employant les phrases du TPB est à parfaire. Néanmoins, cela constituerait une manière d'objectiver les résultats obtenus dans le cadre de notre recherche, tout en ayant une bonne connaissance des compétences au plan fonctionnel.

D'autre part, la corrélation des résultats obtenus au TPB avec ceux obtenus à la mesure des émissions otoacoustiques constitue aussi une avenue intéressante pour la recherche dans le domaine du TTA. En fait, la comparaison des émissions otoacoustiques obtenues en présentant un bruit à l'oreille controlatérale, et celles obtenues en l'absence du bruit, permet de vérifier l'intégrité du réflexe olivo-cochléaire du système efférent (Muchnik et coll., 2004). Ce réflexe interviendrait entre autre dans la détection des signaux acoustiques en présence de bruit de fond (Uziel, 1983). Les résultats d'études récentes, effectuées auprès de populations présentant des difficultés de perception de la parole en présence de bruit, reliées à un TTA, suggèrent que ces problèmes d'écoute seraient attribuables à une activité réduite du complexe olivo-cochléaire (Muchnik et coll., 2004; Sanches et Carvallo, 2006).

Finalement, nous pensons que le TPB pourrait servir auprès d'autres populations francophones aux prises avec des difficultés de perception de la parole dans le bruit. Par exemple, il est bien connu que plusieurs enfants qui ont des difficultés d'attention ont aussi des difficultés à comprendre la parole en présence de fond sonore (Geffner, Lucker, et Koch, 1996), de même que des enfants avec un problème de langage (Ziegler, Pech-Georgel, George, Alario, et Lorenzi, 2005) et des enfants avec un trouble d'apprentissage ou de lecture (Bradlow, Kraus, et Hayes, 2003; Brady, Shankweiler et Mann, 1983; Breedin et coll., 1989). Comme dans le cas d'enfants présentant un TTA, les données obtenues auprès de ces populations permettraient de mieux cerner les

interventions de réadaptation et en favoriser l'efficacité, selon les principes de la pratique fondée sur les données probantes.

## **Conclusion**

À partir des résultats du programme de recherche mené dans le cadre de cette thèse, quelques points généraux peuvent être retenus. Tel qu'attendu, le groupe d'enfants ayant un TTA a obtenu des performances significativement plus faibles que le groupe témoin à la tâche de reconnaissance du mot final de phrases présentées en même temps qu'un bruit de verbiage compétitif. Cette différence entre les deux groupes a été notée aux rapports s/b de 0, +3 et +4 dB. Par contre, la différence des scores obtenue entre les phrases HP et FP à chacune des conditions de bruit auprès du groupe d'enfants ayant un TTA est comparable à celle du groupe témoin. Cette similarité entre les deux groupes suggère que les enfants ayant un TTA ne se distinguent pas des enfants n'ayant pas de TTA au plan de la compétence cognitivo-linguistique qui permet, entre autres, d'utiliser les indices contextuo-linguistiques pour faciliter la perception de la parole en présence de fond sonore.

Le résultat des analyses de groupe diffère de celui des analyses individuelles soulignant l'hétérogénéité déjà invoquée au plan des difficultés d'écoute dans le cas de TTA. En effet, suivant l'analyse des résultats individuels, différents profils de difficultés d'écoute ont été cernés. Par exemple, pour certains participants ayant un TTA, les performances au TPB, en ce qui a trait à la reconnaissance du mot clé des phrases HP et FP de même que pour la différence des scores, étaient similaires à celles du groupe témoin. Dans ce cas, les difficultés d'écoute identifiées au moyen des épreuves cliniques ne se sont pas manifestées au TPB, mais pourraient être présentes lors d'autres types de tâches d'écoute. Pour d'autres, les difficultés d'écoute semblaient reliées à une dysfonction au plan du traitement auditif. Alors que dans le cas d'autres participants, l'origine des difficultés d'écoute semblait plutôt être de nature cognitivo-linguistique. Enfin, les résultats d'un participant suggéraient une dysfonction reliée aux deux types de traitement, soit le traitement auditif et cognitivo-linguistique.



Il n'existe aucun élément probant dans la littérature permettant d'établir une piste d'intervention sûre en ce qui concerne le TTA (OOAQ, 2007). À la lumière des résultats obtenus, il apparaît qu'un outil similaire au TPB pourrait contribuer à mieux cibler les difficultés à l'origine des difficultés d'écoute dans le cas de TTA. Par ailleurs, la disponibilité d'outils de mesure valides faciliterait l'évaluation systématique de l'efficacité des méthodes d'intervention.

## Bibliographie

- American Speech-Language-Hearing Association (ASHA). (2005). *(Central) Auditory Processing Disorders* [Technical Report]. Disponible au <http://www.asha.org/members/deskref-journals/deskref/default>.
- ANSI S3.1. 1999-R2008. *Maximum Permissible Ambient Noise Levels for Audiometric Test Rooms* ANSI S3.1. 1999. New York: American National Standards Institute.
- Babisch, W. (2005). Noise and Health. *Environmental Health Perspectives*, 113, A14-A15.
- Baddely, A. (2003). Working Memory: Looking Back and Looking Forward. *Nature Reviews*, 4, 825-839.
- Bamiou, D.E., Musiek, F.E., et Luxon, L.M. (2001). Aetiology and clinical presentations of auditory processing disorders: a review. *Archives of Diseases in Childhood*, 85, 361-365.
- Bellis, T.J. (2003). *Assessment and Management of Central Auditory Processing Disorders in the Educational Setting. From Science to Practice. Second edition.* Clifton Park: Thomson Delmar Publishing.
- Bilger, R.C., Nuetzel, M.J., Rabinowitz, W.M., et Rzeczkowski, C. (1984). Standardization of a test of speech perception in noise. *Journal of Speech and Hearing Research*, 27, 32-48.
- Boothroyd, A., et Nittrouer, S. (1988). Mathematical treatment of context effects in phoneme and word recognition. *Journal of the Acoustical Society of America*, 84, 101-114.
- Bradlow, A.R., Kraus, N., et Hayes, E. (2003). Speaking Clearly for Children With Learning Disabilities: Sentence Perception in Noise. *Journal of Speech, Language, and Hearing Research*, 46, 80-96.
- Brady, S., Shankweiler, D., et Mann, V. (1983). Speech perception and memory coding in relation to reading ability. *Experimental Child Psychology*, 35, 345-367.

- Breedin, S.D., Martin, R.C., et Jerger, S. (1989). Distinguishing Auditory and Speech-Specific Perceptual Deficits. *Ear and Hearing, 10*, 311-317.
- Broadbent, D.E. (1958). *Perception and Communication*. London: Pergamon Press.
- Cacace, A.T. et McFarland, D.J. (1998). Central Auditory Processing Disorder in School-Aged Children : A Critical Review. *Journal of Speech, Language and Hearing Research, 41*, 355-373.
- Cameron, S., Dillon, H., & Newall, P. (2006a). The Listening in Spatialized Noise test: an Auditory Processing Disorder Study. *Journal of the American Academy of Audiology, 17*, 306-320.
- Cameron, S., Dillon, H., & Newall, P. (2006b). The Listening in Spatialized Noise test: Normative Data for Children. *International Journal of Audiology, 45*, 99-108.
- Chepesiuk, R. (2005). Decibel hell: the effects of living in noisy world. *Environnemental Health Perspectives, 113*, 34-41.
- Chermak, G.D. (2002). Deciphering auditory processing disorders in children. *Otolaryngology Clinics of North America, 35*, 733-749.
- Chermak, G.D., Hall III, J.W., et Musiek, F.E. (1999). Differential diagnosis and management of central auditory processing disorder and attention deficit hyperactivity disorder. *Journal of the American Academy of Audiology, 10*, 289-303.
- Cohen, J. (1988). *Statistical Power Analysis for the Behavioral Sciences*. New Jersey: Laurence Erlbaum.
- Cole, R. A. et Jakimik, J. (1980). A model of speech perception. Dans R. A. Cole (Ed.), *Perception and production of fluent speech* (pp. 133-163). New Jersey: Lawrence Erlbaum.

- Connolly, J.F. et Phillips, N.A., (1994). Event-Related Potential Components Reflect Phonological and Semantic Processing of the Terminal Word of Spoken Sentences. *Journal of Cognitive Neuroscience*, 6, 256-266.
- Connolly, J.F., Phillips, N.A., Stewart, S.H., et Brake, W.G. (1992). Event-related potential sensitivity to acoustic and semantic properties of terminal words in sentence. *Brain and Language*, 43, 1-18.
- Cook, J.R., Mausbach, T., Burd, L., et Gascon, G.G. (1993). A preliminary study of the relationship between central auditory processing disorder and attention deficit disorder. *Journal of Child Psychiatry and Neuroscience*, 18, 130-137.
- Cowan, J., Rosen, S., et Moore, D.R. (2009). Putting the Auditory Processing Back into Auditory Processing Disorder in Children. Dans A.T. Cacace et D. J. McFarland (Eds.), *Controversies in Central Auditory Processing Disorder* (pp. 187- 198). California: Plural Publishing.
- Dubno, J.R., Ahlstrom, J.B., et Horwitz, A.R. (2000). Use of context by young and aged adults with normal hearing. *Journal of the Acoustical Society of America*, 107, 538-546.
- Duchesne, L., Sutton, A., et Bergeron, F. (2009). Language Achievement in Children Who Received Cochlear Implants Between 1 and 2 Years of Age : Group Trends and Individual Patterns. *Journal of Deaf Studies and Deaf Education*, 14, 465-485.
- Elliott, L.L. (1995). Verbal auditory closure and the speech perception in noise (SPIN) Test. *Journal of Speech and Hearing Research*, 38, 1363-1376.
- Elliott, L.L., et Busse, L.A. (1987). Auditory processing by Learning Disabled Young Adults. Dans D.J. Johnson et J.W Blalock (Eds.), *Adults with learning difficulties*. (pp. 107-129). New York: Grune and Stratton.
- Elliott, L.L., Connors, S., Kille, E., Levin, S., Ball, K., et Katz, D. (1979). Children's understanding of monosyllabic nouns in quiet and in noise. *Journal of the Acoustical Society of America*, 66, 12-21.

- Fallon, M., Trehub, S.E., et Schneider, B.A. (2000). Children's perception of speech in multitalker babble. *Journal of the Acoustical Society of America*, 108, 3023-3029.
- Frauenfelder, U.H. et Nguyen, N. (2003). La reconnaissance des mots parlés. Dans J.A. Rondal et X. Seron (Éds). *Troubles du langage : Bases Théoriques, Diagnostic et Rééducation*. (pp. 213-240). Bruxelles:Mardaga
- Gascon, G.G., Johnson, R., et Burd, L. (1986). Central auditory processing and attention deficit disorders. *Journal of Child Neurology*, 1, 27-33.
- Geffner, D., Lucker, J.R., et Koch, W. (1996). Evaluation of Auditory Discrimination in Children with ADD and without ADD. *Child Psychiatry and Human Development*, 26, 169-180.
- Geschwind, N. (1970). The organization of language and the brain. *Science*, 170, 940-944.
- Giraud, A. L., Garnier, S., Micheyl, C., Lina, G., Chays, A., et Chéry-Croze, S. (1997). Auditory efferents involved in speech-in-noise intelligibility. *Neuroreport*, 8, 1779-1783.
- Grant, K.W., et Seitz, P.F. (2000). The recognition of isolated words and words in sentences: Individual variability in the use of sentence context. *Journal of the Acoustical Society of America*, 107, 1000-1011.
- Grant, K.W., et Walden, B.E. (1996). Evaluating the articulation index for auditory-visual consonant recognition. *Journal of the Acoustical Society of America*, 100, 2415-2424.
- Hackney, C.M. (1987). Anatomical features of the auditory pathway from cochlea to cortex. *British Medical Bulletin*, 43, 780-801.
- Hawley, M.L., Litovsky, R.Y., et Colburn, H.S. (1999). Speech intelligibility and localization in a multi-source environment. *Journal of the Acoustical Society of America*, 105, 3436-3448.
- Ising, H., et Kruppa, B. (2004). Health effects cause by noise: evidence in the literature from the past 25 years. *Noise et Health*, 22, 5-13.

- Jerger, J., et Jerger, S. (1975). Clinical validity of central auditory tests. *Scandinavian Audiology*, 4, 147-163.
- Jirsa, R.E. (1992). The Clinical Utility of the P3 AERP in Children With Auditory Processing Disorders. *Journal of Speech and Hearing Research*, 35, 903-912.
- Jirsa, R.E., et Clontz, K.B. (1990). Long latency auditory event-related potentials from children with auditory processing disorders. *Ear and Hearing*, 11, 222-232.
- Johnson, C. (2000). Children's phoneme identification in reverberation et noise. *Journal of Speech, Language and Hearing Research*, 43, 144-156.
- Jutras, B., Loubert, M., Dupuis, J.-L., Marcoux, C., Dumont, V., et Baril, M. (2007). Applicability of Central Auditory Processing Disorder Models. *American Journal of Audiology*, 16, 100-106.
- Kalikow, D.N., Stevens, K.N., et Elliott, L.L. (1977). Development of a test of speech intelligibility in noise using materials with controlled word predictability. *Journal of the Acoustical Society of America*, 61, 1337-1351.
- Katz, J. (1992). Classification of auditory processing disorders. Dans J. Katz, N. Stecker, et D. Henderson (Eds.), *Central auditory processing: A transdisciplinary view* (pp. 81-91). Baltimore: Mosby-Yearbook.
- Keith, R.W. (1999). Treatment for Central Auditory Processing Disorders: Clinical Issues in Central Auditory Processing Disorders. *Language, Speech, and Hearing Services in School*, 30, 339-344.
- Krishnamurti, S., (2001). P300 auditory event-related potentials in binaural and competing noise conditions in adults with central auditory processing disorders. *Contemporary Issues in Communication Science and Disorders*, 28, 40-47.
- Laroche, C., Soli, S., Giguère, C., Lagacé, J., Vaillancourt, V., et Fortin, M. (2003). An Approach to the Development of Hearing Standards for Hearing-Critical Jobs. *Noise & Health*, 6, 17-37.

- Laroche, C., Vaillancourt, V., Melanson, C., Renault, M.-E., Thériault, C., Soli, S., et Giguère, G. (2006). Adaptation du HINT (Hearing in Noise Test) pour les enfants francophones canadiens et données préliminaires sur l'effet d'âge. *Revue d'orthophonie et d'audiologie*, 30, 95-109.
- Lercher, P. (1996). Environmental noise and health: An integrated research perspective. *Environment International*, 22, 1.
- Lewis, H.D., Benignus, V.A., Muller, K.E., Malott, C.M., et Barton, C.N. (1988). Babble and random-noise masking of speech in high and low context cue conditions. *Journal of Speech and Hearing Research*, 31, 108-114.
- Liberman, A.L. (1982). On finding that speech is special. *American Psychology*, 36, 148-167.
- Luria, A.R. (1966). *Higher Cortical Functions in Man*. New York: Basic Books, Inc.
- Marslen-Wilson, W.D. (1990). Activation, competition, and frequency in lexical access. Dans G.T.M. Altmann (Ed.), *Cognitive models of speech processing* (pp. 148-172). Cambridge: M.I.T. Press.
- Massaro, D.W. (1975). *Understanding Language*. New York: Academic Press Inc.
- Mayo, L.H., Florentine, M., et Buus, S. (1997). Age of Second-Language Acquisition and Perception of Speech in Noise. *Journal of Speech, Language and Hearing Research*, 40, 686-693.
- McArdle, R., et Wilson, R. (2009). Speech Perception in Noise: The Basics. *Perspectives on Hearing and Hearing Disorders: Research and Diagnostics*, 13, 4-13.
- McClelland, J.L. et Elman, J.L. (1986). The TRACE Model of Speech Perception. *Cognitive Psychology*, 18, 1-86.
- McFarland, D.J. et Cacace, A.T. (1995). Modality specificity as a criterion for diagnosing central auditory processing disorders. *American Journal of Audiology*, 4, 36-48.

- McFarland, D.J. et Cacace, A.T. (1997). Modality specificity of auditory and visual pattern recognition: Implications for the assessment of central auditory processing disorders. *Audiology*, 36, 249-260.
- Meline, T., et Wang, B. (2004). Effect-Size Reporting Practices in AJSLP and Other ASHA Journals, 1999-2003. *American Journal of Speech-Language Pathology*, 13, 202-207.
- Michaud, D.S., Keith, S.E., et McMurchy, D. (2005). Noise Annoyance in Canada. *Noise & Health*, 7, 39-47.
- Miller, J.D. (1987). Auditory-perceptual processing of speech waveforms. Dans W. Yost et C. Watson (Eds.). *Auditory Processing of Complex Sounds*. Hillsdale: Earlbaum.
- Mills, J.H. (1975). Noise and children: A review of literature. *Journal of the Acoustical Society of America*, 58, 767-779.
- Moore, D.R. (2006). Auditory processing disorder (APD): Definition, diagnosis, neural basis, and intervention. *Audiological Medicine*, 4, 4-11.
- Most, T., & Adi-Bensaid, L. (2001). The Influence of Contextual Information on the Perception of Speech by Postlingually and Prelingually Profoundly Hearing-Impaired Hebrew-Speaking Adolescents and Adults, *Ear and Hearing*, 22, 252-263.
- Muchnik, C., Roth, D. A.-E., Othman-Jebara, R., Putter-Katz, H., Shabtai, E.L., et Hildesheimer, M. (2004). Reduced Medial Olivocochlear Bundle System Function in Children with Auditory Processing Disorders, *Audiology and Neurotology*, 9, 107-114.
- Musiek, F.E., (1999). Habilitation and Management of Auditory Processing Disorders: Overview of Selected Procedures. *Journal of the American Academy of Audiology*, 10, 329-342.
- Musiek, F.E., Baran, J.A., et Schochat, E. (1999). Selected management approaches to central auditory processing disorders. *Scandinavian Audiology*, 28, 63-76.



- Musiek, F.E., et Geurkink, N.A. (1980). Auditory perceptual problems in children: Considerations for the otolaryngologist and audiologist. *The Laryngoscope*, 90, 962-971.
- Nilsson, M., Soli, S.D., et Sullivan, J.A. (1994). Development of the hearing in noise test for the measurement of speech reception thresholds in quiet and in noise. *Journal of the Acoustical Society of America*, 95, 1085-1099.
- Nittrouer, S., et Boothroyd, A. (1990). Context effects in phoneme and word recognition by young children and adults. *Journal of the Acoustical Society of America*, 87, 2705-2715
- Olsson, C. (2005). The Use of Communicative Functions among Pre-school Children with Multiple Disabilities in Two Different Settings Conditions : Group Versus Individual Patterns, *Augmentative and Alternative Communication*, 21, 3-18.
- Ordre des orthophonistes et audiologistes du Québec (OOAQ). (2007). *Révision des pratiques courantes en audiologie entourant le trouble de traitement auditif (TTA) chez l'enfant*. Rapport du comité ad hoc. Montréal: Canada.
- Organisation Mondiale de la Santé (OMS). (1995). *European Center for Environment and Health. Concern for Europe's tomorrow: health and the environment in the WHO European region*. Genève: Auteurs.
- Organisation Mondiale de la Santé (OMS). (1999). *Guidelines for Community Noise*. Genève: Auteurs.
- Organisation Mondiale de la Santé (OMS). (2001). *Occupational and community noise. Fact sheet N°258*. Genève : Auteurs.
- Osterhout, L., et Holcomb, P. J. (1995). Event-related brain potentials and language comprehension. Dans M. D. Rugg et M. G. H. Coles (Eds.), *Electrophysiology of mind: Event-related brain potentials and cognition*. Oxford: Oxford University Press.
- Perrin, F. et Grimault, N. (2005). Fonds sonores. Lyon (France): Laboratoire Unités Mixtes de Recherche, Centre National de la Recherche Scientifique.

- Picard, M.S., et Bradley, J.S. (2001). Revisiting speech interference in classrooms. *Audiology*, 40, 221-244.
- Pichora-Fuller, K.M. (2008). Use of supportive context by younger and older adult listeners: Balancing bottom-up and top-down information processing. *International Journal of Audiology*, 47, S72-S82.
- Pichora-Fuller, K.M., Schneider, B., et Daneman, M. (1995). How young and old adults listen to and remember speech in noise. *Journal of the Acoustical Society of America*, 97, 593-608.
- Piccolo, A., Plutino, D., et Cannistraro, G. (2005). Evaluation and analysis of the environmental noise of Messina. *Applied Acoustics*, 66, 447-465.
- Rees, N.S. (1973). Auditory processing factors in language disorders: the view from Procrustes' bed. *Journal of Speech and Hearing Disorders*, 38, 304-315.
- Rees, N.S. (1981). Saying more than we know: is auditory processing disorder a meaningful concept? Dans R. Keith (Ed.), *Central Auditory and Language Disorders in Children* (pp. 92-120). San-Diego: College-Hill Press.
- Röonberg, J., Samuelsson, S., et Lyxell, B. (1998). Conceptual constraints in sentence-based lipreading in hearing-impaired. Dans R. Campbell, B. Dodd et D. Burnham (Eds). *Hearing by Eye II: The Psychology of Speechreading and Audiovisual Speech* (pp. 143-153). Mahvah: Erlbaum.
- Samson, Y., Belin, P., Thivard, L., Boddaert, N., Crozier, S., et Zilbovicius, M. (2001). Perception auditive et langage: imagerie fonctionnelle du cortex auditif sensible au langage. *Revue Neurologique*, 157, 837-846.
- Sanches, S.G., et Carvallo, R.M. (2006). Contralateral suppression of transient evoked otoacoustic emissions in children with auditory processing disorder. *Audiology and Neuro-otology*, 11, 366-372.
- Sharma, M., Purdy, S.C., et Kelly, A.S. (2009). Comorbidity of Auditory Processing, Language, and Reading Disorders. *Journal of Speech, Language and Hearing Research*, 52, 706-722.

- Schiavetti, N. et Metz, D.E. (2006). *Evaluating Research in Communicative Disorders. 5<sup>th</sup> Edition*. Boston: Allyn and Bacon.
- Schum, D.J., et Matthews, L.J. (1992). SPIN test Performance of Elderly Hearing-Impaired Listeners. *Journal of the American Academy of Audiology*, 3, 303-307.
- Shield, B.M., et Dockrell, J.E. (2002). The effects of environmental noise on Child academic attainments. *Proceedings of the Institute of Acoustics*, 24, 246-252.
- Shield, B.M., et Dockrell, J.E. (2003). The Effects of Noise on Children at School: A review. *Building Acoustics*, 10, 97-116.
- Statistiques Canada. (2008). Portrait de la population canadienne en 2006, selon l'âge et le sexe : faits saillants. Tiré du <http://www12.statcan.ca/francais/census0/analysis/agesex/highlights.cfm>.
- Stecker, N. A. (1998). Overview and update of central auditory processing disorders. Dans M. G. Masters, N. A. Stecker, et J. Katz (Eds.), *Central auditory processing disorders: Mostly management* (pp. 1–13). Toronto: Allyn et Bacon.
- Stevens, K.N., et Halle, M. (1967). Remarks on analysis by synthesis and distinctive features. Dans W. Whathen-Dunn (Ed.), *Models for the Perception of Speech and Visual Form*. Cambridge: M.I.T. Press.
- Stridfeldt, M. (2005). *La perception du français oral par des apprenants suédois*. Thèse de doctorat. Université de Umeå, Suède.
- Takayanagi, S., Dirks, D., et Moshfegh, A. (2002). Lexical and talker effects on word recognition among native and non-native listeners with normal and impaired hearing. *Journal of Speech, Language and Hearing Research*, 45, 585-597.
- Trotter, R., et McConnell, V. (1980). *Psychologie, science de l'homme*. Montreal :HRW.
- Uziel, A. (1983). Le système auditif central. Dans Y. Guerrier & A. Uziel, *Physiologie neuro-sensorielle en O.R.L.* (pp. 97-109). Paris : Masson
- Vanniasegaram, I., Cohen, M., et Rosen, S. (2004). Evaluation of selected auditory tests in school-age children suspected of auditory processing disorders. *Ear and Hearing*,

- VeUILlet, E., Collet, L., et Bazin, F. (1999). Objective evidence of peripheral auditory disorders in learning-impaired children. *Journal of Audiological Medicine*, 8, 18-29.
- Willich, S.N., Wegscheider, K., Stallmann, M., et Keil, T. (2006). Noise burden and the risk of myocardial infarction. *European Heart Journal*, 27, 276-282.
- Zeng, F.-G., Martino, K.M., Linthicum, FH., Soli, S.D. (2000). Auditory perception in vestibular neurectomy subjects. *Hearing Research*, 142, 102-112.
- Ziegler, J.C., Pech-Georgel, C., George, F., Alario, F.-X, et Lorenzi, C. (2005). Deficits in speech perception predict language learning impairment. *Proceedings of the National Academy of the United States of America*, 102, 14110-14115.

## **Annexe A**

### **Lettres d'information et formulaires de consentement**



HÔPITAL  
SAINTE-JUSTINE  
*Le centre hospitalier  
universitaire mère-enfant*  
*Pour l'amour des enfants*

*Expérimentation: -mesure de la familiarité des mots*



Conseil des  
écoles publiques  
de l'Est de l'Ontario

## **Invitation à participer à un projet de recherche**

Chers parents (ou tuteurs de l'enfant), si votre enfant :

- **est âgé entre 5 ans et 6 ans et 11 mois,**
- **qu'il entend bien**
- **et que sa langue maternelle est le français**

Prière de lire ce qui suit:

Je suis étudiante au doctorat en Sciences biomédicales et mon projet de recherche porte sur les problèmes de perception de la parole dans le bruit auprès des enfants présentant un trouble de traitement auditif (TTA, auparavant nommés troubles auditifs centraux ou TAC). La compilation de données obtenues auprès d'enfants qui n'ont pas de problème d'audition permettra le développement d'outils pour évaluer la capacité de perception de la parole en présence de bruit. Les outils présentement disponibles ne permettent pas de distinguer si ce sont des incapacités auditives qui sont à l'origine des difficultés ou si ce sont des problèmes de langage. Il nous apparaît important de mieux connaître les incapacités à l'origine des difficultés que rencontrent les enfants présentant un TTA étant donné la prévalence élevée de problèmes d'apprentissage chez cette population et afin de développer des moyens d'intervention appropriés.

Par la présente, j'aimerais savoir si vous accepteriez que votre enfant participe à cette étude scientifique approuvée par le comité d'éthique de l'Hôpital Sainte-Justine et du Conseil des écoles publiques de l'Est de l'Ontario. L'étude requiert une participation se limitant à une période de 20 minutes. Chaque enfant est rencontré individuellement à l'école. La participation de votre enfant est importante pour l'avancement des connaissances dans ce domaine.

Si vous êtes intéressés à ce que votre enfant participe, prière de lire la lettre d'information et de consentement ci-jointe et d'en retourner une copie signée à l'école d'ici une journée ou deux. Conservez une copie signée pour vos dossiers. Je vous demanderais aussi d'en discuter avec votre enfant afin de s'assurer qu'il désire aussi participer.

Pour toute question concernant cette recherche, vous pouvez me rejoindre au 613-841-0626.

Je vous remercie de contribuer à l'avancement des connaissances dans le domaine de l'audition et vous prie de recevoir mes sincères salutations.

Josée Lagacé, Audiologiste  
Candidate au Ph.D. Sciences Biomédicales à l'Université de Montréal



HÔPITAL  
SAINTE-JUSTINE  
*Le centre hospitalier  
universitaire mère-enfant*

*Pour l'amour des enfants*

*Expérimentation: -mesure de la familiarité des mots*



Conseil des  
écoles publiques  
de l'Est de l'Ontario

---

## PROBLÈMES DE PERCEPTION DE LA PAROLE DANS LE BRUIT CHEZ LES ENFANTS PRÉSENTANT UN TROUBLE DE TRAITEMENT AUDITIF

---

### LETTRE D'INFORMATION ET DE CONSENTEMENT

#### 1. Titre de l'étude

Problèmes de perception de la parole dans le bruit chez les enfants présentant un trouble de traitement auditif.

#### 2. Nom des chercheurs

Chercheuse principale : **Josée Lagacé, M.O.A.**, Candidate Ph.D. Sciences biomédicales, Université de Montréal et Centre de recherche, Hôpital Sainte-Justine.

Directeurs de recherche :

**Benoît Jutras, Ph.D.**, Directeur de recherche, Centre de recherche Hôpital Sainte-Justine.

**Jean-Pierre Gagné, Ph.D.**, Co-directeur de recherche, Université de Montréal

#### 3. Invitation à participer à un projet de recherche

Si votre enfant est âgé entre 5 ans et 6 ans et 11 mois, qu'il n'a pas de problème auditif et que le français est sa langue maternelle, nous vous invitons à considérer sa participation au présent projet de recherche. La compilation de données obtenues auprès d'enfants qui n'ont pas de problème d'audition permettra le développement d'outils pour évaluer la capacité de perception de la parole en présence de bruit. Les outils présentement disponibles ne permettent pas de bien distinguer si ce sont des incapacités auditives qui sont à l'origine des difficultés ou si ce sont des problèmes de langage.

#### 4. Nature de ce projet

Votre enfant ne présente pas de problème auditif mais la comparaison de ses performances avec celles d'enfants qui présentent un trouble de traitement auditif (TTA)

*Expérimentation: -mesure de la familiarité des mots*

permettra de connaître les incapacités spécifiques à ce groupe d'enfants. Il nous apparaît important de mieux connaître les incapacités à l'origine des difficultés que rencontrent les enfants présentant un TTA étant donné la prévalence élevée de problèmes d'apprentissage chez cette population et afin de développer des moyens d'intervention appropriés. On cherche à savoir si les incapacités à l'origine des problèmes de perception de la parole dans le bruit chez les enfants présentant un TTA relèvent spécifiquement d'incapacités auditives. Les outils présentement disponibles ne permettent pas de distinguer si ce sont des incapacités auditives qui sont à l'origine des difficultés ou si ce sont des problèmes de langage. Pour ce faire, nous recherchons la participation d'au moins quarante (40) enfants âgés entre 5 ans et 6 ans et 11 mois, qui ne présentent pas de problème auditif connu et dont le français est la langue maternelle.

### **5. Déroulement**

Si vous acceptez que votre enfant participe à la recherche, une rencontre d'une durée de 20 minutes environ est prévue à l'école de votre enfant. Cette rencontre se déroulera comme suit:

#### a) Dépistage auditif

À l'aide d'écouteurs, nous présenterons des sons de faible intensité pour déterminer si l'audition se situe à l'intérieur des limites normales (durée approximative: 10 minutes). Pour ce faire, l'enfant n'a qu'à déposer un bloc dans un bac à chaque fois qu'il entend un son. Nous retiendrons la candidature de votre enfant pour la seconde partie de la rencontre si les résultats obtenus au dépistage auditif suggèrent une audition normale. Un compte rendu des résultats obtenus au dépistage auditif vous sera fourni. Par ailleurs, si les résultats ne suggèrent pas une audition se situant à l'intérieur des limites normales, des références appropriées vous seront suggérées.

#### b). Mesures expérimentales

Pour cette seconde partie, votre enfant aura à répéter des mots présentés à l'aide d'écouteurs à niveau confortable de conversation (durée: 10 minutes), soit deux listes de 40 mots par oreille. On encouragera votre enfant à deviner lorsqu'il sera dans le doute. Pour cette épreuve, nous ne pourrons pas vous communiquer les résultats individuels de votre enfant puisque l'analyse des résultats sera seulement effectuée pour l'ensemble des enfants qui participent à l'étude.

### **6. Avantages et bénéfices**

Votre enfant bénéficiera d'un dépistage auditif. Parmi les retombées du projet de recherche, une meilleure connaissance des difficultés pour l'ensemble des enfants aux prises avec des troubles de traitement auditif est attendue. Par ailleurs, les résultats pourraient orienter le développement de tests diagnostics plus précis et de moyens d'intervention plus efficaces pour ces enfants.



*Expérimentation: -mesure de la familiarité des mots*

### **7. Inconvénients et risques**

Aucun risque n'est associé aux tâches que devra accomplir votre enfant ni aux mesures que nous recueillerons. Cependant, la participation de votre enfant aux évaluations pourrait entraîner un certain état de stress ou de fatigue. De courtes pauses sont prévues pour contrer la fatigue et la baisse de motivation. Des pauses supplémentaires peuvent être prises au besoin.

### **8. Confidentialité**

Tous les renseignements obtenus sur votre enfant dans le cadre de cette recherche seront confidentiels. Nous remplacerons son nom par un code. Son dossier sera conservé sous clef, avec celui des autres participants, dans une filière au laboratoire de recherche de Benoît Juras à l'Hôpital Sainte-Justine de Montréal et sera détruit 10 ans suivant la fin de cette étude ou la publication des données de cette étude. Cependant, afin de vérifier la saine gestion de la recherche, il est possible qu'un délégué du comité d'éthique de la recherche consulte les données de la recherche. Par ailleurs, les résultats de cette étude pourront être publiés ou communiqués dans un congrès scientifique mais aucune information permettant d'identifier votre enfant ne sera alors dévoilée.

### **9. Compensation**

Aucune compensation monétaire ne sera remise à l'enfant, mais un autocollant lui sera donné pour le remercier de sa participation, peu importe les résultats obtenus.

### **10. Liberté de participation**

La participation de votre enfant à l'étude est entièrement libre et volontaire. Vous et votre enfant pouvez refuser de participer à l'étude et vous pouvez annuler votre consentement en tout temps sans préjudice. Nous allons respecter le choix de votre enfant s'il refuse de participer à cette recherche. En signant ce formulaire de consentement, vous ne renoncez à aucun de vos droits prévus par la loi ni à ceux de votre enfant.

### **11. Clause de responsabilité**

De plus, vous ne libérez pas les investigateurs et le promoteur de leur responsabilité légale et professionnelle advenant une situation qui causerait préjudice à votre enfant.

### **12. En cas de questions ou de difficultés**

Pour plus d'information concernant cette recherche, contactez la chercheuse responsable de cette étude, Josée Lagacé, au (613) 841-0626. Pour tout renseignement sur les droits de votre enfant à titre de participant à ce projet de recherche, vous pouvez contacter M. Serge Boulé, responsable du Comité d'éthique au Conseil des écoles publiques de l'Est de l'Ontario, au 613-742-8960 poste 2163 ou la conseillère à la clientèle de l'Hôpital Sainte-Justine au (514) 345-4749.

*Expérimentation: -mesure de la familiarité des mots*

### **13. Consentement et Assentiment**

#### **Consentement du parent**

Je comprends la nature et le déroulement du projet de recherche. J'ai pris connaissance de la lettre d'information et de consentement et on m'en a remis deux exemplaires. J'ai eu l'occasion d'en discuter avec mon enfant et si j'ai des questions à poser, je peux communiquer en tout temps avec la chercheuse responsable. Après réflexion, j'accepte que mon enfant participe à ce projet de recherche.

Nom de enfant: \_\_\_\_\_

Date de naissance: \_\_\_\_\_

Nom du parent (ou tuteur) : \_\_\_\_\_

Signature du parent: \_\_\_\_\_ Date : \_\_\_\_\_

**NB.: Prière de retourner une copie signée à l'école. Vous pouvez en garder une copie pour vos dossiers. Merci.**

#### **Assentiment de l'enfant**

On m'a expliqué le projet de recherche et j'accepte d'y participer.

Assentiment de l'enfant (capable de comprendre la nature de ce projet):

\_\_\_\_\_  
(Signature de l'enfant)

Date

Assentiment verbal de l'enfant incapable de signer mais capable de comprendre la nature de ce projet :

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

\_\_\_\_\_  
Date

### **14. Formule d'engagement du chercheur ou de la personne qu'il a déléguée**

Le projet de recherche ainsi que les modalités de la participation ont été décrits au participant et/ou à son parent/tuteur. Un membre de l'équipe de recherche a répondu à leurs questions et leur a expliqué que la participation au projet de recherche est libre et volontaire. L'équipe de recherche s'engage à respecter ce qui a été convenu dans le formulaire de consentement.

Nom du chercheur : \_\_\_\_\_

(ou de son représentant)

Signature du chercheur : \_\_\_\_\_

Date : \_\_\_\_\_

(ou de son représentant)

*Expérimentation:- mesure de l'intelligibilité des mots dans le bruit  
et mesure du degré de prévisibilité des phrases*



HÔPITAL  
SAINTE-JUSTINE  
*Le centre hospitalier  
universitaire mère-enfant*  
*Pour l'amour des enfants*

---

**FORMULAIRE D'INFORMATION  
ET DE CONSENTEMENT**  
**pour la participation d'adultes**  
Pré-Expérimentation

---

**1. Titre de l'étude**

Problèmes de perception de la parole dans le bruit chez les enfants présentant un trouble de traitement auditif.

**2. Nom des chercheurs**

Chercheure principale : **Josée Lagacé, M.O.A.**, Candidate Ph.D. Sciences biomédicales, Centre de recherche, Hôpital Sainte-Justine.

Directeurs de recherche : **Benoît Jutras, Ph.D.**, Directeur de recherche, Centre de recherche Hôpital Sainte-Justine.

**Jean-Pierre Gagné, Ph.D.**, Co-directeur de recherche, Université de Montréal

**3. Invitation à participer à un projet de recherche**

La plupart des enfants qui présentent un trouble de traitement auditif ont de la difficulté à comprendre la parole lorsqu'en présence de bruit compétitif. Le présent projet porte sur l'identification des incapacités sous-jacentes aux problèmes de perception de la parole dans le bruit, à savoir si elles relèvent des capacités de compréhension du langage ou des capacités auditives centrales. Les résultats de ce projet serviront au développement d'outils cliniques qui permettront d'établir un diagnostic plus précis des troubles de traitement auditif (TTA, aussi nommés troubles auditifs centraux ou TAC) et par conséquent, des interventions mieux ciblées. Nous sollicitons aujourd'hui votre participation. Nous vous invitons à lire ce formulaire d'information afin de décider si vous êtes intéressé à participer à cette étude.

**4. Nature de ce projet**

Vous ne présentez pas de problème auditif mais la comparaison de vos performances avec celles des enfants permettra de mieux comprendre l'effet de développement sur la perception de la parole dans le bruit. Ultimement, cela nous aidera à mieux connaître les incapacités à l'origine des difficultés que rencontrent les enfants

*Expérimentation:- mesure de l'intelligibilité des mots dans le bruit  
et mesure du degré de prévisibilité des phrases*

présentant un TTA. Étant donné la prévalence élevée de problèmes d'apprentissage chez cette population, on cherche à savoir si les incapacités à l'origine des problèmes de perception de la parole dans le bruit chez les enfants présentant un TTA relèvent spécifiquement d'incapacités auditives. Les outils présentement disponibles ne permettent pas de distinguer si ce sont des incapacités auditives qui sont à l'origine des difficultés ou si ce sont des problèmes de langage. Dix enfants âgés entre 9 et 10 ans et dix enfants âgés entre 11 et 12 ans participeront aussi à l'étude.

## **5. Déroulement**

Si vous acceptez de participer à la recherche, une rencontre au Laboratoire de l'Université de Montréal est prévue.

Cette rencontre d'environ 1 heures est prévue pour nous permettre de vérifier si vous répondez aux exigences de l'étude dans un premier temps. Une évaluation de l'audition sera effectuée, cette évaluation est identique à celles effectuées en clinique. Dans l'éventualité que vous rencontrerez les exigences de l'étude, la seconde partie de la rencontre portera sur les mesures expérimentales.

### Questionnaire à remplir

Nous vous demanderons de compléter un questionnaire portant sur votre développement et vos comportements auditifs. Ces données, ainsi que celles qui seront obtenues à l'évaluation, permettront de déterminer si vous répondez aux exigences de l'étude.

### Évaluation de l'audition

En premier lieu, nous évaluerons votre audition si votre dernière évaluation date de plus d'un an. À l'aide d'écouteurs, nous présenterons des sons pour déterminer ses seuils d'audition. Nous vérifierons aussi comment vos tympans bougent à l'aide d'une légère pression envoyée dans le conduit. De plus, nous mesurerons l'effet d'écho engendré par un son à l'aide d'un bouchon placé sur le bord du conduit de l'oreille.

Nous retiendrons votre candidature pour la seconde partie de la rencontre si les résultats des tests et vos réponses au questionnaire indiquent vous rencontrerez les critères de sélection.

### Mesures expérimentales

Vous aurez à répéter le dernier mot de phrases présentées à l'aide d'écouteurs à niveau confortable de conversation. On vous encouragera à deviner lorsque vous serez dans le doute. Sept listes de 40 phrases seront présentées en même temps qu'un bruit. Le niveau de bruit ne dépassera jamais 65 dBHL.

*Expérimentation:- mesure de l'intelligibilité des mots dans le bruit  
et mesure du degré de prévisibilité des phrases*

Pour ces épreuves, nous ne pourrons pas vous communiquer vos résultats individuels puisque l'analyse des résultats sera seulement effectuée pour l'ensemble des adultes qui participeront à l'étude.

**6. Avantages et bénéfices**

Vous bénéficierez d'une évaluation récente de votre audition (si la dernière évaluation datait de plus d'un an). Si un problème d'audition est découvert, vous serez référé aux ressources appropriées. Dans le futur, pour l'ensemble des enfants aux prises avec des troubles de traitement auditif, les retombées attendues incluent une meilleure connaissance de leurs difficultés. Les résultats pourraient éventuellement orienter le développement de tests diagnostics plus précis et de moyens d'intervention plus efficaces pour ces enfants.

**8. Inconvénients et risques**

Aucun risque n'est associé aux tâches que devrez accomplir ni aux mesures que nous recueillerons. Cependant, votre participation pourrait entraîner un certain état de stress ou de fatigue. De courtes pauses sont prévues pour contrer la fatigue. Des pauses supplémentaires peuvent être prises au besoin.

**9. Confidentialité**

Tous les renseignements obtenus sur vous dans le cadre de cette recherche seront confidentiels. Nous remplacerons votre nom par un code. Votre dossier sera conservé sous clef, avec celui des autres participants, dans une filière au laboratoire de recherche de Benoît Jutras et sera détruit cinq ans suivant la fin de cette étude ou la publication des données de cette étude. Cependant, afin de vérifier la saine gestion de la recherche, il est possible qu'un délégué du comité d'éthique de la recherche consulte les données de la recherche. Par ailleurs, les résultats de cette étude pourront être publiés ou communiqués dans un congrès scientifique mais aucune information permettant de vous identifier ne sera alors dévoilée. Si vous possédez un dossier audiologique dans une institution publique ou privée, nous vous demanderons de signer un formulaire d'autorisation pour que nous puissions en obtenir une copie.

**10. Compensations pour les déplacements**

Une somme forfaitaire de 10\$ vous sera remise en compensation des frais de transport pour la rencontre prévue pour ce projet de recherche.

**11. Liberté de participation**

Votre participation à l'étude est entièrement libre et volontaire. Vous pouvez refuser de participer à l'étude et vous pouvez annuler votre consentement en tout temps sans préjudice. En signant ce formulaire de consentement, vous ne renoncez à aucun de vos droits.

*Expérimentation:- mesure de l'intelligibilité des mots dans le bruit  
et mesure du degré de prévisibilité des phrases*

## **12. Clause de responsabilité**

De plus, vous ne libérez pas les investigateurs et le promoteur de leur responsabilité légale et professionnelle advenant une situation qui vous causerait préjudice.

## **13. En cas de questions ou de difficultés**

Pour plus d'information concernant cette recherche, contactez le chercheur responsable de cette étude à l'Hôpital Sainte-Justine, Josée Lagacé, au (514) 345-4931 poste 4156. Pour tout renseignement sur vos droits à titre de participant à ce projet de recherche, vous pouvez contacter la conseillère à la clientèle de l'Hôpital Sainte-Justine au (514) 345-4749.

## **14. Consentement**

On m'a expliqué la nature et le déroulement du projet de recherche. J'ai pris connaissance du formulaire de consentement et on m'en a remis un exemplaire. J'ai eu l'occasion de poser des questions auxquelles on a répondu. Après réflexion, j'accepte de participer à ce projet de recherche.

Nom: \_\_\_\_\_

Date de naissance: \_\_\_\_\_

Signature: \_\_\_\_\_ Date : \_\_\_\_\_

## **15. Formule d'engagement du chercheur ou de la personne qu'il a déléguée**

Le projet de recherche ainsi que les modalités de la participation ont été décrits au participant. Un membre de l'équipe de recherche a répondu à ses questions et lui a expliqué que la participation au projet de recherche est libre et volontaire. L'équipe de recherche s'engage à respecter ce qui a été convenu dans le formulaire de consentement.

Nom du chercheur : \_\_\_\_\_

(ou de son représentant)

Signature \_\_\_\_\_ du chercheur : \_\_\_\_\_

Date : \_\_\_\_\_

(ou de son représentant)

*Expérimentation:- mesure des performances en fonction du signal-sur-bruit (adultes)*



HÔPITAL  
SAINTE-JUSTINE  
*Le centre hospitalier  
universitaire mère-enfant*

*Pour l'amour des enfants*

---

**FORMULAIRE D'INFORMATION  
ET DE CONSENTEMENT**  
**pour la participation d'adultes**  
Pré-Expérimentation

---

**1. Titre de l'étude**

Problèmes de perception de la parole dans le bruit chez les enfants présentant un trouble de traitement auditif.

**2. Nom des chercheurs**

Chercheuse principale : **Josée Lagacé, M.O.A.**, Candidate Ph.D. Sciences biomédicales, Centre de recherche, Hôpital Sainte-Justine.

Directeurs de recherche :

**Benoît Jutras, Ph.D.**, Directeur de recherche, Centre de recherche Hôpital Sainte-Justine.

**Jean-Pierre Gagné, Ph.D.**, Co-directeur de recherche, Université de Montréal

**3. Invitation à participer à un projet de recherche**

La plupart des enfants qui présentent un trouble de traitement auditif ont de la difficulté à comprendre la parole lorsqu'en présence de bruit compétitif. Le présent projet porte sur l'identification des incapacités sous-jacentes aux problèmes de perception de la parole dans le bruit, à savoir si elles relèvent des capacités de compréhension du langage ou des capacités auditives centrales. Les résultats de ce projet serviront au développement d'outils cliniques qui permettront d'établir un diagnostic plus précis des troubles de traitement auditif (TTA, aussi nommés troubles auditifs centraux ou TAC) et par conséquent, des interventions mieux ciblées. Nous sollicitons aujourd'hui votre participation. Nous vous invitons à lire ce formulaire d'information afin de décider si vous êtes intéressé à participer à cette étude.

*Expérimentation:- mesure des performances en fonction du signal-sur-bruit (adultes)*

#### **4. Nature de ce projet**

Vous ne présentez pas de problème auditif mais la comparaison de vos performances avec celles des enfants permettra de mieux comprendre l'effet de développement sur la perception de la parole dans le bruit. Ultimement, cela nous aidera à mieux connaître les incapacités à l'origine des difficultés que rencontrent les enfants présentant un TTA. Étant donné la prévalence élevée de problèmes d'apprentissage chez cette population, on cherche à savoir si les incapacités à l'origine des problèmes de perception de la parole dans le bruit chez les enfants présentant un TTA relèvent spécifiquement d'incapacités auditives. Les outils présentement disponibles ne permettent pas de distinguer si ce sont des incapacités auditives qui sont à l'origine des difficultés ou si ce sont des problèmes de langage.

#### **5. Déroulement**

Si vous acceptez de participer à la recherche, une rencontre au Laboratoire de l'Université de Montréal ou à votre domicile est prévue.

Cette rencontre d'environ 1 heures est prévue pour nous permettre de vérifier si vous répondez aux exigences de l'étude dans un premier temps. Une évaluation de l'audition sera effectuée, cette évaluation est identique à celles effectuées en clinique. Dans l'éventualité que vous rencontrez les exigences de l'étude, la seconde partie de la rencontre portera sur les mesures expérimentales.

#### **Questionnaire à remplir**

Nous vous demanderons de compléter un questionnaire portant sur votre développement et vos comportements auditifs. Ces données, ainsi que celles qui seront obtenues à l'évaluation, permettront de déterminer si vous répondez aux exigences de l'étude.

#### **Évaluation de l'audition**

En premier lieu, nous évaluerons votre audition si votre dernière évaluation date de plus d'un an. À l'aide d'écouteurs, nous présenterons des sons pour déterminer ses seuils d'audition. Nous vérifierons aussi comment vos tympons bougent à l'aide d'une légère pression envoyée dans le conduit. De plus, nous mesurerons l'effet d'écho engendré par un son à l'aide d'un bouchon placé sur le bord du conduit de l'oreille.

Nous retiendrons votre candidature pour la seconde partie de la rencontre si les résultats des tests et vos réponses au questionnaire indiquent vous rencontrez les critères de sélection.



*Expérimentation:- mesure des performances en fonction du signal-sur-bruit (adultes)*

### Mesures expérimentales

Vous aurez à répéter le dernier mot de phrases présentées à l'aide d'écouteurs à niveau confortable de conversation. On vous encouragera à deviner lorsque vous serez dans le doute. Cinq listes de 40 phrases seront présentées selon cinq conditions différentes: soit une condition dans le silence et cinq conditions de bruit de niveaux différents. Le niveau de bruit ne dépassera jamais 65 dBHL.

Pour ces épreuves, nous ne pourrons pas vous communiquer vos résultats individuels puisque l'analyse des résultats sera seulement effectuée pour l'ensemble des adultes qui participeront à l'étude.

### **6. Avantages et bénéfices**

Vous bénéficierez d'une évaluation récente de votre audition (si la dernière évaluation datait de plus d'un an). Si un problème d'audition est découvert, vous serez référé aux ressources appropriées. Dans le futur, pour l'ensemble des enfants aux prises avec des troubles de traitement auditif, les retombées attendues incluent une meilleure connaissance de leurs difficultés. Les résultats pourraient éventuellement orienter le développement de tests diagnostics plus précis et de moyens d'intervention plus efficaces pour ces enfants.

### **7. Inconvénients et risques**

Aucun risque n'est associé aux tâches que devrez accomplir ni aux mesures que nous recueillerons. Cependant, votre participation pourrait entraîner un certain état de stress ou de fatigue. De courtes pauses sont prévues pour contrer la fatigue. Des pauses supplémentaires peuvent être prises au besoin.

### **8. Confidentialité**

Tous les renseignements obtenus sur vous dans le cadre de cette recherche seront confidentiels. Nous remplacerons votre nom par un code. Votre dossier sera conservé sous clef, avec celui des autres participants, dans une filière au laboratoire de recherche de Benoît Jutras et sera détruit cinq ans suivant la fin de cette étude ou la publication des données de cette étude. Cependant, afin de vérifier la saine gestion de la recherche, il est possible qu'un délégué du comité d'éthique de la recherche consulte les données de la recherche. Par ailleurs, les résultats de cette étude pourront être publiés ou communiqués dans un congrès scientifique mais aucune information permettant de vous identifier ne sera alors dévoilée. Si vous possédez un dossier audiolgique dans une institution publique ou privée, nous vous demanderons de signer un formulaire d'autorisation pour que nous puissions en obtenir une copie.

*Expérimentation:- mesure des performances en fonction du signal-sur-bruit (adultes)*

### **9. Compensations pour les déplacements**

Une somme forfaitaire de 10\$ vous sera remise en compensation des frais de transport pour la rencontre prévue pour ce projet de recherche.

### **10. Liberté de participation**

Votre participation à l'étude est entièrement libre et volontaire. Vous pouvez refuser de participer à l'étude et vous pouvez annuler votre consentement en tout temps sans préjudice. En signant ce formulaire de consentement, vous ne renoncez à aucun de vos droits.

### **11. Clause de responsabilité**

De plus, vous ne libérez pas les investigateurs et le promoteur de leur responsabilité légale et professionnelle advenant une situation qui vous causerait préjudice.

### **12. En cas de questions ou de difficultés**

Pour plus d'information concernant cette recherche, contactez le chercheur responsable de cette étude à l'Hôpital Sainte-Justine, Josée Lagacé, au (514) 345-4931 poste 4156. Pour tout renseignement sur vos droits à titre de participant à ce projet de recherche, vous pouvez contacter la conseillère à la clientèle de l'Hôpital Sainte-Justine au (514) 345-4749.

### **13. Consentement**

On m'a expliqué la nature et le déroulement du projet de recherche. J'ai pris connaissance du formulaire de consentement et on m'en a remis un exemplaire. J'ai eu l'occasion de poser des questions auxquelles on a répondu. Après réflexion, j'accepte de participer à ce projet de recherche.

Nom: \_\_\_\_\_ Date de naissance: \_\_\_\_\_  
Signature: \_\_\_\_\_ Date : \_\_\_\_\_

### **14. Formule d'engagement du chercheur ou de la personne qu'il a déléguée**

Le projet de recherche ainsi que les modalités de la participation ont été décrits au participant. Un membre de l'équipe de recherche a répondu à ses questions et lui a expliqué que la participation au projet de recherche est libre et volontaire. L'équipe de recherche s'engage à respecter ce qui a été convenu dans le formulaire de consentement.

Nom du chercheur : \_\_\_\_\_  
(ou de son représentant)  
Signature du chercheur : \_\_\_\_\_  
(ou de son représentant)

Date : \_\_\_\_\_



HÔPITAL  
SAINTE-JUSTINE  
*Le centre hospitalier  
universitaire mère-enfant*

*Pour l'amour des enfants*



Conseil des  
écoles publiques  
de l'Est de l'Ontario

## LETTRE D'INFORMATION ET DE CONSENTEMENT

### 1. Titre de l'étude

Problèmes de perception de la parole dans le bruit chez les enfants présentant un trouble de traitement auditif.

### 2. Nom des chercheurs

Chercheure principale : **Josée Lagacé, M.O.A.**, Candidate Ph.D. Sciences biomédicales, Université de Montréal, Centre de recherche, Hôpital Sainte-Justine.

Directeurs de recherche :

**Benoît Jutras, Ph.D.**, Directeur de recherche, Centre de recherche Hôpital Sainte-Justine.

**Jean-Pierre Gagné, Ph.D.**, Co-directeur de recherche, Université de Montréal

### 3. Invitation à participer à un projet de recherche

Si votre enfant est âgé entre 9 ans et 12 ans et 11 mois, qu'il n'a pas de problème auditif et que le français est sa langue maternelle, nous vous invitons à considérer sa participation au présent projet de recherche. La compilation de données obtenues auprès d'enfants qui n'ont pas de problème d'audition permettra le développement d'outils pour évaluer la capacité de perception de la parole en présence de bruit. Les outils présentement disponibles ne permettent pas de bien distinguer si ce sont des incapacités auditives qui sont à l'origine des difficultés ou si ce sont des problèmes de langage.

### 4. Nature de ce projet

On cherche à savoir si les incapacités à l'origine des problèmes de perception de la parole dans le bruit chez les enfants présentant un trouble de traitement auditif (TTA) relèvent spécifiquement d'incapacités auditives. Votre enfant n'a pas de TTA, mais la comparaison de ses performances avec celles des enfants qui ont ce problème permettra de connaître les incapacités spécifiques à ce groupe d'enfant. Les outils présentement disponibles ne permettent pas de distinguer si ce sont des incapacités auditives qui sont à l'origine des difficultés ou si ce sont des problèmes de langage. Pour ce faire, nous recherchons la participation d'au moins quarante (40) enfants âgés entre 9 ans et 12 ans et 11 mois, qui ne présentent pas de problème auditif connu et dont le français est la langue maternelle.

## **5. Déroulement**

Si vous acceptez que votre enfant participe à la recherche, une rencontre d'une durée de 25 minutes est prévue à l'école de votre enfant. Cette rencontre se déroulera comme suit:

### **1. Dépistage auditif**

À l'aide d'écouteurs, nous présenterons des sons de faible intensité pour déterminer si l'audition se situe à l'intérieur des limites normales (durée approximative: 5 minutes). Pour ce faire, l'enfant n'a qu'à peser sur un bouton à chaque fois qu'il entend un son. Nous retiendrons la candidature de votre enfant pour la seconde partie de la rencontre si les résultats obtenus au dépistage auditif suggèrent une audition normale. Un compte rendu des résultats obtenus au dépistage auditif vous sera fourni. Par ailleurs, si les résultats ne suggèrent pas une audition se situant à l'intérieur des limites normales, des références appropriées vous seront suggérées.

### **2. Mesures expérimentales**

Pour cette seconde partie, votre enfant aura à répéter le dernier mot de phrases présentées à l'aide d'écouteurs à niveau confortable de conversation (durée: 20 minutes), soit trois listes de 40 phrases qui seront présentées en présence d'un bruit ressemblant à celui retrouvée dans les cafétérias et une liste de phrases présentées dans le silence. On encouragera votre enfant à deviner lorsqu'il sera dans le doute. Pour cette épreuve, nous ne pourrons pas vous communiquer les résultats individuels de votre enfant puisque l'analyse des résultats sera seulement effectuée pour l'ensemble des enfants qui participent à l'étude.

## **6. Avantages et bénéfices**

Votre enfant bénéficiera d'un dépistage auditif. Parmi les retombées du projet de recherche, une meilleure connaissance des difficultés pour l'ensemble des enfants aux prises avec des troubles de traitement auditif est attendue. Par ailleurs, les résultats orienteront le développement de tests plus précis et de moyens d'intervention plus efficaces pour ces enfants.

## **7. Inconvénients et risques**

Aucun risque n'est associé aux tâches que devra accomplir votre enfant ni aux mesures que nous recueillerons. Cependant, la participation de votre enfant aux évaluations pourrait entraîner un certain état de stress ou de fatigue. De courtes pauses sont prévues pour contrer la fatigue et la baisse de motivation. Des pauses supplémentaires peuvent être prises au besoin.

## **8. Confidentialité**

Tous les renseignements obtenus sur votre enfant dans le cadre de cette recherche seront confidentiels. Nous remplacerons son nom par un code. Son dossier sera conservé sous clef, avec celui des autres participants, dans une filière au laboratoire de recherche de Benoît Jutras à l'Hôpital Sainte-Justine de Montréal et sera détruit 10 ans suivant la fin de cette étude ou la publication des données de cette étude. Cependant, afin de vérifier

la saine gestion de la recherche, il est possible qu'un délégué du comité d'éthique de la recherche consulte les données de la recherche. Par ailleurs, les résultats de cette étude pourront être publiés ou communiqués dans un congrès scientifique mais aucune information permettant d'identifier votre enfant ne sera alors dévoilée.

### **9. Compensation**

Aucune compensation monétaire ne sera remise à l'enfant, mais un auto-collant, carte de hockey ou stylo lui sera donné pour le remercier de sa participation, peu importe les résultats obtenus.

### **10. Liberté de participation**

La participation de votre enfant à l'étude est entièrement libre et volontaire. Vous et votre enfant pouvez refuser de participer à l'étude et vous pouvez annuler votre consentement en tout temps sans préjudice. Nous allons respecter le choix de votre enfant s'il refuse de participer à cette recherche malgré le fait que vous ayez donné votre consentement. En signant ce formulaire de consentement, vous ne renoncez à aucun de vos droits prévus par la loi ni à ceux de votre enfant.

### **11. Clause de responsabilité**

De plus, vous ne libérez pas les investigateurs et le promoteur de leur responsabilité légale et professionnelle advenant une situation qui causerait préjudice à votre enfant.

### **12. En cas de questions ou de difficultés**

Pour plus d'information concernant cette recherche, contactez le chercheur responsable de cette étude à l'Hôpital Sainte-Justine, Josée Lagacé, au (613) 841-0626. Pour tout renseignement sur les droits de votre enfant à titre de participant à ce projet de recherche, vous pouvez contacter M. Serge Boulé 613-742-8960.

### **13. Consentement et Assentiment**

#### **Consentement du parent**

Je comprends la nature et le déroulement du projet de recherche. J'ai pris connaissance de la lettre d'information et de consentement et on m'en a remis deux exemplaires. J'ai eu l'occasion d'en discuter avec mon enfant et si j'ai des questions à poser, je peux communiquer en tout temps avec la chercheuse responsable je poser des questions auxquelles on a répondu. Après réflexion, j'accepte que mon enfant participe à ce projet de recherche.

Nom de l'enfant: \_\_\_\_\_

Date de naissance: \_\_\_\_\_

Nom du parent (ou tuteur légal): \_\_\_\_\_

Signature du parent: \_\_\_\_\_ Date : \_\_\_\_\_

*Expérimentation:- mesure des performances en fonction du signal-sur-bruit (enfants)*

Assentiment de l'enfant

On m'a expliqué le projet de recherche et j'accepte d'y participer.

Assentiment de l'enfant (capable de comprendre la nature de ce projet) :

\_\_\_\_\_

(Signature de l'enfant)

\_\_\_\_\_ Date

Assentiment verbal de l'enfant incapable de signer mais capable de comprendre la nature de ce projet : oui \_\_\_\_\_ non \_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_ Date

**14. Formule d'engagement du chercheur ou de la personne qu'il a déléguée**

Le projet de recherche ainsi que les modalités de la participation ont été décrits au participant et/ou à son parent/tuteur. Un membre de l'équipe de recherche a répondu à leurs questions et leur a expliqué que la participation au projet de recherche est libre et volontaire. L'équipe de recherche s'engage à respecter ce qui a été convenu dans le formulaire de consentement.

Nom du chercheur : \_\_\_\_\_

(ou de son représentant)

Signature du chercheur : \_\_\_\_\_

Date : \_\_\_\_\_

(ou de son représentant)



HÔPITAL  
SAINTE-JUSTINE  
*Le centre hospitalier  
universitaire mère-enfant*  
*Pour l'amour des enfants*

XIX

Article 3 (enfants ayant un TTA)



Conseil des  
écoles publiques  
de l'Est de l'Ontario

---

## FORMULAIRE D'INFORMATION ET DE CONSENTEMENT pour la participation d'enfants ayant un trouble de traitement auditif

---

### 1. Titre de l'étude

Problèmes de perception de la parole dans le bruit chez les enfants présentant un trouble de traitement auditif.

### 2. Nom des chercheurs

Chercheuse principale : **Josée Lagacé, M.O.A.**, Candidate Ph.D. Sciences biomédicales, Centre de recherche, Hôpital Sainte-Justine.

Directeurs de recherche : **Benoît Jutras, Ph.D.**, Directeur de recherche, Centre de recherche Hôpital Sainte-Justine.

**Jean-Pierre Gagné, Ph.D.**, Co-directeur de recherche,  
Université de Montréal

### 3. Invitation à participer à un projet de recherche

La plupart des enfants qui présentent un trouble de traitement auditif ont de la difficulté à comprendre la parole lorsqu'en présence de bruit compétitif. Le présent projet porte sur l'identification des incapacités sous-jacentes aux problèmes de perception de la parole dans le bruit, à savoir si elles relèvent des capacités de compréhension du langage ou des capacités auditives centrales. Les résultats de ce projet serviront au développement d'outils cliniques qui permettront d'établir un diagnostic plus précis des troubles de traitement auditif (TTA, aussi nommés troubles auditifs centraux ou TAC) et par conséquent, des interventions mieux ciblées. Nous sollicitons aujourd'hui la participation de votre enfant. Nous vous invitons à lire ce formulaire d'information afin de décider si vous êtes intéressé à ce que votre enfant participe à cette étude.

### 4. Nature de ce projet

Votre enfant a été diagnostiqué comme ayant un trouble de traitement auditif (TTA) autrefois nommé «trouble auditif central (TAC)». Comme vous le savez, ce diagnostic est souvent associé à des difficultés d'apprentissage. Il nous apparaît

important de mieux connaître l'étendue des difficultés que rencontrent des enfants comme le vôtre pour développer des moyens d'intervention appropriés. On cherche à préciser les incapacités responsables des difficultés qu'expérimente votre enfant, à savoir si elles relèvent spécifiquement d'incapacités auditives et non pas de langage. Il y aura 10 enfants ayant un trouble de traitement auditif et 10 enfants n'ayant pas de trouble de traitement auditif qui participeront à l'étude. Tous les enfants participant à l'étude auront entre 9 et 12 ans.

### **5. Déroulement**

Si vous acceptez que votre enfant participe à la recherche, une rencontre au Laboratoire d'audiologie du Centre de recherche de l'Hôpital Ste-Justine, ou à votre domicile est prévue .

Cette rencontre d'environ 1 heure est prévue pour nous permettre de vérifier si votre enfant répond aux exigences de l'étude dans un premier temps. Une évaluation de l'audition sera effectuée, cette évaluation est identique à celle effectuée en clinique. Dans l'éventualité que votre enfant rencontre les exigences de l'étude, la seconde partie de la rencontre portera sur les mesures expérimentales.

#### Questionnaire à remplir

Votre participation en tant que parent sera sollicitée afin de compléter un questionnaire portant sur le développement et les comportements de votre enfant à la maison. Ces données, ainsi que celles qui seront obtenues à l'évaluation de l'audition, permettront de déterminer si votre enfant répond aux exigences de l'étude.

#### Évaluation de l'audition

En premier lieu, nous évaluerons l'audition de votre enfant si sa dernière évaluation date de plus d'un an. À l'aide d'écouteurs, nous présenterons des sons pour déterminer ses seuils d'audition. Nous vérifierons aussi comment ses tympans bougent à l'aide d'une légère pression envoyée dans le conduit. De plus, nous mesurerons l'effet d'écho engendré par un son à l'aide d'un bouchon placé sur le bord du conduit de l'oreille. Nous lui demanderons également de répéter des séries de mots présentés individuellement dans le silence et dans le bruit, et des séries de mots présentés simultanément.

Nous retiendrons la candidature de votre enfant pour la seconde partie de la rencontre si les résultats des tests et les réponses que vous aurez indiqués au questionnaire indiquent que votre enfant rencontre les critères de sélection.

#### Mesures expérimentales

Le participant doit répéter le dernier mot de phrases présentées à l'aide d'écouteurs à niveau confortable de conversation. On encouragera votre enfant à deviner lorsqu'il sera dans le doute. Cinq listes de 40 phrases seront présentées selon cinq conditions



différentes : soit une condition dans le silence et cinq conditions de bruit de niveaux différents. Le niveau de bruit ne dépassera jamais 65 dBHL.

Pour ces épreuves expérimentales, nous ne pourrons pas vous communiquer les résultats individuels de votre enfant puisque l'analyse des résultats sera seulement effectuée pour l'ensemble des enfants qui participent à l'étude. Vous pourrez observer votre enfant durant le déroulement des épreuves, s'il le désire.

#### **6. Avantages et bénéfices**

Votre enfant bénéficiera d'une évaluation récente de son audition (si la dernière évaluation datait de plus d'un an). Si un problème d'audition est découvert, votre enfant sera référé aux ressources appropriées. Dans le futur, pour l'ensemble des enfants aux prises avec des troubles de traitement auditif, les retombées attendues incluent une meilleure connaissance de leurs difficultés. Les résultats pourraient éventuellement orienter le développement de tests diagnostics plus précis et de moyens d'intervention plus efficaces pour ces enfants.

#### **7. Inconvénients et risques**

Aucun risque n'est associé aux tâches que devra accomplir votre enfant ni aux mesures que nous recueillerons. Cependant, la participation de votre enfant aux évaluations pourrait entraîner un certain état de stress ou de fatigue. De courtes pauses sont prévues pour contrer la fatigue et la baisse de motivation. Des pauses supplémentaires peuvent être prises au besoin.

#### **8. Confidentialité**

Tous les renseignements obtenus sur votre enfant dans le cadre de cette recherche seront confidentiels. Nous allons remplacer son nom par un code. Les dossiers seront conservés sous clef dans une filière au laboratoire de recherche de Benoît Jutras et seront détruits cinq ans suivant la fin de cette étude ou suivant la publication des données reliées à l'étude. Cependant, afin de vérifier la saine gestion de la recherche, il est possible qu'un délégué du comité d'éthique de la recherche consulte les données de la recherche. Par ailleurs, les résultats de cette étude pourront être publiés ou communiqués dans un congrès scientifique mais aucune information permettant d'identifier votre enfant ne sera alors dévoilée. Si votre enfant possède un dossier audiologique dans une institution publique ou privée, nous vous demanderons de signer un formulaire d'autorisation pour que nous puissions en obtenir une copie.

#### **9. Compensations pour les déplacements**

Aucune compensation monétaire ne sera remise à l'enfant, mais un autocollant ou autre cadeau de même nature lui sera donné pour le remercier de sa participation, peu importe les résultats obtenus.

**10. Liberté de participation**

La participation de votre enfant à l'étude est entièrement libre et volontaire. Vous et votre enfant pouvez refuser de participer à l'étude et vous pouvez annuler votre consentement en tout temps sans préjudice. Nous allons respecter le choix de votre enfant s'il refuse de participer à cette recherche malgré le fait que vous ayez donné votre consentement. En signant ce formulaire de consentement, vous ne renoncez à aucun de vos droits prévus par la loi ni à ceux de votre enfant.

**11. Clause de responsabilité**

De plus, vous ne libérez pas les investigateurs et le promoteur de leur responsabilité légale et professionnelle advenant une situation qui causerait préjudice à votre enfant.

**12. En cas de questions ou de difficultés**

Pour plus d'information concernant cette recherche, contactez le chercheur responsable de cette étude à l'Hôpital Sainte-Justine, Josée Lagacé, au (514) 345-4931 poste 4156. Pour tout renseignement sur les droits de votre enfant à titre de participant à ce projet de recherche, vous pouvez contacter la conseillère à la clientèle de l'Hôpital Sainte-Justine au (514) 345-4749.

**13. Consentement et Assentiment****Consentement du parent**

On m'a expliqué la nature et le déroulement du projet de recherche. J'ai pris connaissance du formulaire de consentement et on m'en a remis un exemplaire. J'ai eu l'occasion de poser des questions auxquelles on a répondu. Après réflexion, j'accepte que mon enfant participe à ce projet de recherche.

Nom de l'enfant: \_\_\_\_\_

Date de naissance: \_\_\_\_\_

Nom du parent (ou tuteur légal): \_\_\_\_\_

Signature du parent: \_\_\_\_\_ Date : \_\_\_\_\_

**Assentiment de l'enfant**

On m'a expliqué le projet de recherche et j'accepte d'y participer.

Assentiment de l'enfant (capable de comprendre la nature de ce projet) :

\_\_\_\_\_  
(Signature de l'enfant)

\_\_\_\_\_  
Date

Assentiment verbal de l'enfant incapable de signer mais capable de comprendre la nature de ce projet: oui \_\_\_\_\_ non \_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_  
Date

**14. Formule d'engagement de la personne qui a obtenu le consentement et du chercheur responsable**

Engagement de la personne qui a obtenu le consentement

J'ai expliqué au participant et/ou à son parent/tuteur tous les aspects pertinents de la recherche et j'ai répondu aux questions qu'ils m'ont posées. Je leur ai indiqué que la participation au projet de recherche est libre et volontaire et que la participation peut être cessée en tout temps.

\_\_\_\_\_  
Nom de la personne qui a obtenu le consentement (*Lettres moulées*)      Signature \_\_\_\_\_      Date \_\_\_\_\_

Engagement du chercheur responsable

Le projet de recherche doit être décrit au participant et/ou à son parent/tuteur ainsi que les modalités de la participation. Un membre de l'équipe de recherche doit répondre à leurs questions et doit leur expliquer que la participation au projet de recherche est libre et volontaire. L'équipe de recherche s'engage à respecter ce qui a été convenu dans le formulaire de consentement.

\_\_\_\_\_  
Nom du chercheur responsable (*Lettres moulées*)      Signature \_\_\_\_\_      Date \_\_\_\_\_

**15. Autorisation d'accéder au dossier audiologique**

J'autorise le service d'audiologie de \_\_\_\_\_ à faire parvenir une copie du dernier rapport audiologique de mon enfant \_\_\_\_\_ à Josée Lagacé, responsable du présent projet de recherche.

Nom du parent (ou tuteur légal): \_\_\_\_\_  
Signature du parent : \_\_\_\_\_  
Date : \_\_\_\_\_

---

**FORMULAIRE D'INFORMATION ET DE CONSENTEMENT**  
**pour la participation d'enfants ayant un trouble de traitement auditif**  
Expérimentation 1

---

**1. Titre de l'étude**

Problèmes de perception de la parole dans le bruit chez les enfants présentant un trouble de traitement auditif.

**2. Nom des chercheurs**

Chercheuse principale : **Josée Lagacé, M.O.A.**, Candidate Ph.D. Sciences biomédicales,

Centre de recherche, Hôpital Sainte-Justine.

Directeurs de recherche : **Benoît Jutras, Ph.D.**, Directeur de recherche, Centre de recherche Hôpital Sainte-Justine.

**Jean-Pierre Gagné, Ph.D.**, Co-directeur de recherche, Université de Montréal

**3. Invitation à participer à un projet de recherche**

La plupart des enfants qui présentent un trouble de traitement auditif ont de la difficulté à comprendre la parole lorsqu'en présence de bruit compétitif. Le présent projet porte sur l'identification des incapacités sous-jacentes aux problèmes de perception de la parole dans le bruit, à savoir si elles relèvent des capacités de compréhension du langage ou des capacités auditives centrales. Les résultats de ce projet serviront au développement d'outils cliniques qui permettront d'établir un diagnostic plus précis des troubles de traitement auditif (TTA, aussi nommés troubles auditifs centraux ou TAC) et par conséquent, des interventions mieux ciblées. Nous sollicitons aujourd'hui la participation de votre enfant. Nous vous invitons à lire ce formulaire d'information afin de décider si vous êtes intéressé à ce que votre enfant participe à cette étude.

**4. Nature de ce projet**

Votre enfant a été diagnostiqué comme ayant un trouble de traitement auditif (TTA) autrefois nommé «trouble auditif central (TAC)». Comme vous le savez, ce diagnostic est souvent associé à des difficultés d'apprentissage. Il nous apparaît important de mieux connaître l'étendue des difficultés que rencontrent des enfants comme le vôtre pour développer des moyens d'intervention appropriés. On cherche à préciser les incapacités responsables des difficultés qu'expérimente votre enfant, à savoir si elles relèvent spécifiquement d'incapacités auditives et non pas de langage. Il y aura 10 enfants ayant un trouble de traitement auditif et 10 enfants n'ayant pas de trouble de traitement auditif qui participeront à l'étude. Tous les enfants participant à l'étude auront entre 9 et 12 ans.

## **5. Déroulement**

Si vous acceptez que votre enfant participe à la recherche, une rencontre à l'Université d'Ottawa ou à votre domicile est prévue.

Cette rencontre d'environ 1 heure 30 est prévue pour nous permettre de vérifier si votre enfant répond aux exigences de l'étude dans un premier temps. Une évaluation de l'audition sera effectuée, cette évaluation est identique à celle effectuée en clinique. Dans l'éventualité que votre enfant rencontre les exigences de l'étude, la seconde partie de la rencontre portera sur les mesures expérimentales.

### Questionnaire à remplir

Votre participation en tant que parent sera sollicitée afin de compléter un questionnaire portant sur le développement et les comportements de votre enfant à la maison. Ces données, ainsi que celles qui seront obtenues à l'évaluation de l'audition, permettront de déterminer si votre enfant répond aux exigences de l'étude.

### Évaluation de l'audition

En premier lieu, nous évaluerons l'audition de votre enfant si sa dernière évaluation date de plus d'un an. À l'aide d'écouteurs, nous présenterons des sons pour déterminer ses seuils d'audition. Nous vérifierons aussi comment ses tympons bougent à l'aide d'une légère pression envoyée dans le conduit. De plus, nous mesurerons l'effet d'écho engendré par un son à l'aide d'un bouchon placé sur le bord du conduit de l'oreille. Nous lui demanderons également de répéter des séries de mots présentés individuellement dans le silence et dans le bruit, et des séries de mots présentés simultanément.

Nous retiendrons la candidature de votre enfant pour la seconde partie de la rencontre si les résultats des tests et les réponses que vous aurez indiqués au questionnaire indiquent que votre enfant rencontre les critères de sélection.

### Mesures expérimentales

Le participant doit répéter le dernier mot de phrases présentées à l'aide d'écouteurs à niveau confortable de conversation. On encouragera votre enfant à deviner lorsqu'il sera dans le doute. Six listes de 40 phrases seront présentées selon 6 conditions différentes : soit une condition dans le silence et cinq conditions de bruit de niveaux différents. Le niveau de bruit ne dépassera jamais 65 dB HL.

Pour ces épreuves, nous ne pourrions pas vous communiquer les résultats individuels de votre enfant puisque l'analyse des résultats sera seulement effectuée pour l'ensemble des enfants qui participent à l'étude. Vous pourrez observer votre enfant durant le déroulement des épreuves, s'il le désire.

**6. Avantages et bénéfices**

Votre enfant bénéficiera d'une évaluation récente de son audition (si la dernière évaluation datait de plus d'un an). Si un problème d'audition est découvert, votre enfant sera référé aux ressources appropriées. Dans le futur, pour l'ensemble des enfants aux prises avec des troubles de traitement auditif, les retombées attendues incluent une meilleure connaissance de leurs difficultés. Les résultats pourraient éventuellement orienter le développement de tests diagnostics plus précis et de moyens d'intervention plus efficaces pour ces enfants.

**7. Inconvénients et risques**

Aucun risque n'est associé aux tâches que devra accomplir votre enfant ni aux mesures que nous recueillerons. Cependant, la participation de votre enfant aux évaluations pourrait entraîner un certain état de stress ou de fatigue. De courtes pauses sont prévues pour contrer la fatigue et la baisse de motivation. Des pauses supplémentaires peuvent être prises au besoin.

**8. Confidentialité**

Tous les renseignements obtenus sur votre enfant dans le cadre de cette recherche seront confidentiels. Nous allons remplacer son nom par un code. Les dossiers seront conservés sous clef dans une filière au laboratoire de recherche de Benoît Jutras et seront détruits cinq ans suivant la fin de cette étude ou suivant la publication des données reliées à l'étude. Cependant, afin de vérifier la saine gestion de la recherche, il est possible qu'un délégué du comité d'éthique de la recherche consulte les données de la recherche. Par ailleurs, les résultats de cette étude pourront être publiés ou communiqués dans un congrès scientifique mais aucune information permettant d'identifier votre enfant ne sera alors dévoilée. Si votre enfant possède un dossier audiolinguistique dans une institution publique ou privée, nous vous demanderons de signer un formulaire d'autorisation pour que nous puissions en obtenir une copie.

**9. Compensations pour les déplacements**

Un coupon-cadeau pour obtenir une glace aux restaurants *Dairy Queen* sera offert comme récompense à la participation au projet de recherche.

**10. Liberté de participation**

La participation de votre enfant à l'étude est entièrement libre et volontaire. Vous et votre enfant pouvez refuser de participer à l'étude et vous pouvez annuler votre consentement en tout temps sans préjudice. Nous allons respecter le choix de votre enfant s'il refuse de participer à cette recherche malgré le fait que vous ayez donné votre consentement. En signant ce formulaire de consentement, vous ne renoncez à aucun de vos droits prévus par la loi ni à ceux de votre enfant.

**11. Clause de responsabilité**

De plus, vous ne libérez pas les investigateurs et le promoteur de leur responsabilité légale et professionnelle advenant une situation qui causerait préjudice à votre enfant.

**12. En cas de questions ou de difficultés**

Pour plus d'information concernant cette recherche, contactez le chercheur responsable de cette étude, Josée Lagacé, au 613-841-0626. Pour tout renseignement sur les droits de votre enfant à titre de participant à ce projet de recherche, vous pouvez vous adresser au responsable de déontologie en recherche, Université d'Ottawa, Pavillon Tabaret, pièce 159, 562-5841 ou au [ethics@uottawa.ca](mailto:ethics@uottawa.ca).

**13. Consentement et Assentiment**Consentement du parent

On m'a expliqué la nature et le déroulement du projet de recherche. J'ai pris connaissance du formulaire de consentement et on m'en a remis un exemplaire. J'ai eu l'occasion de poser des questions auxquelles on a répondu. Après réflexion, j'accepte que mon enfant participe à ce projet de recherche.

Nom de l'enfant: \_\_\_\_\_

Date de naissance: \_\_\_\_\_

Nom du parent (ou tuteur légal): \_\_\_\_\_

Signature du parent: \_\_\_\_\_ Date : \_\_\_\_\_

Assentiment de l'enfant

On m'a expliqué le projet de recherche et j'accepte d'y participer.

Assentiment de l'enfant :

\_\_\_\_\_  
(Signature de l'enfant)

\_\_\_\_\_  
Date

**14. Formule d'engagement du chercheur ou de la personne qu'il a déléguée**

Le projet de recherche ainsi que les modalités de la participation ont été décrits au participant et/ou à son parent/tuteur. Un membre de l'équipe de recherche a répondu à leurs questions et leur a expliqué que la participation au projet de recherche est libre et volontaire. L'équipe de recherche s'engage à respecter ce qui a été convenu dans le formulaire de consentement.

Nom du chercheur : \_\_\_\_\_  
(ou de son représentant)

Signature du chercheur : \_\_\_\_\_ Date : \_\_\_\_\_  
(ou de son représentant)

**15. Autorisation d'accéder au dossier audiolgique**

J'autorise le service d'audiologie de \_\_\_\_\_ à faire parvenir une copie du dernier rapport audiolgique de mon enfant \_\_\_\_\_ à Josée Lagacé, responsable du présent projet de recherche.

Nom du parent (ou tuteur légal) : \_\_\_\_\_  
Signature du parent : \_\_\_\_\_ Date : \_\_\_\_\_





HÔPITAL  
SAINTE-JUSTINE  
*Le centre hospitalier  
universitaire mère-enfant*  
  
*Pour l'amour des enfants*



Conseil des  
écoles publiques  
de l'Est de l'Ontario

---

**LETTRE D'INFORMATION ET DE CONSENTEMENT**  
**pour la participation d'enfants sans trouble de traitement auditif**

---

**1. Titre de l'étude**

Problèmes de perception de la parole dans le bruit chez les enfants présentant un trouble de traitement auditif.

**2. Nom des chercheurs**

Chercheure principale : **Josée Lagacé, M.O.A.**, Candidate Ph.D. Sciences biomédicales,

Université de Montréal, Centre de recherche du CHU Ste-Justine.

Directeurs de recherche : **Benoît Jutras, Ph.D.**, Directeur de recherche, Centre de recherche du CHU Ste-Justine.

**Jean-Pierre Gagné, Ph.D.**, Co-directeur de recherche, Université de Montréal

**3. Nature de ce projet**

Votre enfant ne présente pas de problème auditif mais la comparaison de ses performances avec celles d'enfants qui présentent un trouble de traitement auditif (TTA) permettra de connaître les incapacités spécifiques à ce groupe d'enfants. Il nous apparaît important de mieux connaître les incapacités à l'origine des difficultés que rencontrent les enfants présentant un TTA étant donné la prévalence élevée de problèmes d'apprentissage chez cette population et afin de développer des moyens d'intervention appropriés. On cherche à savoir si les incapacités à l'origine des problèmes de perception de la parole dans le bruit chez les enfants présentant un TTA relèvent spécifiquement d'incapacités auditives. Les outils présentement disponibles ne permettent pas de distinguer si ce sont des incapacités auditives qui sont à l'origine des difficultés ou si ce sont des problèmes de langage. Pour ce faire, nous recherchons la participation d'au moins quarante (40) enfants âgés entre 9 ans et 12 ans et 11 mois, qui ne présentent pas de problème auditif connu et dont le français est la langue maternelle.

#### **4. Déroulement**

Si vous acceptez que votre enfant participe à la recherche, une rencontre d'une durée d'une heure environ est prévue à votre domicile ou au Laboratoire d'audiologie du Centre de recherche de l'Hôpital Sainte-Justine. Cette rencontre se déroulera comme suit:

##### **a) Dépistage auditif**

À l'aide d'écouteurs, nous présenterons des sons de faible intensité pour déterminer si l'audition se situe à l'intérieur des limites normales (durée approximative: 10 minutes). Pour ce faire, l'enfant n'a qu'à lever sa main à chaque fois qu'il entend un son. Nous retiendrons la candidature de votre enfant pour la seconde partie de la rencontre si les résultats obtenus au dépistage auditif suggèrent une audition normale. Un compte rendu des résultats obtenus au dépistage auditif vous sera fourni. Par ailleurs, si les résultats ne suggèrent pas une audition se situant à l'intérieur des limites normales, des références appropriées vous seront suggérées.

##### **b) Mesures expérimentales**

Pour cette seconde partie, votre enfant aura à répéter le dernier mot de phrases présentées en même temps qu'un bruit ressemblant à celui retrouvé dans une cafétéria. Il entendra les phrases et le bruit à partir d'écouteurs. Les phrases sont présentées à niveau confortable de conversation et le niveau de bruit sera similaire à celui retrouvé dans les endroits publics. Cinq listes de 40 phrases seront présentées. On encouragera votre enfant à deviner lorsqu'il sera dans le doute. Pour cette épreuve, nous ne pourrons pas vous communiquer les résultats individuels de votre enfant puisque l'analyse des résultats sera seulement effectuée pour l'ensemble des enfants qui participent à l'étude.

#### **5. Avantages et bénéfices**

Votre enfant bénéficiera d'un dépistage auditif. Parmi les retombées du projet de recherche, une meilleure connaissance des difficultés pour l'ensemble des enfants aux prises avec des troubles de traitement auditif est attendue. Par ailleurs, les résultats pourraient orienter le développement de tests diagnostics plus précis et de moyens d'intervention plus efficaces pour ces enfants.

#### **6. Inconvénients et risques**

Aucun risque n'est associé aux tâches que devra accomplir votre enfant ni aux mesures que nous recueillerons. Cependant, la participation de votre enfant aux évaluations pourrait entraîner un certain état de stress ou de fatigue. De courtes pauses sont prévues pour contrer la fatigue et la baisse de motivation. Des pauses supplémentaires peuvent être prises au besoin.

#### **7. Confidentialité**

Tous les renseignements obtenus sur votre enfant dans le cadre de cette recherche seront confidentiels. Nous remplacerons son nom par un code. Son dossier sera conservé sous

clef, avec celui des autres participants, dans une filière au laboratoire de recherche de Benoît Jutras à l'Hôpital Sainte-Justine de Montréal et sera détruit 10 ans suivant la fin de cette étude ou la publication des données de cette étude. Cependant, afin de vérifier la saine gestion de la recherche, il est possible qu'un délégué du comité d'éthique de la recherche consulte les données de la recherche. Par ailleurs, les résultats de cette étude pourront être publiés ou communiqués dans un congrès scientifique mais aucune information permettant d'identifier votre enfant ne sera alors dévoilée.

### **8. Compensation**

Aucune compensation monétaire ne sera remise à l'enfant, mais un autocollant ou autre cadeau de même nature lui sera donné pour le remercier de sa participation, peu importe les résultats obtenus.

### **9. Liberté de participation**

La participation de votre enfant à l'étude est entièrement libre et volontaire. Vous et votre enfant pouvez refuser de participer à l'étude et vous pouvez annuler votre consentement en tout temps sans préjudice. Nous allons respecter le choix de votre enfant s'il refuse de participer à cette recherche. En signant ce formulaire de consentement, vous ne renoncez à aucun de vos droits prévus par la loi ni à ceux de votre enfant.

### **10. Clause de responsabilité**

De plus, vous ne libérez pas les investigateurs et le promoteur de leur responsabilité légale et professionnelle advenant une situation qui causerait préjudice à votre enfant.

### **11. En cas de questions ou de difficultés**

Pour plus d'information concernant cette recherche, contactez la chercheuse responsable de cette étude, Josée Lagacé, au (613) 841-0626. Pour tout renseignement sur les droits de votre enfant à titre de participant à ce projet de recherche, vous pouvez contacter M. Serge Boulé, responsable du Comité d'éthique au Conseil des écoles publiques de l'Est de l'Ontario, au 613-742-8960 poste 2163 ou la conseillère à la clientèle de l'Hôpital Sainte-Justine au (514) 345-4749.

**12. Consentement et Assentiment****Consentement du parent**

Je comprends la nature et le déroulement du projet de recherche. J'ai pris connaissance de la lettre d'information et de consentement et j'en ai une copie. J'ai eu l'occasion d'en discuter avec mon enfant et si j'ai des questions à poser, je peux communiquer en tout temps avec la chercheuse responsable. Après réflexion, j'accepte que mon enfant participe à ce projet de recherche.

Nom de l'enfant : \_\_\_\_\_

Date de naissance: \_\_\_\_\_

Nom du parent (ou tuteur légal): \_\_\_\_\_

Signature du parent: \_\_\_\_\_ Date : \_\_\_\_\_

**Assentiment de l'enfant**

On m'a expliqué le projet de recherche et j'accepte d'y participer.

Assentiment de l'enfant (capable de comprendre la nature de ce projet):

\_\_\_\_\_  
(Signature de l'enfant)

\_\_\_\_\_  
Date

Assentiment verbal de l'enfant incapable de signer mais capable de comprendre la nature de ce projet: oui \_\_\_\_\_ non \_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_  
Date

**13. Formule d'engagement de la personne qui a obtenu le consentement et du chercheur responsable****Engagement de la personne qui a obtenu le consentement**

J'ai expliqué au participant et/ou à son parent/tuteur tous les aspects pertinents de la recherche et j'ai répondu aux questions qu'ils m'ont posées. Je leur ai indiqué que la participation au projet de recherche est libre et volontaire et que la participation peut être cessée en tout temps.

\_\_\_\_\_  
Nom de la personne qui a obtenu  
le consentement (*lettres moulées*)

\_\_\_\_\_  
Signature

\_\_\_\_\_  
Date

**Engagement du chercheur responsable**

Le projet de recherche doit être décrit au participant et/ou à son parent/tuteur ainsi que les modalités de la participation. Un membre de l'équipe de recherche doit répondre à leurs questions et doit leur expliquer que la participation au projet de recherche est libre et volontaire. L'équipe de recherche s'engage à respecter ce qui a été convenu dans le formulaire de consentement.

\_\_\_\_\_  
Nom du chercheur responsable  
(*lettres moulées*)

\_\_\_\_\_  
Signature

\_\_\_\_\_  
Date

## **FORMULAIRE D'INFORMATION ET DE CONSENTEMENT**

pour la participation d'enfants n'ayant pas de trouble de traitement auditif

---

### **1. Titre de l'étude**

Problèmes de perception de la parole dans le bruit chez les enfants présentant un trouble de traitement auditif.

### **2. Nom des chercheurs**

Chercheure principale : **Josée Lagacé, M.O.A.**,

Candidate Ph.D. Sciences biomédicales,  
Centre de recherche, Hôpital Sainte-Justine.

Directeurs de recherche: **Benoît Jutras, Ph.D.**, Directeur de recherche,  
Centre de recherche Hôpital Sainte-Justine.

**Jean-Pierre Gagné, Ph.D.**, Co-directeur de recherche,  
Université de Montréal

### **3. Invitation à participer à un projet de recherche**

La plupart des enfants qui présentent un trouble de traitement auditif ont de la difficulté à comprendre la parole lorsqu'en présence de bruit compétitif. Le présent projet porte sur l'identification des incapacités sous-jacentes aux problèmes de perception de la parole dans le bruit, à savoir si elles relèvent des capacités de compréhension du langage ou des capacités auditives centrales. Les résultats de ce projet serviront au développement d'outils cliniques qui permettront d'établir un diagnostic plus précis des troubles de traitement auditif (TTA, aussi nommés troubles auditifs centraux ou TAC) et par conséquent, des interventions mieux ciblées. Nous sollicitons aujourd'hui la participation de votre enfant. Nous vous invitons à lire ce formulaire d'information afin de décider si vous êtes intéressé à ce que votre enfant participe à cette étude.

### **4. Nature de ce projet**

Votre enfant ne présente pas de problème auditif mais la comparaison de ses performances avec celles d'enfants qui présentent un trouble de traitement auditif (TTA) permettra de connaître les incapacités spécifiques à ce groupe d'enfants. Il nous apparaît important de mieux connaître les incapacités à l'origine des difficultés que rencontrent les enfants présentant un TTA étant donné la prévalence élevée de problèmes d'apprentissage chez cette population et afin de développer des moyens d'intervention appropriés. On cherche à savoir si les incapacités à l'origine des problèmes de perception de la parole dans le bruit chez les enfants présentant un TTA relèvent spécifiquement d'incapacités auditives. Les outils présentement disponibles ne permettent pas de distinguer si ce sont des incapacités auditives qui sont à l'origine des difficultés ou si ce sont des problèmes de langage. Il y aura 10 enfants ayant des troubles de traitement auditif et 10 enfants n'ayant pas de trouble de traitement auditif qui participeront à l'étude. Tous les enfants participant à l'étude auront entre 9 et 12 ans.

## **5. Déroulement**

Si vous acceptez que votre enfant participe à la recherche, une rencontre à l'Université d'Ottawa ou à votre domicile est prévue. Cette rencontre d'environ 1 heure 30 est prévue pour nous permettre de vérifier si votre enfant répond aux exigences de l'étude dans un premier temps. Une évaluation de l'audition sera effectuée, cette évaluation est identique à celles effectuées en clinique. Dans l'éventualité que votre enfant rencontre les exigences de l'étude, la seconde partie de la rencontre portera sur les mesures expérimentales.

### Questionnaire à remplir

Votre participation en tant que parent sera sollicitée afin de compléter un questionnaire portant sur le développement et les comportements de votre enfant à la maison. Ces données, ainsi que celles qui seront obtenues à l'évaluation de l'audition, permettront de déterminer si votre enfant répond aux exigences de l'étude.

### Évaluation de l'audition

En premier lieu, nous évaluerons l'audition de votre enfant si sa dernière évaluation date de plus d'un an. À l'aide d'écouteurs, nous présenterons des sons pour déterminer ses seuils d'audition. Nous vérifierons aussi comment ses tympons bougent à l'aide d'une légère pression envoyée dans le conduit. De plus, nous mesurerons l'effet d'écho engendré par un son à l'aide d'un bouchon placé sur le bord du conduit de l'oreille. Nous lui demanderons également de répéter des séries de mots présentés individuellement dans le silence et dans le bruit, et des séries de mots présentés simultanément.

Nous retiendrons la candidature de votre enfant pour la seconde partie de la rencontre si les résultats des tests et vos réponses au questionnaire indiquent que votre enfant rencontre les critères de sélection.

### Mesures expérimentales

Votre enfant aura à répéter le dernier mot de phrases présentées à l'aide d'écouteurs à niveau confortable de conversation. On encouragera votre enfant à deviner lorsqu'il sera dans le doute. Six listes de 40 phrases seront présentées selon 6 conditions différentes : soit une condition dans le silence et cinq condition de bruit de niveaux différents. Le niveau de bruit ne dépassera jamais 65 dBHL.

Pour ces épreuves, nous ne pourrons pas vous communiquer les résultats individuels de votre enfant puisque l'analyse des résultats sera seulement effectuée pour l'ensemble des enfants qui participent à l'étude. Vous pourrez observer votre enfant durant le déroulement des épreuves, s'il le désire.

**6. Avantages et bénéfices**

Votre enfant bénéficiera d'une évaluation récente de son audition (si la dernière évaluation datait de plus d'un an). Si un problème d'audition est découvert, votre enfant sera référé aux ressources appropriées. Dans le futur, pour l'ensemble des enfants aux prises avec des troubles de traitement auditif, les retombées attendues incluent une meilleure connaissance de leurs difficultés. Les résultats pourraient éventuellement orienter le développement de tests diagnostics plus précis et de moyens d'intervention plus efficaces pour ces enfants.

**7. Inconvénients et risques**

Aucun risque n'est associé aux tâches que devra accomplir votre enfant ni aux mesures que nous recueillerons. Cependant, la participation de votre enfant aux évaluations pourrait entraîner un certain état de stress ou de fatigue. De courtes pauses sont prévues pour contrer la fatigue et la baisse de motivation. Des pauses supplémentaires peuvent être prises au besoin.

**8. Confidentialité**

Tous les renseignements obtenus sur votre enfant dans le cadre de cette recherche seront confidentiels. Nous remplacerons son nom par un code. Son dossier sera conservé sous clef, avec celui des autres participants, dans une filière au laboratoire de recherche de Benoît Jutras et sera détruit cinq ans suivant la fin de cette étude ou la publication des données de cette étude. Cependant, afin de vérifier la saine gestion de la recherche, il est possible qu'un délégué du comité d'éthique de la recherche consulte les données de la recherche. Par ailleurs, les résultats de cette étude pourront être publiés ou communiqués dans un congrès scientifique mais aucune information permettant d'identifier votre enfant ne sera alors dévoilée. Si votre enfant possède un dossier audiolgique dans une institution publique ou privée, nous vous demanderons de signer un formulaire d'autorisation pour que nous puissions en obtenir une copie.

**9. Compensations pour les déplacements**

Un coupon-cadeau pour obtenir une glace aux restaurants Dairy Queen sera offert comme récompense à la participation au projet de recherche.

**10. Liberté de participation**

La participation de votre enfant à l'étude est entièrement libre et volontaire. Vous et votre enfant pouvez refuser de participer à l'étude et vous pouvez annuler votre consentement en tout temps sans préjudice. Nous allons respecter le choix de votre enfant s'il refuse de participer à cette recherche malgré le fait que vous ayez donné votre consentement. En signant ce formulaire de consentement, vous ne renoncez à aucun de vos droits prévus par la loi ni à ceux de votre enfant.

**11. Clause de responsabilité**

De plus, vous ne libérez pas les investigateurs et le promoteur de leur responsabilité légale et professionnelle advenant une situation qui causerait préjudice à votre enfant.

**12. En cas de questions ou de difficultés**

Pour plus d'information concernant cette recherche, contactez le chercheur responsable de cette étude, Josée Lagacé, au 613-841-0626. Pour tout renseignement sur les droits de votre enfant à titre de participant à ce projet de recherche, vous pouvez vous adresser au responsable de déontologie en recherche, Université d'Ottawa, Pavillon Tabaret, pièce 159, 562-5841 ou au [ethics@uottawa.ca](mailto:ethics@uottawa.ca).

**13. Consentement et Assentiment****Consentement du parent**

On m'a expliqué la nature et le déroulement du projet de recherche. J'ai pris connaissance du formulaire de consentement et on m'en a remis un exemplaire. J'ai eu l'occasion de poser des questions auxquelles on a répondu. Après réflexion, j'accepte que mon enfant participe à ce projet de recherche.

Nom de l'enfant: \_\_\_\_\_

Date de naissance: \_\_\_\_\_

Nom du parent (ou tuteur légal): \_\_\_\_\_

Signature du parent: \_\_\_\_\_ Date : \_\_\_\_\_

**Assentiment de l'enfant**

On m'a expliqué le projet de recherche et j'accepte d'y participer.

Assentiment de l'enfant (capable de comprendre la nature de ce projet) :

\_\_\_\_\_  
(Signature de l'enfant)

\_\_\_\_\_  
Date

**14. Formule d'engagement du chercheur ou de la personne qu'il a déléguée**

Le projet de recherche ainsi que les modalités de la participation ont été décrits au participant et/ou à son parent/tuteur. Un membre de l'équipe de recherche a répondu à leurs questions et leur a expliqué que la participation au projet de recherche est libre et volontaire. L'équipe de recherche s'engage à respecter ce qui a été convenu dans le formulaire de consentement.

Nom du chercheur : \_\_\_\_\_

(ou de son représentant)

Signature du chercheur : \_\_\_\_\_ Date : \_\_\_\_\_

(ou de son représentant)



**15. Autorisation d'accéder au dossier audiolgique**

J'autorise le service d'audiologie de \_\_\_\_\_ à faire parvenir une copie du dernier rapport audiolgique de mon enfant \_\_\_\_\_ à Josée Lagacé, responsable du présent projet de recherche.

Nom du parent (ou tuteur légal) : \_\_\_\_\_  
Signature du parent \_\_\_\_\_ Date : \_\_\_\_\_

## **Annexe B**

### **Listes du Test de Phrases dans le Bruit**

### Listes du Test de Phrases dans le Bruit (TPB)

#### Liste 1

- 1-Ce marchand vend des perles.
- 2-Claudie à découvert une mine.
- 3-Mon grand-père se berce sur sa chaise.
- 4-J'ai lu le livre jusqu'à la fin.
- 5-Il grave son nom sur du bronze.
- 6-Nos poumons respirent toujours de l'air.
- 7-Ma grand-mère a cousu ma robe.
- 8-J'ai quatre as dans mon jeu de cartes.
- 9-Jeanne se coupe les ongles.
- 10-Le chanteur a une très belle voix.
- 11-Tu as attaché ta tuque.
- 12-Elle lui fait signe de la main.
- 13-Certains soldats deviennent des fous.
- 14-Cette couverture est faite en laine.
- 15-J'enlève la neige avec une pelle.
- 16-Une main a quatre doigts et un pouce.
- 17-Mes enfants jouent avec une toile.
- 18-Ce cheval appartient au roi.
- 19-Ce joueur d'hockey fait des belles passes.
- 20-Le ballon roule vers le but.
- 21-Ma cousine a trouvé un gros os.
- 22-Cette chanson appelle « vive le vent ».
- 23-J'ai acheté de la gomme.
- 24-On voit mieux la lune pendant la nuit.
- 25-Les deux garçons jouent à la guerre.
- 26-Il est mort quand j'avais cinq ans.
- 27-Ils chantent autour du feu de camp.
- 28-Les deux amis ont fait la paix.
- 29-Il faudra mettre une deuxième couche.
- 30-J'enferme mon chat dans sa cage.
- 31-Tous les trains roulent sur des rails.
- 32-Nous lui avons donné un verre.
- 33-Ce chandail n'a pas de prix.
- 34-Il fend le bois avec une hache.
- 35-Le frappeur a frappé la balle.
- 36-Maman a coupé les fleurs.
- 37-L'avion vole haut dans le ciel.
- 38-Le fermier va nourrir ces vaches.
- 39-Le jardinier arrose ses plantes.
- 40-Les girafes ont un grand cou.

#### Liste 2

- 1-Ce quilleur fait tomber toutes les quilles.
- 2-Jacinthe s'en va à son cours d'art.
- 3-Ils sont tous partis au camp.
- 4-J'aime le beurre à l'ail.
- 5-Paul a les mains dans ses poches.
- 6-J'ai acheté une nouvelle table.
- 7-J'aime les biscuits avec du lait.
- 8-Elle maquille ses beaux yeux.
- 9-Son ami lui a prêté ses notes.
- 10-Je suis étonnée de voir sa trompe.
- 11-Je ne connais même pas son nom.
- 12-L'élève a perdu son groupe.
- 13-Michel n'a rien vu sur ses pattes.
- 14-Il met son argent à la banque.
- 15-Marianne veut aller au ciel.
- 16-J'aime jouer avec mon oncle.
- 17-Ma sœur a un garçon et fille.
- 18-Elle cueille un bouquet de fleurs.
- 19-J'aime me baigner à la plage.
- 20-Rémi a lancé sa veste sur moi.
- 21-Elle verse de l'eau dans son verre.
- 22-Il avait eu mal au dos.
- 23-Cette fille lui a fait un clin d'œil.
- 24-L'aigle avait ouvert ses ailes.
- 25-Sa robe est serrée au cou.
- 26-J'apporte mes mitaines et ma tuque.
- 27-Elle s'était brûlée le pouce.
- 28-Il faut aller jusqu'au bout.
- 29-Eloïse mange son gâteau de fête.
- 30-Ma poubelle est pleine de sable.
- 31-Cette souris a peur du gros chat.
- 32-Après la guerre on fait la paix.
- 33-Le gros chien a léché le bol.
- 34-Loulou est en train de perdre la voix.
- 35-Les oiseaux se sont fait un nid.
- 36-Certaines personnes n'aiment pas la nuit.
- 37-Annie patine sur la glace.
- 38-Il est arrivé juste à temps.
- 39-Mon voisin de gauche a un chien.
- 40-Avec des mots, on fait des phrases.

**Liste 3**

- 1-Le fermier travaille à la ferme.
- 2-Antoine a fait tomber les quilles.
- 3-Cet homme n'avait pas de goût.
- 4-J'ai un chalet près du lac.
- 5-Il voit la condition des rails.
- 6-Il est si bien dans son nid.
- 7-Le chasseur va à la chasse.
- 8-Cet enfant fait des grands bonds.
- 9-Elle n'en mange pas pendant le jour.
- 10-J'amène mon chien avec moi.
- 11-Jean lui offre un collier de perles.
- 12-Il mange ses pâtes avec du sel.
- 13-Karine a poussé la chaise.
- 14-Il mange sa soupe dans un bol.
- 15-Cette chaise a quatre pattes.
- 16-Il ne fait presque pas de passes.
- 17-Ces musiciens forment un bon groupe.
- 18-Le bateau passe sous le pont.
- 19-Martine a ramassé le foin.
- 20-Il y va à tous les ans.
- 21-Les éléphants ont une trompe.
- 22-Elle mange beaucoup trop de viande.
- 23-Le sol est couvert de neige.
- 24-Claire aime faire des châteaux de sable.
- 25-Elles se font bronzer sur la plage.
- 26-La météo prévoit du vent.
- 27-La vilaine sorcière porte une cape.
- 28-Jaques met tout dans son sac à dos.
- 29-Anne a vu des jongleurs au cirque.
- 30-Carole-Anne n'a pas le temps.
- 31-Mon chien ronge un gros os.
- 32-Le mineur travaille dans une mine.
- 33-Gilles lance des cailloux dans la mer.
- 34-Le joueur a compté un but.
- 35-Les abeilles font du miel.
- 36-Il a nettoyé la cage.
- 37-Mathieu a fouillé dans ses poches.
- 38-Le prince deviendra bientôt un roi.
- 39-Elle l'aimait de tout son cœur.
- 40-Julie a un bracelet en or.

**Liste 4**

- 1-Son sport favori est le ski.
- 2-Cet enfant a des beaux yeux.
- 3-Les astronautes vont sur la lune.
- 4-Les vampires ont des grandes dents.
- 5-Jules n'aime pas jouer dans le bain.
- 6-Luc coupe l'arbre avec sa hache.
- 7-Tu manges tes céréales avec du lait.
- 8-Elle marche en faisant des grands pas.
- 9-Mon frère a maintenant une fille.
- 10-La fille de Jacques se lave les mains.
- 11-Le roi porte une couronne en or.
- 12-Marie Ève dessine des beaux ronds.
- 13-Il a mis les sous dans le sac.
- 14-Ce super héros porte une cape.
- 15-Cette histoire à une belle fin.
- 16-Elle dort la nuit et vit le jour.
- 17-Mario s'en va au cirque.
- 18-Il met du poivre et du sel.
- 19-Aimé déteste manger de l'ail.
- 20-Jérémie a perdu sa balle.
- 21-Nous vivons sur la planète Terre.
- 22-Je vais chez ma tante et mon oncle.
- 23-Monique n'est jamais en panne.
- 24-Il essaie de lui donner de l'air.
- 25-Tous les poissons vivent dans l'eau.
- 26-La nourriture n'a pas bon goût.
- 27-Cet animal mange des plantes.
- 28-Le boucher vend de la viande.
- 29-Sa fille aimait lui tirer la barbe.
- 30-Alexandre doit mettre son nom.
- 31-J'aime mâcher de la gomme.
- 32-Ils sont contents ils sautent de joie.
- 33-Je suis tombé sur la glace.
- 34-Elle a gagné le premier prix.
- 35-Voici l'adresse de la banque.
- 36-Ce tableau est une œuvre d'art.
- 37-Elle met la nappe sur la table.
- 38-Elle a mis beaucoup de crème.
- 39-Elle a mis la laisse à son chien.
- 40-La mariée est belle dans sa robe.

**Liste 5**

- 1-C'est une belle pente pour faire du ski.
- 2-L'ouvrier utilise une pelle.
- 3-Le chien me montrait ses dents.
- 4-Le bateau vogue sur la mer.
- 5-Catherine connaît bien ce pont.
- 6-Elle va apporte de l'eau.
- 7-L'autobus est tombé en panne.
- 8-Valérie ne tient pas le bon bout.
- 9-On a trouvé une mouche sur ses ailes.
- 10-Paul a mis son maillot de bain.
- 11-Théo adore aller à la chasse.
- 12-Ce groupe d'amis rit comme des fous.
- 13-Le policier entendait des pas.
- 14-Mon petit frère tourne en rond.
- 15-Son visage montre sa joie.
- 16-On les a surpris à la fête.
- 17-C'est mon cahier pour écrire des notes.
- 18-Ce camion est rempli de terre.
- 19-Il s'en va jeter un coup d'œil.
- 20-Mon père se fait la barbe.
- 21-Félix aime regarder la lune.
- 22-Les chevaux mangent du foin.
- 23-Ma sœur tricote des bas de laine.
- 24-Ce livre est rempli de belles phrases.
- 25-Les soldats s'en vont à la guerre.
- 26-J'ai mes affaires dans un sac.
- 27-Hugues a fait raser son chat.
- 28-J'adore manger du miel.
- 29-Les araignées fabriquent des toiles.
- 30-Oncle Georges a mal au cœur.
- 31-Le kangourou fait des grands bonds.
- 32-Maman fait du sucre à la crème.
- 33-Il regarde sans arrêt sa carte.
- 34-Le bébé a mouillé sa couche.
- 35-Le lait est produit par la vache.
- 36-Sylvain travaille à la ferme.
- 37-Elles font des bonhommes de neige.
- 38-Je me suis rendu jusqu'au lac.
- 39-Il a gagné une médaille de bronze.
- 40-Elle se rongait les ongles.

## **Annexe C**

### **Questionnaires**

CODE DU PARTICIPANT: \_\_\_\_\_

## QUESTIONNAIRE

SVP – SIMPLEMENT COCHER LA RÉPONSE QUI CORRESPOND LE PLUS À VOTRE ENFANT.

- |   |                              |                              |
|---|------------------------------|------------------------------|
| 1. <i>A-t-il des difficultés à entendre?</i>                                | <input type="checkbox"/> oui | <input type="checkbox"/> non |
| 2. <i>A-t-il eu beaucoup d'otites (infections d'oreille) dans le passé?</i> | <input type="checkbox"/> oui | <input type="checkbox"/> non |
| <i>Si oui, a-t-il eu des 'tubes'?</i>                                       | <input type="checkbox"/> oui | <input type="checkbox"/> non |
| 3. <i>Les apprentissages scolaires vont bien?</i>                           | <input type="checkbox"/> oui | <input type="checkbox"/> non |
| 4. <i>A-t-il eu à doubler une année scolaire?</i>                           | <input type="checkbox"/> oui | <input type="checkbox"/> non |
| 5. <i>A-t-il des problèmes à se concentrer?</i>                             | <input type="checkbox"/> oui | <input type="checkbox"/> non |
| 6. <i>A-t-il un problème d'attention diagnostiqué?</i>                      | <input type="checkbox"/> oui | <input type="checkbox"/> non |
| 7. <i>Prend-il des médicaments pour être plus calme?</i>                    | <input type="checkbox"/> oui | <input type="checkbox"/> non |
| 8. <i>A-t-il des difficultés à l'apprentissage du langage?</i>              | <input type="checkbox"/> oui | <input type="checkbox"/> non |
| 9. <i>A-t-il déjà consulté ou été suivi en orthophonie?</i>                 | <input type="checkbox"/> oui | <input type="checkbox"/> non |

Version pour enfants

CODE DU PARTICIPANT: \_\_\_\_\_

### QUESTIONNAIRE

SVP – SIMPLEMENT COCHER LA RÉPONSE.

- |  |                              |                              |
|--|------------------------------|------------------------------|
| 1. <i>Avez-vous de la difficulté à entendre?</i>                               | <input type="checkbox"/> oui | <input type="checkbox"/> non |
| 2. <i>Avez-vous eu beaucoup d'otites (infections d'oreille) dans le passé?</i> | <input type="checkbox"/> oui | <input type="checkbox"/> non |
| <i>Si oui, avez-vous eu des 'tubes'?</i>                                       | <input type="checkbox"/> oui | <input type="checkbox"/> non |
| 3. <i>Avez--vous eu des problèmes d'apprentissage scolaire?</i>                | <input type="checkbox"/> oui | <input type="checkbox"/> non |
| 4. <i>Avez-vous eu à doubler une année scolaire?</i>                           | <input type="checkbox"/> oui | <input type="checkbox"/> non |
| 5. <i>Avez-vous eu des problèmes de concentration?</i>                         | <input type="checkbox"/> oui | <input type="checkbox"/> non |
| 6. <i>Avez-vous un problème d'attention diagnostiqué?</i>                      | <input type="checkbox"/> oui | <input type="checkbox"/> non |
| 7. <i>Avez-vous (ou prenez-vous) des médicaments pour être plus calme?</i>     | <input type="checkbox"/> oui | <input type="checkbox"/> non |
| 8. <i>Avez-vous eu des difficultés à l'apprentissage du langage?</i>           | <input type="checkbox"/> oui | <input type="checkbox"/> non |
| 9. <i>Avez-vous déjà consulté ou été suivi en orthophonie?</i>                 | <input type="checkbox"/> oui | <input type="checkbox"/> non |

Version pour adultes



## **Annexe D**

### **Lettres aux parents**



## PERCEPTION DE LA PAROLE DANS LE BRUIT CHEZ LES ENFANTS PRÉSENTANT UN TROUBLE DE TRAITEMENT AUDITIF

**Date :** \_\_\_\_\_

**Nom :** \_\_\_\_\_

Monsieur, Madame,

Un dépistage audiométrique a été réalisé auprès de votre enfant comme première étape à sa participation au projet de recherche intitulé *Perception de la parole dans le bruit chez les enfants présentant un trouble de traitement auditif*. Votre enfant n'a pas obtenu les résultats attendus pour son âge, ce qui peut suggérer la présence d'un problème auditif. Par contre, il est possible que ces résultats aient été influencés par la présence de bruit de fond dans la salle où ce test a eu lieu. Par conséquent, nous vous recommandons de prendre un rendez-vous auprès d'un audiologiste en milieu clinique afin d'obtenir des données exactes sur l'audition de votre enfant.

Vous trouverez ci-jointe une liste des cliniques qui offrent des services d'évaluation audiolinguistique auprès des enfants. Pour de plus amples informations, prière de communiquer avec Josée Lagacé, chercheuse principale, au 613-841-0626.

Nous profitons de l'occasion pour vous remercier de votre collaboration en ayant accepté que votre enfant participe au projet.

Veuillez agréer l'expression de nos sentiments les meilleurs.

Josée Lagacé, Audiologiste  
Chercheuse principale  
Université de Montréal  
Centre de recherche de l'Hôpital Sainte-Justine

Marie-Claude Chouinard  
Stagiaire de recherche  
Université du Québec à Trois-Rivières



Voici une liste de cliniques où vous pouvez demander pour une évaluation audiolinguistique pour votre enfant:

• **Clinique de santé auditive**

Téléphone : 613-836-9002  
260 boul. Centrum, Orléans

• **Clinique universitaire interprofessionnelle de réadaptation en soins de santé primaire**

Téléphone : 613-562-5800 poste 8340  
451 Smyth, Ottawa

• **Centre auditif Louise Dufresne**

Téléphone: 613-443-2005  
983 Notre-Dame, Embrun

• **Helix Hearing Care Center**

Téléphone: 613-834-7655  
20-1224 Place d'Orléans, Orléans

Veillez apporter la lettre qui accompagne cette liste lorsque vous vous présenterez à la clinique.

Pour de plus amples informations, vous pouvez communiquer avec Josée Lagacé, chercheuse principale au 613-841-0626.



**PERCEPTION DE LA PAROLE DANS LE BRUIT CHEZ LES ENFANTS  
PRÉSENTANT UN TROUBLE DE TRAITEMENT AUDITIF**

**Date :** \_\_\_\_\_  
**Nom :** \_\_\_\_\_

Monsieur, Madame,

Un dépistage audiométrique a été réalisé auprès de votre enfant lors de sa participation au projet de recherche intitulé *Perception de la parole dans le bruit chez les enfants présentant un trouble de traitement auditif*.

Les résultats obtenus au dépistage auditif effectué auprès de votre enfant suggèrent une audition normale aux deux oreilles. Pour de plus amples informations, prière de communiquer avec Josée Lagacé, chercheuse principale, au 613-562-5800 poste 8340.

Nous profitons de l'occasion pour vous remercier de votre collaboration en ayant accepté que votre enfant participe au projet.

Veuillez agréer l'expression de nos sentiments les meilleurs.

Josée Lagacé, Audiologiste  
Chercheuse principale  
Université de Montréal  
Centre de recherche de  
l'Hôpital Sainte-Justine

Marie-Claude Chouinard  
Stagiaire de recherche  
Université du Québec à Trois-Rivières  
Centre de recherche de  
l'Hôpital Sainte-Justine

