

UN APERÇU DE L'EFFET DU TYPE DE STIMULUS, DE L'ÂGE ET DE LA DOMINANCE DE L'OREILLE SUR L'INTÉGRATION BINAURALE

Caroline St-Germain, David Mayer, Marie-Ève Carrier, Élyse Joannette, Gwendoline Chénard et Benoît Jutras
École d'orthophonie et d'audiologie, Université de Montréal, 7077 avenue du Parc, Montréal, Québec H3N 1X7

SOMMAIRE

Objectifs : Cette étude a pour but d'évaluer l'effet du type de stimulus, de l'âge et de la dominance de l'oreille sur l'intégration binaurale d'enfants d'âge scolaire au moyen de tests d'écoute dichotique en français. **Méthodologie :** Trente-huit enfants francophones de six, huit, neuf et douze ans, dont 28 provenaient de l'étude de Jutras & coll. (2012) présentant une acuité auditive normale ont participé à cette étude. Ils ont complété quatre versions d'un test d'écoute dichotique de chiffres (EDC) nouvellement créé en français, présentées sous écouteurs intra-auriculaires à niveau normal de conversation. Les trois premières versions étaient respectivement constituées d'une, deux et trois paire-s différente-s de chiffres compris entre un et neuf. La quatrième version du test consistait en la présentation de quatre chiffres, dont seuls les deuxième et troisième chiffres étaient entendus simultanément. Les participants ont également été soumis à un test d'écoute dichotique de mots ayant la même structure que la quatrième version du test EDC, soit l'adaptation en français du test *Staggered Spondaic Word* (Rudmin & Normandin, 1983). **Résultats :** Les données des 28 enfants de l'étude de Jutras & coll. (2012) ont été incluses dans les analyses en plus de celles des dix autres enfants retenus dans la présente étude. Les performances sont significativement supérieures au test d'écoute dichotique employant des chiffres plutôt que des mots pour l'ensemble des groupes. Les résultats montrent aussi que les performances s'améliorent de façon significative selon l'âge. De façon générale, les performances des enfants sont significativement supérieures lorsque les mots ou chiffres sont présentés à l'oreille droite comparativement aux performances obtenues lorsque les stimuli sont envoyés à l'oreille gauche. **Conclusion :** Le test d'écoute dichotique de chiffres en français est sensible à l'influence de l'utilisation de mots familiers et complexes dans les tests d'écoute dichotique, entre autres chez les enfants de huit ans. Le test est également sensible à l'effet de l'âge des participants qui y sont soumis ainsi qu'à un biais relatif à l'oreille testée.

ABSTRACT

Objective: The aim of the present study is to assess stimulus type, age and ear dominance effect on the binaural integration capacity of school-aged children using dichotic listening tests. **Methods:** Thirty-eight French speaking children with normal hearing sensitivity of six, eight, nine and twelve years old (28 participated in Jutras & al., 2012' study) performed the four subtests of the newly developed test in French – *Écoute dichotique de chiffres (EDC)*, under earphones at normal conversational level. Three subtests were composed respectively of one, two and three different digit pairs. The fourth version comprised four different digits, but only the second and third were heard simultaneously. The participants were also assessed with a word dichotic listening test, having the same structure than the EDC fourth version, namely the French adaptation of the *Staggered Spondaic Word* test (Rudmin & Normandin, 1983). **Results:** Data from the 28 participants in Jutras & al. (2012)' study were included in the analysis in addition of the data from the ten children of the present study. Results on the dichotic listening tests were significantly higher with digits than with words and improved as a function of age. Also, in general, participants obtained higher performance when the stimuli were presented in the right ear then when it was sent to the left ear. **Conclusion:** The dichotic digit listening test in French is sensitive to stimulus type and to the age of the participants. Results showed also a bias towards the ear tested.

1. INTRODUCTION

Au quotidien, la majorité des personnes, enfants et adultes, se trouvent dans des situations de communication où inévitablement la parole entre en compétition avec le bruit présent dans l'environnement. Le bruit nuit généralement à la compréhension de la parole puisqu'il dissimule en partie

ou entièrement l'information transmise oralement. L'écoute dans le bruit nécessite donc de la part du système auditif de filtrer l'information pertinente parmi d'autres stimuli auditifs non pertinents, entendus de façon simultanée (Stuart, 2005). Dans ce type de situation, les capacités cognitives sont aussi mises à profit. En effet, l'attention

dirigée vers l'information pertinente est nécessaire afin de comprendre ce qui est dit et d'ignorer les stimuli indésirables (Martin, Jerger & Mehta, 2007). Il s'agit de la séparation figure/fond (ASHA, 2005). Toutefois, il existe aussi des situations d'écoute au quotidien où l'information pertinente est entendue simultanément aux deux oreilles, mais dont le contenu est différent dans chaque oreille. Par exemple, cette situation survient lorsqu'une personne écoute un locuteur au téléphone pendant qu'un autre locuteur s'adresse à elle dans la même pièce. Cette personne doit comprendre à la fois ce qui est dit au téléphone et ce qu'elle a entendu du locuteur situé près d'elle. Cette situation est un parfait exemple d'intégration binaurale, définie comme étant la capacité à traiter une information auditive différente soumise simultanément aux deux oreilles (Bellis, 2003). Elle est mesurée par des tests d'écoute dichotique. L'attention divisée, qui consiste en la capacité à percevoir deux stimuli ou plus entendus simultanément, est aussi mise à contribution dans ce processus (Martin & coll., 2007). Une capacité réduite d'intégration binaurale peut conduire à des difficultés d'écoute lorsque plusieurs personnes parlent simultanément (Bellis, 2003). En résumé, l'écoute dans le bruit et l'écoute dichotique sont des situations d'écoute compétitive où il faut percevoir des stimuli cibles parmi d'autres stimuli auditifs. Toutefois, ces situations se distinguent par le fait que l'écoute dichotique exige de percevoir et d'identifier tous les stimuli entendus, alors que l'écoute dans le bruit demande d'ignorer volontairement les signaux jugés indésirables pour identifier l'information pertinente.

Plusieurs tests existent en anglais afin d'évaluer l'intégration binaurale. Les tests d'écoute dichotique construits à l'aide de mots incluent le *Competing Sentences Test* (CST; Willeford & Burleigh, 1994), le *Staggered Spondaic Word Test* (SSW; Katz, Basil, & Smith, 1963), le *Dichotic Consonant-Vowel Test* (Berlin, Hughes, Lowe-Bell, & Berlin, 1973) et le *Dichotic Digit Test* (Musiek, 1983a; Strouse & Wilson, 1999). Ces différents tests d'écoute dichotique s'avèrent sensibles aux lésions corticales, sous-corticales et du corps calleux (Champoux, Paiement, Mercier, Lepore, Lasonde, & Gagné, 2007; Gadea, Arana, Espert, Salvador, & Casanova, 2009; Hannay, Walker, Dennis, Kramer, Blaser, & Fletcher, 2008; Jacobson, Deppe, & Murray, 1983; Musiek, 1983b; Musiek, Gollegly, Kibbe, & Verkest-Lenz, 1991; Musiek, Reeves, & Baran, 1985). L'audiologie clinique au Canada fait communément usage d'un test d'écoute dichotique, soit l'adaptation en français du test *SSW* (Rudmin & Normandin, 1983).

Le *SSW* contient 40 séries de quatre différents mots monosyllabiques. Chaque série est présentée au niveau normal de conversation selon quatre conditions d'écoute : (a) un mot à l'oreille droite uniquement (condition droite non compétitive, DNC); (b) un mot à l'oreille droite (condition droite compétitive, DC) simultanément avec (c) un mot à l'oreille gauche (condition gauche compétitive, GC); et (d) un mot à l'oreille gauche uniquement (condition gauche non compétitive, GNC). La personne évaluée doit répéter chacun des mots entendus selon l'ordre de

présentation. Les données normalisées par Bérard (1990-1993) pour la version adaptée en français du *SSW* ont été obtenues auprès de 68 enfants (38 filles, 30 garçons), divisés selon l'âge en cinq groupes, soit de 6 à 11 ans. Sensibles à la maturation, les données sous-tendent une amélioration des performances au test avec l'âge, tendance également remarquée selon les normes du *SSW* établies par Katz (1992).

Les performances aux tests d'écoute dichotique peuvent être parfois biaisées en soumettant des enfants à des épreuves contenant des mots peu fréquemment utilisés dans la langue, ceux étant peu familiers et complexes au plan linguistique (Techentin & Voyer, 2011). Plusieurs mots utilisés dans les tests, notamment dans le *SSW*, demeurent non familiers pour bon nombre d'enfants ou paraissent plus complexes et nuisent à leur identification. Ce contexte d'évaluation peut conduire à une interprétation erronée, particulièrement chez les enfants jeunes ou ceux aux prises avec des troubles langagiers. Dans le but de réduire l'influence de tels facteurs sur les performances des enfants aux différents tests d'écoute dichotique, un nouveau test utilisant des chiffres plutôt que des mots a été développé en français : l'écoute dichotique de chiffres, ou EDC (Jutras & Mayer, 2004). Ce test compte quatre versions dont les trois premières comprennent respectivement une, deux et trois paires de chiffres entre un et neuf. La quatrième version du test est constituée de quatre chiffres, dont seuls les deuxième et troisième chiffres sont entendus simultanément. Tous les chiffres présentés en écoute dichotique sont différents d'une oreille à l'autre. Selon l'étude de Jutras & coll. (2012), le type de stimulus utilisé dans les tests d'écoute dichotique influence les performances des enfants de six, neuf et douze ans. Ces derniers obtiennent des résultats significativement supérieurs à l'EDC qu'au *SSW*, c'est-à-dire lorsque les stimuli entendus sont des chiffres plutôt que des mots. De plus, les résultats de l'étude ont montré, entre autres, que les données du groupe d'enfants de six ans étaient significativement inférieures à celles du groupe d'enfants de neuf ans, suggérant un effet de développement sur la capacité d'intégration binaurale de chiffres. La présente étude examine la trajectoire développementale de cette capacité auditive en soumettant des enfants de huit ans aux tests d'écoute dichotique de mots et de chiffres et en comparant leurs résultats à ceux d'enfants de six, neuf et douze ans, provenant majoritairement de l'étude de Jutras & coll. (2012). L'étude vise également à situer les performances des enfants de huit ans par rapport à celles des enfants appartenant aux groupes d'âge susmentionnés aux quatre versions du test EDC. Ce groupe d'âge a été considéré puisque Jutras & coll. (2012) rapportaient des différences significatives entre les résultats des enfants de six ans et ceux de neuf ans, d'où l'intérêt d'examiner le comportement des enfants de huit ans par rapport à ceux-ci.

L'écoute dichotique de stimuli verbaux entraîne par ailleurs un phénomène non négligeable remarqué dans l'analyse des résultats aux différents tests. La majorité des individus soumis à ces tests obtiennent des performances supérieures lorsque les stimuli sont présentés à l'oreille

droite comparativement à la condition où ils le sont à l'oreille gauche. Ce phénomène est appelé la dominance de l'oreille droite, ou DOD (Berlin & coll., 1973; Kimura, 1961a, 1961b; Martin & coll., 2007; Moncrieff, Jerger, Wambaq, Greenwald, & Black, 2004). La DOD peut s'expliquer entre autres par la notion de dominance hémisphérique, le langage (traitement des stimuli verbaux) étant, pour la majorité de la population, latéralisé dans l'hémisphère gauche (Meyer, 1957; Milner, 1958). Selon Kimura (1961a), la DOD est également associée à l'avantage de la voie controlatérale sur la voie ipsilatérale dans les divers relais du système auditif central, qui serait plus efficace dans la transmission de l'information auditive. Les voies controlatérales seraient dominantes et plus nombreuses que les voies ipsilatérales et, en situation d'écoute dichotique, ces dernières sont réprimées par les voies controlatérales, d'où la dominance de l'oreille droite (Kimura, 1961a). Lors de tâches d'écoute dichotique de chiffres, une DOD est présente dans les performances d'enfants de quatre à neuf ans, mais elle tend à s'amenuiser avec l'âge (Kimura, 1963). Certaines contradictions subsistent dans les études, puisque ce phénomène n'est pas noté chez d'autres groupes d'enfants lorsque les stimuli utilisés constituent des syllabes sans sens (Berlin & coll., 1973). La DOD demeure équivalente pour l'ensemble des enfants âgés de cinq à treize ans (Berlin & coll., 1973). Plus récemment, le Dichotic Digit Test en malaisien et constitué de paires simples et doubles de chiffres, a été administré à 120 enfants malaisiens âgés entre six et onze ans (Mukari, Keith, Tharpe, & Johnson, 2006). Les résultats démontrent une DOD au moins trois fois plus importante chez les enfants de six à huit ans comparativement aux enfants de dix et onze ans pour les paires doubles de chiffres que pour les paires simples (Mukari & coll., 2006). Les résultats de l'étude de Jutras & coll. (2012) montrent une variabilité en ce qui a trait à la prévalence de la DOD. Elle varie selon les versions de l'EDC. Ainsi, la DOD est moins importante pour la condition de test la plus difficile – *Paires triples*, que pour les trois autres versions du test – *Paires simples*, *Paires doubles* et *Paires ressemblant à la structure du test SSW*, lesquelles impliquent dans une moindre mesure l'attention et la mémoire. Le troisième objectif de cette étude était donc d'évaluer la différence entre les performances obtenues à chaque oreille au test EDC en tenant compte de l'effet de l'âge, en situant plus spécifiquement les performances d'enfants de huit ans dans la trajectoire développementale déjà dessinée par les résultats d'enfants de six, neuf et douze ans de l'étude de Jutras & coll. (2012). Une DOD supérieure à la normale en fonction de l'âge peut constituer un indice d'un trouble de traitement auditif (Moncrieff & coll., 2004).

2. MÉTHODOLOGIE

Le comité scientifique du comité d'éthique du CHU Sainte-Justine a approuvé le projet de recherche, tandis que les membres du comité d'éthique du CHU Sainte-Justine ont sanctionné le formulaire d'information et de consentement. Le consentement écrit du parent de même que l'assentiment

de l'enfant ont été obtenus avant de procéder à l'expérimentation.

2.1 Participants

La présente étude compte des enfants ayant été recrutés en deux temps. Dans un premier temps, 28 enfants avec une acuité auditive et une capacité d'intégration binaurale normales ont participé à l'étude de Jutras & coll. (2012). Ils avaient été divisés en trois groupes : (a) neuf âgés de six ans (moyenne d'âge = 6;6 [années; mois]; étendue = 6;3 à 6;11; cinq garçons et quatre filles), (b) neuf âgés de 9 ans (moyenne d'âge = 9;3; étendue = 9;0 à 9;11; cinq garçons et quatre filles), et (c) dix âgés de douze ans (moyenne d'âge = 12;4; étendue = 12;0 à 12;11; cinq garçons et cinq filles). Dans un deuxième temps, dix enfants âgés entre 8 ans 1 mois et 8 ans 9 mois (moyenne d'âge de 8 ans 4 mois) ont été recrutés pour participer à l'étude, dont cinq garçons et cinq filles. Les critères d'inclusion et d'exclusion spécifiaient que l'enfant devait fréquenter une école francophone, présenter des résultats scolaires dans la moyenne ou supérieurs à celle-ci, parler le français à la maison, réussir le test de dépistage auditif (seuils auditifs équivalents ou inférieurs à 15 dB HL entre 250 et 8 000 Hz aux deux oreilles) et ne pas avoir eu une otite au moins un mois précédent l'expérimentation. De plus, à l'adaptation en français du test *Staggered Spondaic Word (SSW)* (Rudmin & Normandin, 1983), les participants devaient obtenir des résultats se situant à l'intérieur de deux écarts-types de la moyenne selon les normes de Bérard (1990-1993), sans quoi ils étaient exclus de l'étude.

En raison de difficultés scolaires soupçonnées et de complications survenues lors de la réalisation des différents tests de l'expérimentation, un enfant a dû être exclu de l'étude. Au total, quatre garçons et quatre filles de huit ans ont été retenus pour l'étude, dont la moyenne d'âge se situait à 8 ans 4 mois (étendue : 8 ans 1 mois à 8 ans 9 mois). De plus, nous avons ajouté dans l'échantillon un participant de six ans et un de neuf ans qui avaient été initialement évalués lors de l'expérimentation de l'étude de Jutras & coll. (2012). Ces deux participants ont obtenu un résultat au test SSW compris entre deux et trois écarts-types de la moyenne dans la condition d'écoute gauche compétitive. Cependant, puisqu'ils remplissaient les critères pour les autres conditions d'écoute au SSW, ces deux enfants ont été inclus dans la présente expérimentation.

2.2 Stimuli

Les chiffres de un à neuf utilisés dans cette étude ont été prononcés par une voix masculine (Jutras & Mayer, 2004). L'enregistrement de ces stimuli a été réalisé à l'aide du logiciel SoundEdit (1999) utilisant un microphone Labtec (Verse 704) connecté à un ordinateur Mac Power Book G4. La durée de chacun des stimuli présentés variait de 311 à 403 ms. Dans le but de calibrer l'intensité des chiffres entendus afin que celle-ci soit équivalente pour chacun d'eux, le niveau de pression sonore a pu être mesuré par l'envoi de ces stimuli depuis un ordinateur Mac Power Book G4 à un audiomètre Madsen Orbiter 902, puis via un

écouteur supra-auriculaire TDH-39 placé sur une oreille artificielle Larson-Davis AE 100, connectée à un sonomètre Larson-Davis 800 B.

2.3 Matériel

L'EDC se décompose en quatre versions (voir Tableau 1). La première version consiste à présenter un chiffre différent simultanément à chaque oreille, l'un entendu du côté gauche et l'autre du côté droit (P1) – *Paires simples*. Les versions deux et trois de ce test consistent respectivement à présenter de façon simultanée aux deux oreilles deux séries de deux chiffres (P1, P2) – *Paires doubles* et de trois chiffres (P1, P2, P3) – *Paires triples*. La quatrième version prend appui sur le modèle du *SSW – Modèle SSW* et comporte quatre chiffres différents : un chiffre est envoyé à une oreille seulement (condition non compétitive pour l'oreille stimulée), deux autres chiffres sont par la suite entendus simultanément aux deux oreilles (P1) (condition compétitive à droite et à gauche), puis le dernier chiffre est envoyé à l'autre oreille seulement (condition non compétitive). La présentation de chaque série de quatre chiffres est alternée chaque fois entre l'oreille droite qui débute et l'oreille gauche qui débute. Enfin, pour les versions deux, trois et quatre de l'EDC, un intervalle de silence de 500 ms est introduit entre chaque chiffre. Chaque version, composée de vingt groupes de stimuli se trouve également précédée d'une liste de cinq items de familiarisation. Chaque chiffre est considéré comme étant un stimulus à répéter. Le test SSW a été décrit dans la section Introduction.

Tableau 1. Illustration du test d'écoute dichotique de chiffres (EDC) par un exemple pour une paire (P1), deux paires (P2) ou trois paires (P3) de chiffres étant en compétition ou non aux deux oreilles (conditions d'écoute droite compétitive – DC, gauche compétitive – GC, droite non compétitive – DNC, gauche non compétitive – GNC).

Version Paires simples			Version Paires doubles	
			DC	GC
	DC	GC	P1	6-----8
P1	2-----1		P2	2-----7
Version Paires triples			Version Modèle SSW	
			DNC	
	DC	GC	9	
P1	8-----5		DC	GC
P2	4-----2		P1	3-----8
P3	3-----9			GNC
				1

2.4 Procédure

Une première sélection des enfants s'est effectuée par l'entremise d'entrevues téléphoniques avec les parents. Les renseignements obtenus concernant la langue parlée à la maison et à l'école fréquentée, les performances scolaires et l'histoire passée ou présente d'otites ont permis de déterminer l'admissibilité de l'enfant à l'expérimentation. Le cas échéant, le formulaire d'information et de consentement a brièvement été discuté avec le parent et un rendez-vous a été désigné à l'École d'orthophonie et d'audiologie de l'Université de Montréal ou au CHU Sainte-

Justine. Pour les participants sélectionnés à la suite de cette entrevue, le formulaire de consentement a d'abord été expliqué au parent et à l'enfant avant d'être signé au début de la rencontre. L'enfant devait donner son assentiment. Un test de dépistage auditif à 15 dB HL de 250 à 8 000 Hz, selon la méthode Hughson-Westlake modifiée (Carhart & Jerger, 1959), a été administré aux enfants, incluant l'évaluation du seuil de réception de la parole, afin de s'assurer que chacun présente une acuité auditive dans les limites de la normale. Ces derniers ont par la suite été soumis au test *SSW* (version en français) dans le but de confirmer une bonne habileté d'intégration binaurale. Puis, une étape de familiarisation contenant les neuf chiffres désignés selon un mode aléatoire prédéterminé permettait à l'examineur de s'assurer que chaque enfant était en mesure d'identifier correctement les chiffres de 1 à 9. Les quatre versions ont été administrées de façon randomisée à chaque participant, qui devait répéter l'ensemble des chiffres entendus après chaque série de présentation. Connectés à un audiomètre AC-40 ou Madsen Itera, un lecteur de disques compacts TASCAM CD-A500 ou Panasonic SL-SX330 et des écouteurs intra-auriculaires EAR-Tone 3A ont servi à la transmission des stimuli. Les deux tests (*SSW* et EDC) ont été administrés à un niveau de présentation de 55 dB HL aux deux oreilles, lequel était préalablement calibré avec un son de 1 000 Hz. Variant entre 90 et 120 minutes, l'expérimentation se concluait par la remise d'une compensation financière au parent du participant pour les frais de déplacement occasionnés.

2.5 Analyses statistiques

L'analyse des résultats a été effectuée à partir des données de huit enfants de huit ans, vus dans la présente étude, celles des 28 enfants de six, neuf et douze ans de l'étude de Jutras & coll. (2012) ainsi que celles d'un enfant de six ans et d'un enfant de neuf ans évalués lors de l'expérimentation de Jutras & coll. (2012), pour un total de 38 enfants. Pour les versions 1, 2 et 3 du EDC, un point a été accordé à chaque chiffre correctement répété pour chaque oreille. Le nombre de bonnes réponses a été converti en pourcentage pour l'oreille droite et pour l'oreille gauche. Pour la version 4 du EDC et pour le SSW, un point a été alloué à chaque bonne réponse donnée pour chaque chiffre présenté dans les quatre conditions d'écoute. L'accumulation des points a été transformée en pourcentage pour chaque condition. Pour l'ensemble des données issues de diverses analyses statistiques et rapportées dans la présente étude, une transformation arcsinus des données brutes a été réalisée, considérant que les résultats obtenus dans certaines conditions d'écoute ou certaines versions de l'EDC se trouvaient au maximum des performances ou près des valeurs maximales (effet plafond). Cette transformation permet donc d'étaler l'écart se trouvant entre les valeurs extrêmes et de le rendre plus important que celui se rapportant aux valeurs plus près de la moyenne (Studebaker, 1985). De cette façon, les probabilités de détecter la présence de différences significatives et de pouvoir les mesurer sont augmentées. Des ANOVA à mesures répétées

ont également été utilisées pour l'ensemble des analyses effectuées dans le cadre de la présente étude. Lors de la réalisation de tests post-hoc, le facteur de correction de Bonferroni a été appliqué systématiquement aux résultats, avec un niveau de $p < .008$.

3. RÉSULTATS

3.1 Écoute dichotique de chiffres et de mots

Dans le but de vérifier l'influence du type de stimuli (mots et chiffres) sur les performances des enfants, les données provenant des quatre groupes d'enfants dans les quatre conditions d'écoute du test *SSW* et de la version *Modèle SSW* du test EDC ont été analysées. Une ANOVA à trois facteurs a été réalisée en utilisant les variables condition d'écoute (DNC, DC, GC et GNC – quatre niveaux) et type de stimulus (mot et chiffre – deux niveaux). Les résultats révèlent un effet significatif pour les trois facteurs principaux (voir Figure 1) : les performances des groupes se trouvent généralement supérieures au test d'écoute dichotique de chiffres comparativement à celles obtenues au test d'écoute dichotique de mots [Stimulus, $F(1, 34) = 26.35, p < .01, \eta^2 = .437$]; les performances des groupes se trouvent généralement plus élevées en conditions d'écoute non compétitives que celles retrouvées en conditions d'écoute compétitives [Condition, $F(3, 102) = 72.00, p < .01, \eta^2 = .679$]; les performances entre les groupes d'enfants sont significativement différentes [Groupe, $F(3, 34) = 8.01, p < .01, \eta^2 = .414$]. Une seule interaction double s'est avérée significative (voir Tableau 2 et Figure 1) : Condition x Groupe, $F(9, 102) = 4.93, p < .01, \eta^2 = .303$. L'interaction triple, Stimulus x Condition x Groupe, était significative, $F(9, 102) = 1.98, p < .05, \eta^2 = .149$.

L'interaction triple, Stimulus x Condition x Groupe, a donc été décomposée. Une ANOVA (Condition x Groupe) a été réalisée pour chacun des deux types de stimulus. Les résultats s'avèrent significatifs pour les mots, $F(9, 102) = 2.24, p < .05, \eta^2 = .165$, et pour les chiffres, $F(9, 102) = 4.39, p < .01, \eta^2 = .279$. Une analyse de variance univariée a été réalisée pour chacune des quatre conditions du test, en fonction des stimuli. Ainsi, avec les mots, une différence significative entre les groupes a été remarquée pour les conditions : DC, (3, 34) = 6.51, $p < .01, \eta^2 = .365$, et GC, (3, 34) = 5.05, $p < .01, \eta^2 = .308$, mais pas pour les conditions d'écoute non compétitives : DNC, (3, 34) = .792, $p > .05, \eta^2 = .065$, et GNC, (3, 34) = 2.56, $p > .05, \eta^2 = .184$. Les données significatives ont ensuite été analysées par l'exécution de tests t, afin de comparer les résultats obtenus entre chacun des groupes. Les résultats révèlent que pour les mots, les performances du groupe d'enfants de six ans dans la condition DC, $t(15) = 4.30, p = .001$, et du groupe d'enfants de neuf ans dans la condition GC, $t(16) = 3.74, p < .008$, sont significativement inférieures à celles du groupe d'enfants de douze ans. Aucune différence significative pour les deux conditions n'est remarquée entre le groupe d'enfants plus jeunes et les groupes de huit ans et de neuf ans, ni entre le groupe d'enfants de huit ans et ceux de neuf ans et de douze ans (voir Tableau 3).

Tableau 2. Anova effectuée auprès de 38 participants divisés en quatre groupes (G) avec deux facteurs répétés : quatre conditions d'écoute (C) et deux types de stimulus (S).

	<i>ddl</i> facteur	<i>ddl</i> erreur	<i>F</i>	<i>p</i>	η^2
Groupe (G)	3	34	8.01	<.001*	.414
Condition (C)	3	102	72.00	<.001*	.679
Stimulus (S)	1	34	26.35	<.001*	.437
G x C	9	102	4.93	<.001*	.303
G x S	3	34	1.07	>.05	.086
C x S	3	102	2.28	>.05	.063
G x C x S	9	102	1.98	<.05*	.149

*significatif

Pour les chiffres, une différence significative entre les groupes a été remarquée pour les conditions : DC, (3, 34) = 7.87, $p < .01, \eta^2 = .410$, et GC, (3, 34) = 6.13, $p < .01, \eta^2 = .351$, mais pas pour les conditions d'écoute non compétitives : DNC, (3, 34) = .408, $p > .05, \eta^2 = .035$, et GNC, (3, 34) = .060, $p > .05, \eta^2 = .005$. Ainsi, des tests t ont été réalisés. Les résultats révèlent que dans les deux conditions d'écoute DC et GC, les performances des groupes d'enfants de neuf ans [DC, $t(17) = 4.63, p < .001$, GC, $t(18) = 2.97, p = .008$ – à la limite], et de douze ans [DC, $t(18) = 3.87, p = .001$, GC, $t(18) = 4.29, p < .001$] sont significativement supérieures à celles des enfants de six ans. Aucune différence significative pour les deux conditions n'est remarquée entre les deux groupes d'enfants plus jeunes; entre le groupe d'enfants de huit ans et ceux de neuf ans et de douze ans; entre les enfants de neuf ans et ceux de douze ans (voir Tableau 4).

3.2 Écoute dichotique de chiffres en quatre versions

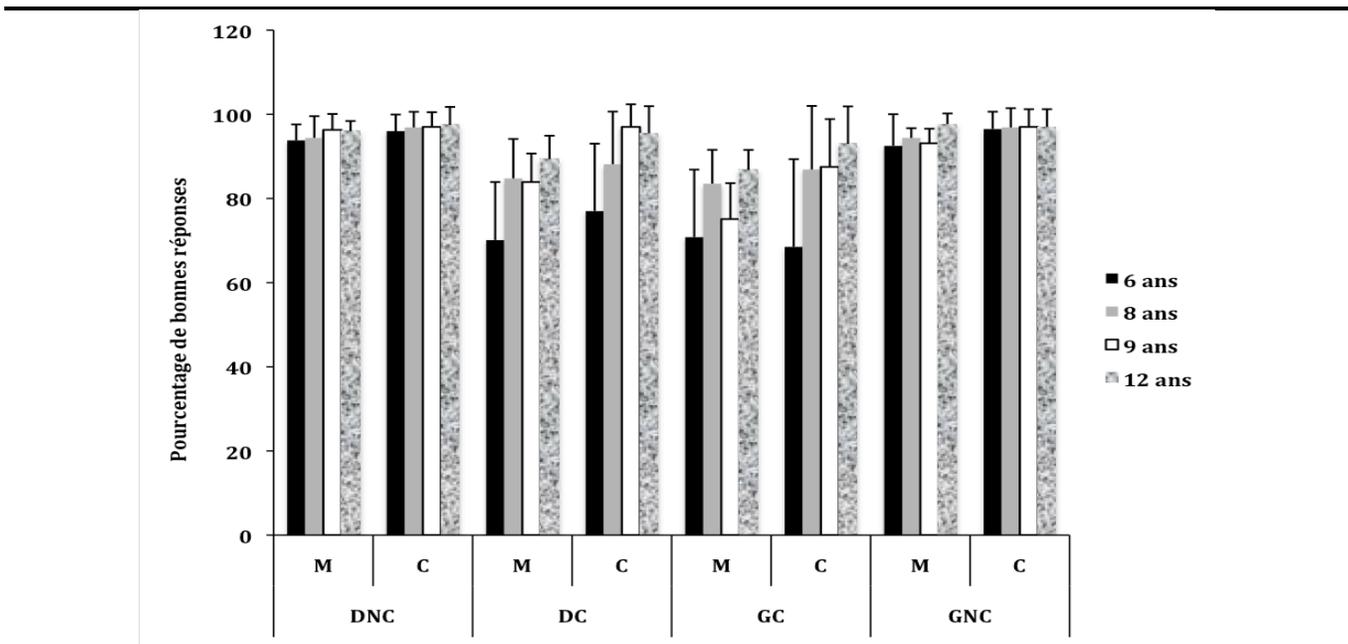
La variable dépendante à l'étude correspondait au pourcentage de bonnes réponses au test EDC. Trois variables indépendantes intra-sujets ont été considérées dans cette analyse : l'oreille stimulée (oreille droite vs oreille gauche – deux niveaux), l'ordre de présentation des stimuli pour chaque sous-test (dix premiers stimuli vs dix derniers stimuli pour vérifier les effets d'apprentissage et de fatigue – deux niveaux) et la version du test présentée (*Paires*

Tableau 3. Comparaison des résultats obtenus (tests t) entre les quatre groupes de participants – six, huit, neuf et douze ans – selon les conditions d'écoute – droite compétitive (DC) et gauche compétitive (GC) – pour le test d'écoute dichotique de mots.

Condition d'écoute	Comparaison entre les groupes	<i>ddl</i>	<i>t</i>	<i>p</i>
DC	6 ans vs 8 ans	15	2.56	>.008
	6 ans vs 9 ans	17	2.69	>.008
	6 ans vs 12 ans	15	4.30	.001*
	8 ans vs 9 ans	13	0.32	>.05
	8 ans vs 12 ans	11	1.00	>.05
	9 ans vs 12 ans	17	1.74	>.05
GC	6 ans vs 8 ans	15	2.12	>.05
	6 ans vs 9 ans	15	0.56	>.05
	6 ans vs 12 ans	12	3.09	>.008
	8 ans vs 9 ans	15	2.13	>.05
	8 ans vs 12 ans	12	0.94	>.05
	9 ans vs 12 ans	16	3.74	<.008*

*significatif ($p < .008$)

Figure 1. Pourcentage de bonnes réponses obtenues auprès de 38 participants divisés en quatre groupes – six, huit, neuf et douze ans – en fonction du type de stimulus – mots (M) et chiffres (C) – selon les quatre conditions des tests d’écoute dichotique – droite non compétitive (DNC), droite compétitive (DC), gauche compétitive (GC) et gauche non compétitive (GNC).



simples vs Paires doubles vs Paires triples vs Modèle SSW – quatre niveaux). La variable indépendante inter-sujet correspond au groupe (enfants de six, huit, neuf et douze ans – quatre niveaux).

Une ANOVA à quatre facteurs a été effectuée. Les résultats révèlent un effet significatif pour trois des quatre facteurs principaux (voir Tableau 5 et Figure 2) : les performances des groupes se trouvent généralement supérieures lorsque les stimuli sont perçus à l’oreille droite plutôt qu’à l’oreille gauche [Oreille, $F(1, 34) = 13.40, p < .01, \eta^2 = .283$]; les performances des groupes pour les versions *Paires simples* et *Modèle SSW* du test sont généralement supérieures à celles pour les versions *Paires doubles* et *Paires triples* [Version, $F(3, 102) = 225.04, p <$

.01, $\eta^2 = .869$]; et les performances entre les groupes d’enfants sont significativement différentes [Groupe, $F(3, 34) = 7.53, p < .01, \eta^2 = .399$]. Seulement une des six interactions doubles existantes s’est avérée significative (voir Tableau 4) : Version x Groupe, $F(9, 102) = 4.55, p < .01, \eta^2 = .287$. L’ANOVA réalisée a également permis de démontrer qu’aucune interaction triple ni quadruple n’est significative (voir Tableau 5 et Figure 2).

Une analyse de variance univariée a été réalisée pour chacune des versions du test, afin de décomposer l’interaction double Version x Groupe. Une différence significative entre les groupes a été remarquée pour les versions suivantes : *Paires doubles*, $(3, 34) = 8.52, p < .01, \eta^2 = .429$; *Paires triples*, $(3, 34) = 12.18, p < .01, \eta^2 = .518$

Tableau 4. Comparaison des résultats obtenus (tests t) entre les quatre groupes de participants – six, huit, neuf et douze ans – selon les conditions d’écoute – droite compétitive (DC) et gauche compétitive (GC) – pour le test d’écoute dichotique de chiffres.

Condition d’écoute	Comparaison entre les groupes	ddl	t	p
DC	6 ans vs 8 ans	14	1.74	>.05
	6 ans vs 9 ans	17	4.63	<.001*
	6 ans vs 12 ans	18	3.87	.001*
	8 ans vs 9 ans	12	2.08	>.05
	8 ans vs 12 ans	13	1.49	>.05
	9 ans vs 12 ans	18	0.71	>.05
GC	6 ans vs 8 ans	13	2.56	>.008
	6 ans vs 9 ans	18	2.97	.008*
	6 ans vs 12 ans	18	4.29	<.001*
	8 ans vs 9 ans	13	0.18	>.05
	8 ans vs 12 ans	14	1.09	>.05
	9 ans vs 12 ans	18	1.54	>.05

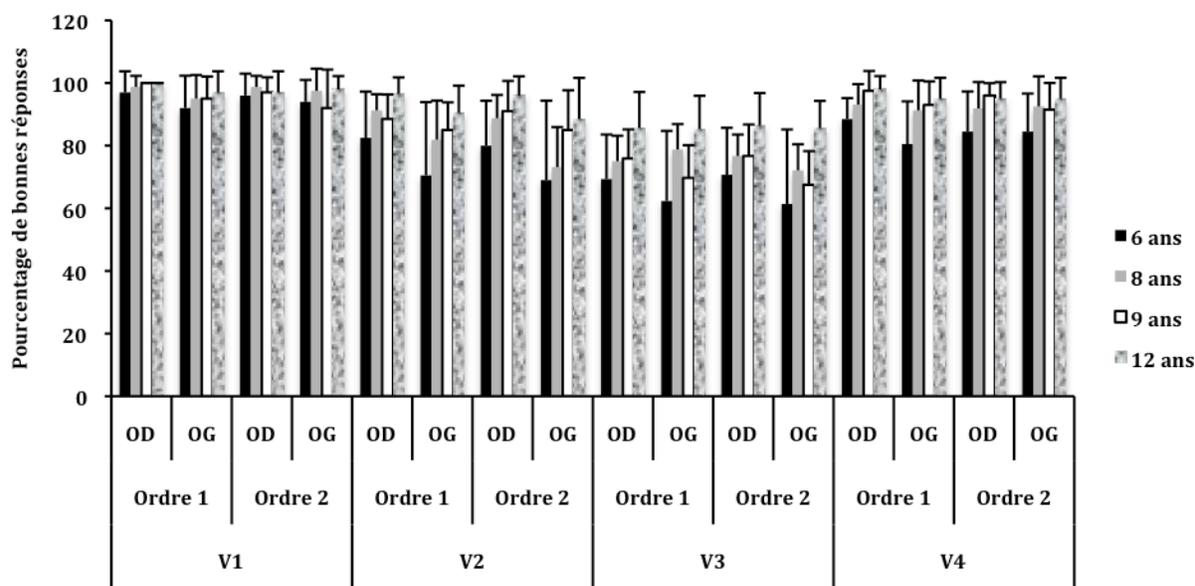
*significatif ($p < .008$)

Tableau 5. Anova effectuée auprès de 38 participants divisés en quatre groupes (G) avec trois facteurs répétés : oreille stimulée (A), ordre de présentation des stimuli (O) et version (V) du test EDC.

	ddl facteur	ddl erreur	F	p	η^2
Oreille (A)	1	34	13.40	.001*	.283
Ordre (O)	1	34	2.79	.104	.076
Version (V)	3	102	225.04	<.001*	.869
Groupe (G)	3	34	7.53	.001*	.399
A x O	1	34	0.82	>.05	.024
A x V	2	77	2.89	>.05	.078
A x G	3	34	0.38	>.05	.032
O x V	3	102	0.17	>.05	.005
O x G	3	34	0.33	>.05	.028
V x G	9	102	4.55	<.001*	.287
A x O x V	3	102	2.64	>.05	.072
A x V x G	9	102	0.65	>.05	.054
A x O x G	3	34	0.52	>.05	.044
O x V x G	9	102	1.50	>.05	.117
A x O x V x G	9	102	0.13	>.05	.011

*significatif

Figure 2. Pourcentage de bonnes réponses obtenues auprès de 38 participants divisés en quatre groupes – six, huit, neuf et douze ans en fonction de l’oreille stimulée – oreille droite (OD) et oreille gauche (OG), de l’ordre de présentation des stimuli – ordre 1 (10 premiers items) et ordre 2 (10 derniers items) – selon la version du test – *Paires simples* (V1), *Paires doubles* (V2), *Paires triples* (V3) et *Modèle SSW* (V4).



et *Modèle SSW*, (3, 34) = 5.59, $p < .01$, $\eta^2 = .330$. Toutefois, aucune différence significative n’a été obtenue pour la version *Paires simples*, (3, 34) = 1.59, $p > .05$, $\eta^2 = .123$. Les données significatives ont ensuite été analysées par l’exécution de tests t, afin de comparer les résultats obtenus entre chacun des groupes. Les résultats révèlent que pour les trois versions du test, les performances du groupe d’enfants de six ans, [*Paires doubles*, $t(17) = 4.63$, $p < .001$, *Paires triples*, $t(17) = 4.96$, $p < .001$, *Modèle SSW*, $t(17) = 4.03$, $p < .008$] sont significativement inférieures à celles du groupe d’enfants de douze ans. Aucune différence significative pour les trois versions n’est remarquée entre les deux groupes d’enfants plus jeunes ni entre les groupes d’enfants de huit ans et de neuf ans. Pour la version *Paires triples* du test, les enfants de huit ans, $t(13) = 3.24$, $p < .008$, et de neuf ans, $t(15) = 3.83$, $p < .008$, obtiennent des performances significativement inférieures à celles des enfants de douze ans, mais aucune différence n’est notée entre les groupes d’enfants de six ans et de neuf ans. Pour les versions *Paires doubles* et *Modèle SSW*, les performances du groupe d’enfants de six ans, [*Paires doubles*, $t(18) = 3.10$, $p < .008$, *Modèle SSW*, $t(18) = 3.48$, $p < .008$] sont significativement inférieures à celles du groupe d’enfants de neuf ans, mais aucune différence n’est remarquée entre les enfants de douze ans comparés aux groupes d’enfants de huit ans et de neuf ans.

4. DISCUSSION

Cette étude avait pour objectif, entre autres, d’évaluer la trajectoire développementale pour la capacité d’intégration binaurale d’enfants d’âge scolaire. Comme les données

provenant de l’étude de Jutras & coll. (2012) (données d’enfants de six, neuf et douze ans) n’étaient que partielles pour dessiner cette trajectoire, des enfants de huit ans ont été évalués pour mieux la définir. La moyenne des résultats obtenus par les enfants âgés de huit ans occupe une position intermédiaire entre celle des groupes d’enfants de six et neuf ans. En effet, les résultats n’ont pas montré de différence significative entre les performances des enfants de huit ans et celles des groupes d’enfants de six ans et de neuf ans dans les conditions d’écoute de mots ou de chiffres en compétition. Bien que les résultats des enfants de huit ans se situent parfaitement dans la trajectoire développementale, l’effet de la maturation du système auditif pourrait ne pas être suffisamment important pour se manifester à travers les résultats des enfants d’âge rapproché, contrairement aux groupes d’enfants plus éloignés en âge, comme ce fut le cas pour les performances des enfants de six ans et celles des enfants de douze ans. Un faible échantillon (huit participants), de même que la présence d’un écart-type important chez le groupe des huit ans, comptent aussi parmi les facteurs pouvant expliquer l’absence de résultats significatifs entre les groupes d’enfants plus jeunes. De plus, la nature du stimulus employé influence les résultats de certains groupes d’enfants aux tests d’écoute dichotique. De façon générale, l’utilisation de chiffres conduit à de meilleures performances que celle de mots. La répétition de chiffres constitue une tâche plus facile à réaliser que la répétition de mots, les chiffres étant des stimuli plus familiers et moins complexes à traiter au plan langagier que les mots. Ces résultats concordent avec ceux de l’étude de Hulme, Maughan, & Brown (1991) démontrant que les adultes parviennent à se rappeler avec davantage de

précision les mots qui leur sont familiers en comparaison avec les mots non familiers. De plus, le test EDC a l'avantage d'avoir un ensemble limité de réponses, puisqu'il est constitué des mêmes neuf chiffres, limitant ainsi le nombre d'erreurs possibles. À l'inverse, dans le test de mots, le choix de réponses est très varié (nombreux mots potentiels), ce qui augmente les risques de commettre plus d'erreurs qu'au test EDC. Aussi, la vitesse d'articulation mérite d'être prise en compte en ce qui concerne le rappel d'unités linguistiques, celle-ci étant plus rapide pour les mots familiers conservés dans la mémoire à long terme que pour les mots non familiers (Hulme & coll., 1991). Les enfants plus âgés possèdent également un plus grand bagage langagier, de même qu'une expérience auditive plus vaste et diversifiée, ce qui constitue également des facteurs pouvant être pris en considération dans ce phénomène (Gathercole, 1999).

Par ailleurs, dans la condition d'écoute dichotique la plus difficile (GC avec des mots), les enfants de six ans ont obtenu des performances similaires aux enfants de neuf ans et de douze ans, alors que ceux de neuf ans ont plutôt obtenu des résultats inférieurs à ceux de douze ans. L'absence de différence significative entre les deux groupes d'enfants d'âge éloigné pourrait s'expliquer, entre autres, par un important écart-type à la moyenne, étant près de quatre fois plus grand chez le groupe des six ans comparativement au groupe des douze ans, et deux fois plus grand par rapport au groupe des neuf ans. Dans ce dernier groupe, la variabilité des valeurs tend à diminuer, ce qui peut contribuer à montrer des différences significatives entre leurs résultats et ceux des enfants de douze ans.

Les performances obtenues à l'EDC montrent que les enfants de neuf et douze ans ont obtenu, de façon générale, de meilleures performances aux différentes tâches que les enfants de six ans. Les enfants de neuf et douze ans réussissent donc mieux aux versions *Paires doubles*, *Paires triples* et *Modèle SSW* de l'EDC que ceux de six ans. La capacité de la mémoire auditive pourrait expliquer, en partie, les différences observées. Cette capacité s'améliore avec l'âge (Gathercole, Pickering, & Ambridge, 2004; Roncadin, Pascual-Leone, Rich, & Dennis, 2007; Visu-Petra, Miclea, Cheie, & Benga, 2009).

Un autre but poursuivi par la présente étude était de vérifier si l'oreille à laquelle était perçu le stimulus modulait les performances des enfants au test EDC. Ainsi, cet objectif visait une fois de plus à situer les performances des enfants de huit ans par rapport à celles d'enfants d'autres groupes d'âge pour ce qui est des résultats obtenus à une oreille par rapport à ceux de l'autre oreille. Les performances des enfants de huit ans ne se sont pas distinguées de celles des enfants de six et de neuf ans. L'effet de maturation du système auditif n'est possiblement pas assez important entre les groupes d'âge rapproché pour montrer des différences significatives, tel qu'illustré par les normes des tests auditifs centraux rapportées dans Bellis (2003). De façon générale, indépendamment des groupes, les performances étaient meilleures lorsque les stimuli ont été présentés à l'oreille droite plutôt qu'à l'oreille gauche, ce qui suggère une dominance de l'oreille droite (DOD). Ces résultats abondent

dans le même sens que ceux d'études antérieures (Bellis, 2003; Fennell, Satz, & Morris, 1983; Kimura, 1963; Moncrieff & Wilson, 2009; Mukari & coll., 2006).

Enfin, le test EDC est également sensible à l'influence du nombre d'éléments présentés. Les performances des enfants ont diminué de façon plus marquée pour la version *Paires triples* qui contient le plus grand nombre d'items à répéter, ce qui concorde avec les résultats d'autres études (Mukari & coll., 2006; Musiek, 1983a, 1983b). En plus du traitement auditif, cette tâche à six chiffres nécessiterait davantage l'implication de la mémoire de travail que les épreuves comprenant moins de chiffres. Ce phénomène s'observe aussi en comparant les performances des enfants à la version du test *Paires doubles* et à la version *Modèle SSW*. Elles étaient légèrement inférieures pour la version *Paires doubles* comparativement à celles obtenues à la version *Modèle SSW*. Les quatre chiffres de la version *Paires doubles* étaient présentés en situation d'écoute dichotique, alors que seulement deux des quatre chiffres l'étaient dans la version *Modèle SSW*. Cette disparité entre les résultats pourrait être reliée au fait que le traitement associé à l'écoute dichotique exigerait davantage de ressources que la condition où les stimuli entendus ne sont pas en compétition. Selon le modèle d'utilisation de ressources employé par Pichora-Fuller & coll. (1995), un nombre limité de ressources demeure disponible pour le traitement de l'information, à la fois perceptif et cognitif. Ainsi, plus le traitement perceptif de l'information est exigeant, plus il nécessiterait un nombre important de ressources, ce qui laisserait moins de ressources disponibles pour le traitement cognitif. Par exemple, dans une tâche d'écoute dichotique de deux paires de chiffres, le traitement perceptif demanderait davantage de ressources qu'une tâche à quatre chiffres où seulement deux sont en compétition. Il resterait alors moins de ressources pour mémoriser et récupérer les informations de la mémoire afin de répéter les chiffres, diminuant ainsi les chances de réussite.

5. CONCLUSION

Les performances des enfants de huit ans soumis aux tests d'écoute dichotique de chiffres ou de mots ne se distinguent pas significativement de celles des enfants de six ou de neuf ans. Toutefois, la moyenne des performances des enfants de huit ans se situe entre celle des performances du groupe d'enfants de six et celle du groupe d'enfants de neuf ans, montrant une amélioration des performances en fonction de l'âge. Les résultats étaient significativement différents lorsque les données des enfants de huit ans sont comparées à celles des enfants de douze ans. Les performances des enfants de huit ans demeurent de façon générale inférieures à celles des enfants de douze ans. Globalement, les enfants ont des performances significativement supérieures lorsque les stimuli sont des chiffres plutôt que des mots. L'EDC met en évidence une dominance des résultats obtenus lorsque les stimuli étaient présentés à l'oreille droite par rapport à ceux envoyés à l'oreille gauche, indépendamment de l'âge et de la version de l'EDC. Enfin, le nombre de chiffres à répéter influence les performances des enfants en situation d'écoute

dichotique puisque celles-ci tendent à diminuer lorsque le nombre de chiffres augmente.

L'utilisation de l'EDC permettra d'évaluer la capacité d'enfants francophones d'intégrer une information différente provenant de chaque oreille. À partir de résultats anormaux, il sera possible d'intervenir afin d'aider les enfants ayant un problème d'intégration binaurale à mieux comprendre dans des situations où la parole est en compétition. Le but de cette intervention vise surtout à améliorer la compréhension de la parole pour atteindre une communication efficace et fluide, principalement en condition d'écoute compétitive.

REMERCIEMENTS

Les auteurs voudraient remercier les enfants ainsi que leurs parents pour leur disponibilité, de même que les intervenants de la Commission Scolaire Marguerite-Bourgeoys pour leur contribution au recrutement des participants.

RÉFÉRENCES

- ASHA – American Speech-Language-Hearing Association. (2005). *(Central) Auditory Processing Disorders*. Repéré à: <http://www.asha.org/docs/html/tr2005-00043.html>.
- Bellis, T. J. (2003). *Assessment and management of central auditory processing disorders in the educational setting : From science to practice* (2nd ed.). Toronto, Canada: Thomson Delmar Learning, 532 p.
- Bérard, C. (1990-1993). *Normes du SSW et du SSI-ICM en français*. Montréal, Canada : Hôpital Rivière-des-Prairies.
- Berlin, C. I., Hughes, L. F., Lowe-Bell, S. S., & Berlin, H. L. (1973). Dichotic right ear advantage in children 5 to 13. *Cortex*, 9, 392-402.
- Carhart, R., & Jerger, J. (1959). Preferred method for clinical determination of pure-tone thresholds. *Journal of Speech and Hearing Disorders*, 16, 340-345.
- Champoux, F., Paiement, P., Mercier, F., Lepore, F., Lassonde, M., & Gagné, J.-P. (2007). Auditory processing in a patient with a unilateral lesion of the inferior colliculus. *European Journal of Neuroscience*, 25, 291-297.
- Fennell, E. B., Satz, P., & Morris, R. (1983). The development of handedness and dichotic listening asymmetries in relation to school achievement : A longitudinal study. *Journal of Experimental Child Psychology*, 35, 248-262.
- Gadea, M., Marti-Bonmatí, L., Arana, E., Espert, R., Salvador, A., & Casanova, B. (2009). Corpus callosum function in verbal dichotic listening: Inferences from a longitudinal follow-up of relapsing-remitting multiple sclerosis patients. *Brain & Language*, 110, 101-105.
- Gathercole, S. E. (1999). Cognitive approaches to the development of short-term memory. *Trends in Cognitive Sciences*, 3(11), 410-419
- Gathercole, S. E., Pickering, S. J., & Ambridge, B. (2004). The structure of working memory from 4 to 15 years of age. *Developmental Psychology*, 40, 177-190.
- Hannay, H. J., Walker, A., Dennis, M., Kramer, L., Blaser, S., & Fletcher, J. M. (2008). Auditory interhemispheric transfer in relation to patterns of partial agenesis and hypoplasia of the corpus callosum in spina bifida meningomyelocele. *Journal of the International Neuropsychological Society*, 14, 771-781.
- Hulme, C., Maughan, S., & Brown, G. D. A. (1991). Memory for familiar and unfamiliar words: Evidence for a long-term memory contribution to short-term memory span. *Journal of Memory and Language*, 30, 685-701.
- Jacobson, J. T., Deppe, U., & Murray, T. J. (1983). Dichotic paradigms in multiple sclerosis. *Ear & Hearing*, 4, 311-317.
- Jutras, B., & Mayer, D. (2004). *Normalisation du test d'écoute dichotique de chiffres en français : Étude préliminaire*. (Rapport scientifique). Montréal : Université de Montréal, Ecole d'orthophonie et d'audiologie, Faculté de médecine.
- Jutras, B., Mayer, D., Joannette, É., Carrier, M.-È., & Chénard, G. (2012). Assessing the Development of Binaural Integration Ability With the French Dichotic Digit Test : Écoute Dichotique de Chiffres. *American Journal of Audiology*, 21, 51-59.
- 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, MD: Mosby-Yearbook.
- Katz, J., Basil, R. A., & Smith, J. M. (1963). A Staggered spondaic word test for detecting central auditory lesions. *Annals of Otolaryngology & Rhinology*, 72, 908-917.
- Kimura, D. (1961a). Cerebral dominance and the perception of verbal stimuli. *Canadian Journal of Psychology*, 15(3), 166-171.
- Kimura, D. (1961b). Some effects of temporal-lobe damage on auditory perception. *Canadian Journal of Psychology*, 15(3), 156-165.
- Kimura, D. (1963). Speech lateralization in young children as determined by an auditory test. *Journal of Comparative & Physiological Psychology*, 56, 899-902.
- Martin, J., Jerger, J., & Mehta, J. (2007). Divided-attention and directed-attention listening modes in children with dichotic deficits: An event related potential study. *Journal of the American Academy of Audiology*, 18, 34-53.
- Meyer, V. (1957). *Cognitive changes following temporal lobectomy for the relief of focal temporal lobe epilepsy*. Unpublished doctoral thesis, University of London.
- Milner, B. (1958). Psychological defects produced by temporal lobe excision. *Research Publications - Association for Research in Nervous and Mental Disease*, 36, 244-257.
- Moncrieff, D., Jerger, J., Wambacq, I., Greenwald, R., & Black, J. (2004). ERP evidence of a dichotic left-ear deficit in some dyslexic

children. *Journal of the American Academy of Audiology*, 15, 518-534.

Moncrieff, D. W., & Wilson, R. H. (2009). Recognition of randomly presented one-, two-, and three-pair dichotic digits by children and young adults. *Journal of the American Academy of Audiology*, 20, 58-71.

Mukari, S. Z., Keith, R. W., Tharpe, A. M., & Johnson, C. D. (2006). Development and standardization of single and double dichotic digit tests in the Malay language. *International Journal of Audiology*, 45, 344-352.

Musiek, F. E. (1983a). Assessment of central auditory dysfunction: The Dichotic Digit Test revisited. *Ear & Hearing*, 4, 79-83.

Musiek, F. E. (1983b). Results of the three dichotic speech tests on subjects with intracranial lesions. *Ear & Hearing*, 4, 318-323.

Musiek, F. E., Gollegly, K. M., Kibbe, K. S., & Verkest-Lenz, S. B. (1991). Proposed screening test for central auditory disorders: Follow-up on the dichotic digits test. *The American Journal of Otology*, 12, 109-113.

Musiek, F. E., Reeves, A. G., & Baran, J. A. (1985). Release from central auditory competition in the split-brain patient. *Neurology*, 35, 983-987.

Pichora-Fuller, M. K., Schneider, B. A., & Daneman, M. (1995). How young and old adults listen to and remember speech in noise. *Journal of Acoustical Society of America*, 97(1), 593-608.

Roncardin, C., Pascual-Leone, J., Rich, J. B., & Dennis, M. (2007). Developmental relations between working memory and inhibitory control. *Journal of the International Neuropsychological Society*, 13, 59-67.

Rudmin, F., & Normandin, N. (1983). Experimental dichotic tests in French modeled on SSW design. *Human Communication*, 7, 348-360.

Strouse, A., & Wilson, R. H. (1999). Recognition of one-, two-, and three-pair dichotic digits under free and directed recall. *Journal of the American Academy of Audiology*, 10, 557-571.

Stuart, A. (2005). Development of Auditory Temporal Resolution in School-Age Children Revealed by Word Recognition in Continuous and Interrupted Noise. *Ear & Hearing*, 26(1), 78-88.

Studebaker, G. A. (1985). A "rationalized" arcsine transform. *Journal of Speech and Hearing Research*, 28(3), 455-462.

Techentin, C., & Voyer, D. (2011). Word frequency, familiarity, and laterality effects in a dichotic listening task. *Laterality*, 16, 313-332.

Visu-Petra, L., Miclea, M., Cheie, L., & Benga, O. (2009). Processing efficiency in preschoolers' memory span: Individual differences related to age and anxiety. *Journal of Experimental Child Psychology*, 103, 30-48.

Willeford, J. A., & Burleigh, J. M. (1994). Sentence procedures in central testing. In J. Katz (Ed.), *Handbook of clinical audiology* (4th ed., pp. 256-268). Baltimore, MD: Williams & Wilkins

Enhancing where people
live, work and play
through the application
of the principles of
acoustical engineering.



Consulting Engineers specializing in
Acoustics, Noise and Vibration

HOWE GASTMEIER CHAPNIK LIMITED
Mississauga, Ontario
P: 905-826-4044 F: 905-826-4940
www.hgcengineering.com