Mémoire à court terme/Mémoire de travail chez l'enfant sourd profond muni d'un implant cochléaire : contribution à la compréhension des difficultés cognitives des enfants sourds

Stéphanie Pouyat-Houée

▶ **To cite this version:**

Stéphanie Pouyat-Houée. Mémoire à court terme/Mémoire de travail chez l'enfant sourd profond muni d'un implant cochléaire : contribution à la compréhension des difficultés cognitives des enfants sourds. Psychologie. Université d'Angers, 2017. Français. NNT : 2017ANGE0046 . tel-01868213

HAL Id: tel-01868213

https://theses.hal.science/tel-01868213

Submitted on 5 Sep 2018

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

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

UNIVERSITE BRETAGNE LOIRE

université angers

Thèse de Doctorat

Stéphanie HOUEE

Mémoire présenté en vue de l'obtention du

grade de Docteur de l'Université d'Angers

sous le sceau de l'Université Bretagne Loire

École doctorale : *Cognition, Education, Interactions (ED 504 CEI)*

Discipline : *Psychologie*

Spécialité : *Psychologie développementale et cognitive*

Unité de recherche : *LPPL : Laboratoire de Psychologie des Pays de la Loire (UPRES EA 4638)*

Soutenue le : 23 octobre 2017

Thèse N° : 79842

Mémoire à court terme/Mémoire de travail chez l'enfant sourd profond muni d'un implant cochléaire

Contribution à la compréhension des difficultés cognitives des enfants sourds

TOME 1

JURY

Rapporteurs :	**Elizabeth DEMONT**, Professeur en Psychologie, Université de Strasbourg.
	Daniel DAIGLE, Professeur titulaire à la Faculté de Sciences de l'Education, Université de Montréal.
Examinateur :	**Hervé BENOIT,** Maitre de conférence en Sciences de l'Education à l'INSHEA, Université Paris Lumières. Rédacteur en chef de *la nouvelle revue de l'adaptation et de la scolarisation*.
Invité :	**Samuel BRETAUDEAU**, Inspecteur Pédagogique et technique de la Direction Générale de la Cohésion Sociale (DGCS) du ministère des affaires sociales et de la santé.
Directeur de Thèse :	**Annick WEIL-BARAIS**, Professeur Emérite en Psychologie, Université d'Angers.
Co-directeur de Thèse :	**Christine GAUX**, Maître de Conférences en Psychologie, Université d'Angers.

L'auteur du présent document vous autorise à le partager, reproduire, distribuer et communiquer selon les conditions suivantes :

- Vous devez le citer en l'attribuant de la manière indiquée par l'auteur (mais pas d'une manière qui suggérerait qu'il approuve votre utilisation de l'œuvre).
- Vous n'avez pas le droit d'utiliser ce document à des fins commerciales.
- Vous n'avez pas le droit de le modifier, de le transformer ou de l'adapter.

Consulter la licence creative commons complète en français : http://creativecommons.org/licences/by-nc-nd/2.0/fr/

REMERCIEMENTS

Ce travail de thèse a vu le jour grâce au soutien précieux de nombreuses personnes qui, de près ou de loin, ont contribué à son élaboration.

Tout d'abord, je tiens à remercier Annick Weil-Barais grâce à qui j'ai pu m'engager dans cette voie. Elle a suivi cette thèse avec intérêt et un profond discernement, notamment en posant les questions pertinentes qui m'ont permis d'avancer dans mes recherches. J'ai pu apprécier l'étendue de sa culture et l'acuité de son jugement.

J'adresse également ma gratitude et mes remerciements à Christine Gaux pour avoir accepté de codiriger cette thèse. Je tiens à souligner son implication ainsi que l'apport scientifique important qu'elle m'a transmis. Merci beaucoup pour son soutien, ses encouragements et le temps précieux qu'elle m'a consacré.

Je remercie les membres du jury d'avoir accepté d'évaluer mon travail de thèse.

Je remercie, Marie Langlais pour avoir accepté de rencontrer une partie des enfants entendants dans le cadre de son mémoire de Master 1 en Psychologie.

Je remercie tous les acteurs impliqués dans ma recherche: les directeurs des écoles ou des instituts spécialisés, les enseignants, les orthophonistes, les codeurs LPC, les enfants et parents ; sans eux, rien n'aurait pu être possible.

Ma reconnaissance s'adresse également aux membres de ma famille qui m'ont soutenue, et plus particulièrement à Matthieu, Haude et Helen, mes chers enfants qui ont bien voulu se prêter à mes expérimentations comme cobayes et également à Jean-Yves, pour son soutien indéfectible.

Cette thèse a bénéficié du soutien du Centre Charlotte Blouin à Angers, institut spécialisé pour les enfants déficients auditifs ou ayant un trouble du langage oral.

« Jean-Marc Gaspard Itard (1774-1838), dans le travail qu'il mena toute sa vie en direction des enfants atteints de surdité, apparaît incontestablement comme l'un des fondateurs de ' l'éducation spécialisée'. Cette dernière n'est pas à comprendre comme une révision à la baisse des objectifs de l'éducation pour 's'adapter' aux difficultés particulières ou handicaps spécifiques de certains enfants, mais bien comme l'ambition de faire bénéficier toutes et tous d'une éducation aussi complète et exigeante que possible en mettant en œuvre des dispositifs et méthodes appropriés. »

Philippe Meirieu, *Sciences Humaines n°45*, décembre 2016

Jeune élève implantée en classe

Source : Site de l'association « génération cochlée », octobre 2012

Publications et communications afférentes à la thèse

Publications

- Revues à comité de lecture indexée

- Pouyat-Houée, S., Gaux, C. & Weil-Barais, A. (2014). Les capacités verbales et visuo-spatiales en mémoire de travail d'enfants sourds munis d'un implant cochléaire en comparaison avec leurs pairs entendants, *ANAE, 132-133*, 545-554.

- Pouyat-Houée, S., Gaux, C. & Weil-Barais, A. (en préparation). Immediate memory in deaf children with cochlear implant and hearing children : effects of verbal and spatial sequences as well as enriched context.

- Revues professionnelles

- Pouyat-Houée, S. (2011). Etude comparative de la mémoire de travail verbale et visuo-spatiale chez des enfants sourds munis d'un implant cochléaire, *Les carnets de la Persagotière, 39*, 3-28.

- Pouyat-Houée, S., Gaux, C. & Weil-Barais, A. (2012). Les capacités verbales et visuo-spatiales en mémoire de travail des enfants sourds munis d'un implant cochléaire, *Connaissances Surdité, 39*, 23-28.

Communications orales

- Conférence invitée

- Etude comparative de la mémoire de travail verbale et visuo-spatiale chez des enfants sourds implantés et des enfants entendants, Séminaire «troubles des apprentissages et surdité» du GRAL (Groupe de Recherche sur les troubles des Apprentissages et du Langage) de l'INJS (Institut national de jeunes sourds), Paris, 4 avril 2013.

- Colloque international

- Pouyat-Houée, S., Gaux, C. & Weil-Barais, A. (2014, avril). Capacités verbale et visuo-spatiale en mémoire de travail d'enfants sourds avec un implant cochléaire comparées à des enfants entendants appariés sur l'âge réel, colloque international organisé par le Centre de recherches en psychologie, cognition et communication (CrpCC) «Développements atypiques », Rennes, 17 et 18 avril.

- Colloque national

- Pouyat-Houée, S., Gaux, C. & Weil-Barais, A. (2015, mai). En quoi les erreurs commises par les enfants sourds munis d'un implant cochléaire dans une tâche de mémorisation à court terme nous renseignent-elles sur le fonctionnement de leur mémoire de travail ?, 8ième colloque du Réseau Interuniversitaire de PSYchologie du DEVeloppement et de l'Education (RIPSYDEVE) « De la connaissance à la scolarisation des élèves à besoins particuliers : bilans et perspectives », Amiens, 28 et 29 mai 2015.

- Journées d'études, séminaires d'axes du laboratoire LPPL

- Pouyat-Houée, S. (2011). Etude comparative de la mémoire de travail verbale et visuo-spatiale chez des enfants sourds munis d'un implant cochléaire, Equipe SSEFIS DA (Service de Soutien à l'Education Familiale et à l'Intégration Scolaire pour les enfants déficients auditifs) du Centre Charlotte Blouin (CCB), Angers, 21 novembre.

- Pouyat-Houée, S. (2012). Etude comparative de la mémoire de travail verbale et visuo-spatiale chez des enfants sourds munis d'un implant cochléaire, Equipes de l'UIC (Unité d'Implant Cochléaire) et du CERTA (Centre d'Evaluation et Réadaptation des Troubles de l'Audition), Angers, 6 janvier.

- Pouyat-Houée, S., Gaux, C. & Weil-Barais, A. (2012, juin). Présentation des objectifs et des premiers résultats de l'étude 1 « Etude comparative de la mémoire de travail verbale et visuo-spatiale chez des enfants sourds implantés et des enfants entendants » dans le cadre d'une réunion d'axe 2 « Cognition et Croyances » du LPPL, 29 juin.

- Pouyat-Houée, S. (2013, mars). Etude comparative de la mémoire de travail verbale et visuo-spatiale chez des enfants sourds implantés et des enfants entendants, Equipe de l'UIC (Unité d'Implant Cochléaire), Angers, 22 mars.

- Pouyat-Houée, S., Gaux, C. & Weil-Barais, A. (2014, avril). Présentation de l'étude complète «Capacités verbale et visuo-spatiale en mémoire de travail d'enfants sourds avec un implant cochléaire comparés à des enfants entendants appariés sur l'âge réel» dans le cadre du séminaire des enseignants-chercheurs angevins du sous-axe 2.1 «Régulation et fonctionnements cognitifs» du LPPL, Angers, 22 avril.

- Pouyat-Houée, S., Gaux, C. & Weil-Barais, A. (2014). Présentation de « Analyse des erreurs de rappel à des tâches de mémoire à court terme chez des enfants sourds avec implant

cochléaire et entendants : erreurs de rappel d'*items*, d'ordre et d'intrusions » dans le cadre du séminaire de l'axe 2 « Cognition et croyances» du LPPL, Angers, 18 novembre.

Communications affichées

- Colloque international

- Pouyat-Houée, S., Gaux, C. & Weil-Barais, A. (2014). Verbal and visuo-spatial working memory capacities of deaf children with a cochlear implant compared with their hearing peers, 13th International Conference on Cochlear Implants and other Implantable Auditory Technologies, Munich, Germany, June 18-21, 2014.

- Pouyat-Houée, S., Gaux, C. & Weil-Barais, A. (2014). Déficit de la mémoire à court terme chez des enfants sourds munis d'un implant cochléaire : analyse des erreurs d'*items* et d'ordre, colloque international APPREC, Strasbourg, 3-4-5 décembre.

- Colloque national

- Pouyat-Houée, S., Gaux, C. & Weil-Barais, A. (2014). Capacités verbale et visuo-spatiale en mémoire de travail d'enfants sourds avec un implant cochléaire comparés à des enfants entendants appariés sur l'âge réel, Journées du GEORRIC (Groupe d'étude et d'optimisation de la rééducation et des réglages d'implants cochléaires), Lyon, 20 et 21 mars.

Le Blog du Centre Charlotte Blouin

- Création d'une base de données documentaires accessibles à tous les professionnels du Centre Charlotte Blouin

Les articles proposés permettent d'informer régulièrement les professionnels du Centre Charlotte Blouin des connaissances récentes dans le domaine de la surdité, des troubles du langage et des apprentissages et de la pédagogie.

- Mise à disposition de documents en fonction de diverses thématiques

Les aménagement des examens des élèves DA et TSLO, nouveaux programmes, documents internes du CCB …

Liste des abréviations employées

CE	Contrôle Exécutif
CO	Communication Orale
CT	Communication Totale
IC	Implant Cochléaire
I I+S I+S+LPC S+LPC	Images seules Images avec mots énoncés oralement Images avec mot énoncé oralement et code LPC Mot énoncé sans images avec la LPC
IP-CO	Implant très Précoce (avant 2 ans) et Communication Orale
IPCO	Implant Précoce (avant 3 ans) et Communication Orale
ITCO	Implant Tardif (après 3 ans) et Communication Orale
ITCT	Implant Tardif (après 3 ans) et Communication Totale
LL	Lecture Labiale
LPC	Langage Parlé Complété ou Langue Parlée Complétée
LSF	Langue des Signes Française
MCT	Mémoire à Court Terme
MDT	Mémoire De Travail
MLT	Mémoire à Long Terme
NE	Normo Entendant(s)
P P+S P+S+LPC S+LPC	Points dans la grille seuls Points avec position des points énoncée oralement Points avec position des points énoncée oralement et code LPC Position des points énoncée oralement et code LPC
V	Verbal(e)
VS	Visuo-Spatial(e)

Sommaire

Introduction 17

Chapitre 1. Caractéristiques de la surdité et modes de communication 29

.1 Classification des surdités, dimensions organique et fonctionnelle 29

.1.1 Les degrés de surdité (légère à profonde) 30

.1.2 La nature de la surdité (types de surdité) 31

.1.3 Etiologie et niveau de langage atteint 34

.1.4 L'âge d'apparition de la surdité 36

.2 Modes de communication et aides techniques 37

.2.1 Les langues et/ou langages 38

.2.1.1 La langue des signes française : LSF/ Le français signé 39

.2.1.2 La langue française parlée complétée : LPC 42

.2.2 Les aides techniques 46

.2.2.1 Historique des appareils auditifs 47

.2.2.2 L'implant cochléaire 48

Chapitre 2. Développement du langage, de la perception et de l'attention visuelle chez l'enfant sourd 55

.1 Conséquences de la surdité sur le développement général langagier et visuel 55

.1.1 Le langage 55

.1.1.1 Les vocalisations 56

.1.1.2 Développement du langage oral et écrit 56

.1.2 La perception et l'attention visuelle 58

.2 Effet de l'implant cochléaire 60

.2.1 Le langage après implantation 61

.2.2 La perception visuelle et l'attention visuelle après implantation 62

.3 Effet d'un contexte enrichi ou perception multimodale de la parole en complément de l'IC 63

.3.1 L'apport de la lecture labiale 64

.3.2 Les apports de la LPC 67

Chapitre 3. Développement de la MCT/MDT de l'enfant sourd avec IC 71

.1 Modèles de référence expliquant les performances de maintien temporaire de l'information 71

.1.1 Distinction des modalités verbale et visuo-spatiale 72

.1.1.1 Description de modèles intégrant la distinction verbale visuo-spatiale : Baddeley et Majerus 73

.1.1.2 Tâches verbales et visuo-spatiales 77
.1.2 Mécanisme de traitement de l'ordre sériel 77
.1.2.1 Description 78
.1.2.2 Mesure du respect de l'ordre 80
.1.2.3 Facteurs influençant le respect de l'ordre 81
.1.3 Distribution des ressources et contrôle 81
.2 Les performances en MCT/MDT des enfants sourds avec IC 82
.2.1 Capacités verbales mesurées avec l'empan de chiffres 82
.2.1.1 Définition, description 82
.2.1.2 Distribution normale/ retard 83
.2.1.3 Evolution post implantation 83
.2.1.4 Profils d'évolution et trajectoires 84
.2.2 Capacités visuo-spatiales 85
.2.2.1 Définition, description 85
.2.2.2 Résultats divergents 86
.2.3 Facteurs évoqués pour expliquer le retard, les profils 89
.2.3.1 Encodage et stockage phonologique 90
.2.3.2 Ordre des *items* à rappeler 93
.2.3.3 Gestion des ressources et contrôle exécutif 97
.3 Influence du contexte enrichi sur la MCT 100
.3.1 Influence du mode de communication 101
.3.2 Effet d'une présentation multimodale : Etude de Cleary, Pisoni et Geers (2001) 105

Chapitre 4. Descriptif de l'étude 119
.1 Participants sourds et entendants 119
.1.1 Enfants sourds 119
.1.2 Enfants entendants 122
.2 Protocole expérimental 123
.2.1 Tâches de rappel immédiat avec différents contextes 123
.2.1.1 Description du matériel en modalité verbale 125
.2.1.2 Description du matériel de la modalité visuo-spatiale 125
.2.2 Tâches contrôles 127
.2.2.1 Habilités langagières en production et en réception pour les enfants sourds 128
.2.2.2 Aptitudes générales pour les enfants sourds et entendants : le NNAT 130
.2.3 Procédure 130
.3 Présentation de l'organisation des analyses des résultats 130

Chapitre 5. Validation des épreuves de Mémoire à court terme/Mémoire de travail 133

.1 Le groupe des quarante-deux enfants entendants 134

.1.1 Analyse du nombre moyen d'*items* rappelés 134

.1.1.1 Distribution des scores de rappel en situation uni-modale 134

.1.1.2 Effets de la modalité et des conditions de présentation 134

.1.1.3 Effet du niveau scolaire : CP *versus* CE1 144

.1.1.4 Etude de l'effet de l'ordre de présentation des modalités : verbale *vs* visuo-spatiale 147

.1.1.5 Analyses des relations entre conditions 148

.1.2 Analyse des erreurs d'*item* et d'ordre 152

.1.2.1 Hypothèses 152

.1.2.2 Comparaisons entre les types d'erreurs pour chaque condition dans chacune des modalités 153

.1.2.3 Analyses des corrélations et en clusters 157

.1.3 Analyse de l'effet de la longueur des séquences et des erreurs d'*item* 158

.1.3.1 Effet de la longueur des séquences sur les *items* correctement rappelés 158

.1.3.2 Analyse sur les erreurs d'intrusion et d'omission 169

.2 Synthèse 175

- Analyse du nombre moyen d'*items* rappelés sur 27 176
- Analyse des erreurs d'item et d'ordre 177

Chapitre 6. Comparaison d'enfants sourds et entendants appariés sur l'âge et le score au NNAT 181

.1 Caractéristiques des groupes 181

.2 Analyse du nombre moyen d'items rappelés 182

.2.1 Distribution des scores de rappel en situation uni-modale 182

.2.2 Effet de la modalité et des conditions de présentation 183

.2.2.1 Hypothèses 183

.2.2.2 Résultats des comparaisons entre enfants sourds avec IC et entendants 188

.3 Analyse des erreurs d'item et d'ordre 193

.3.1 Hypothèses 194

.3.2 Comparaisons entre les groupes du nombre d'erreurs d'*item* puis d'ordre pour chaque modalité 194

.3.2.1 Pour la condition uni-modale - *Items* seuls 194

.3.2.2 Pour chacune des conditions de présentation 196

.4 Analyse de l'effet de la longueur des séquences et des erreurs d'item 200

.4.1 Effet de la longueur des séquences à rappeler 200

.4.1.1 Hypothèses 200
.4.1.2 Comparaisons entre les groupes....201
.4.2 Analyse sur les erreurs d'intrusion et d'omission.... 208
.4.2.1 Hypothèses 208
.4.2.2 Comparaisons entre les groupes....210
.5 Synthèse des comparaisons entre enfants sourds avec IC et entendants 215
.5.1 Comparaisons entre les groupes 215
.5.2 Différences entre les conditions pour chacun des groupes.... 218
Chapitre 7. Profils individuels des enfants sourds avec IC....223
.1 Profils individuels des 14 enfants sourds avec IC en référence aux performances des 42 enfants entendants 224
.1.1 Nombre d'*items* rappelés 225
.1.1.1 Examen des performances individuelles dans la condition *Item* seul en fonction de la modalité 225
.1.1.2 Examen des performances individuelles en fonction de la condition et de la modalité 227
.1.1.3 Examen individuel du gain ou de la détérioration du nombre d'*items* correctement rappelés selon la condition et la modalité....230
.1.2 Erreurs d'*item* et d'ordre 233
.1.2.1 Examen des erreurs individuelles d'*item* et d'ordre dans la condition *Items* seuls en fonction de la modalité....233
.1.2.2 Examen des erreurs individuelles d'*item* et d'ordre dans chacune des conditions des deux modalités 235
.1.3 Longueur des séquences et des erreurs d'*item* 237
.1.3.1 Longueur des séquences d'*items* 237
.1.3.2 Erreurs d'omission et d'intrusion....242
.1.4 Synthèses des analyses des profils 247
.1.4.1 Nombre d'enfants sourds se situant dans le profil le plus faible....247
.1.4.2 Profil général des enfants se situant dans le profil le plus faible 250
.2 Evolution des performances pour quatre enfants sourds suivis de façon longitudinale 257
.2.1 Caractéristiques des quatre enfants sourds suivis de façon longitudinale..... 258
.2.2 Evolution du nombre d'*items* correctement rappelés pour la condition *items* seuls 259
.2.3 Evolution du nombre moyen d'items correctement rappelés par condition..... 260
.3 Etude préliminaire des compétences exécutives de quatre enfants sourds..... 266
Chapitre 8 : Conclusion, discussion et perspectives....271

Bibliographie **285**

Table des illustrations **305**

Table des tableaux **309**

Index des auteurs **315**

Introduction

La déficience auditive est, à des degrés divers, le handicap le plus répandu en France : trois millions de personnes en sont atteintes (rapport ministériel de Gillot, 1998). Les formes sévères ou profondes concernent, un nouveau-né sur mille, soit environ huit-cents chaque année (Loundon, 2014). Les répercussions de ce handicap sont d'autant plus importantes lorsque la surdité apparaît précocement, à la naissance ou avant l'acquisition du langage. Chez les enfants de parents entendants, cette privation sensorielle a pour résultat de restreindre l'interaction linguistique et les occasions de communiquer. De nombreuses recherches indiquent que la déficience auditive cause des retards importants dans l'acquisition du langage oral et a des répercussions dans les apprentissages scolaires (Duchesne, 2008 ; Hage, 2005 ; Peterson, Pisoni, & Miyamoto, 2010). Plusieurs modes de communication sont proposés aux enfants déficients auditifs : français oral avec lecture labiale et ou la Langue Parlée Complétée (LPC), ou la Langue des Signes Françaises (LSF) associée au français (bilinguisme).

Depuis la fin des années 1980, quand une surdité profonde bilatérale est dépistée chez l'enfant, l'implant cochléaire constitue une solution possible (mais non systématique). La pose de l'implant nécessite une intervention chirurgicale suivie de réglages puis du temps pour permettre au cerveau un véritable apprentissage. A la fin des années 1999, la Fédération française des implantés cochléaires dénombrait huit-cents enfants porteurs de cet appareil. Depuis, le nombre d'enfants implantés augmente régulièrement. Dans son rapport de mai 2007, la Haute Autorité de Santé faisait une projection sur cinq ans et estimait à mille le nombre d'implantations cochléaires annuelles en France. En 2011, environ 70% étaient des enfants (De Raeve & van Hardeveld, 2014).

De nombreuses recherches montrent que l'apport des implants cochléaires (IC) est considérable dans l'acquisition et le développement du langage oral et écrit. Cependant, la pose d'un implant cochléaire ne permet pas pour autant d'accéder instantanément au langage oral. Le flux sonore apporté par l'implant, s'il est déterminant, pour pouvoir discriminer les sons afférents à l'environnement humain (langage oral, musique, bruits de la nature, etc.), est moins riche que le flux sonore naturel. Plus spécifiquement, il ne restaure pas l'intelligibilité de la parole d'autrui de façon complète. De plus, les recherches relatives au bénéfice de l'IC sur la perception de la parole et les habiletés langagières soulignent une grande hétérogénéité (Le Maner-Idrissi, Pajon-Clinquart, Baligand, Dardier, Deleau, Tan-Bescond, & Godey, 2008 ; Le Normand, 2005). Différents facteurs ont été identifiés comme explicatifs, en partie, de l'hétérogénéité observée : l'étiologie et la période de dépistage de la surdité, l'audition résiduelle en pré-implant, l'âge de l'enfant à l'implantation, le mode de communication, le temps de port de l'implant, la nature de l'environnement sensoriel et

linguistique précoce, le quotient intellectuel non-verbal de l'enfant (Geers, Nicholas, & Moog, 2007; Geers, 2002; Pisoni et al., 2000; Tobey, Geers, Brenner, Altuna, & Gabbert, 2003). Cependant, même en cas d'implantation précoce, la large variabilité demeure (Conway, Karpicke, Esperanza, Henning, Kronenberger, Pisoni, 2011).

De par ma pratique d'enseignante spécialisée auprès d'élèves sourds IC, j'ai pu constater cette hétérogénéité parmi mes élèves. Cela m'a amenée à me questionner sur leurs difficultés d'apprentissage. Intuitivement, à partir de l'observation des enfants en cours d'activités, il m'a semblé que ces difficultés ne pouvaient pas être uniquement imputables à leurs compétences langagières. Ceci m'a conduite à m'intéresser au fonctionnement cognitif des enfants porteurs de handicap, de façon à leur proposer des pédagogies adaptées comme le suggère Hervé Benoit dans un article de *La nouvelle revue de l'adaptation et de la scolarisation* (2012). L'idée sous-jacente est qu'une meilleure connaissance des capacités et compétences cognitives des élèves sourds IC devrait permettre aux enseignants spécialisés d'intervenir de manière plus adaptée.

Actuellement, les enfants sourds IC sont de plus en plus souvent intégrés dans des classes ordinaires. Lorsqu'ils se retrouvent en situation d'inclusion, très souvent, on les considère comme des enfants typiques avec des difficultés d'audition. Il suffirait, alors, de lever les barrières de la communication pour que les élèves sourds apprennent comme les entendants (Marschark, 2007). Toutefois, Marschark, Convertino, & LaRock (2006) ont montré que les enfants entendants et sourds diffèrent non seulement quant à leurs connaissances et aptitudes, mais aussi par le fait qu'ils apprennent différemment. D'un point de vue pédagogique, il apparaît donc important de comprendre comment les enfants sourds apprennent et mémorisent après l'implantation afin de leur proposer des activités et des supports pédagogiques adaptés.

Le premier temps de la recherche a donc consisté à prendre connaissance des travaux scientifiques portant sur le fonctionnement cognitif des enfants sourds, notamment les enfants ayant bénéficié d'un implant cochléaire et à en faire une synthèse. Cette synthèse m'a conduite à m'intéresser plus particulièrement à la mémoire à court terme (MCT) qui intervient dans tout apprentissage comme on le développera plus loin. Compte tenu du caractère multimodal des informations que les enfants sont amenés à traiter (particulièrement les enfants sourds dont les modes de communication premiers ont recours à la gestuelle), dans un second temps, je me suis centrée sur l'incidence du type d'information à traiter sur l'efficience cognitive manifestée par les enfants sourds implantés comparativement aux enfants entendants. Ceci a donné lieu à une étude empirique ayant impliqué au total quatorze enfants sourds implantés et quarante-deux enfants entendants. La comparaison des performances des enfants aux tâches que nous avons sélectionnées ou

conçues portent sur deux groupes appariés sur des critères de comparaison pertinents en considération des données de la littérature scientifique.

Les chercheurs ont conduit des recherches sur la MCT des enfants sourds, car celle-ci soutient le développement de la parole et du langage et pourrait être atteinte par une période de privation auditive (Pisoni, & Cleary, 2003). D'ailleurs, les tests conventionnels utilisés pour évaluer la parole et le langage mobilisent fortement les processus cognitifs élémentaires fondamentaux que sont l'enregistrement de l'information sensorielle, l'encodage, le stockage, la récupération des réponses et l'exécution, qui sollicitent la Mémoire à Court Terme / Mémoire de travail. Les MCT/MDT servent d'espace de maintien temporaire de l'information verbale entrante et sortante ainsi que d'espace de stockage pour l'information linguistique durant le traitement immédiat (Baddeley, 2007). Par conséquent, le développement de la MCT/MDT durant l'enfance représente un aspect cognitif important, qui faciliterait le développement de nombreuses habiletés langagières. Inversement, un développement retardé de la MCT/MDT verbale serait relié à des difficultés de langage et d'apprentissage. Parce que les habiletés verbales des enfants sourds ne sont pas aussi développées que celles des enfants normo-entendants de même âge, les recherches qui ont étudié la MCT/MDT se sont essentiellement centrées sur le rôle potentiel de la MDT verbale (Cleary, Pisoni, & Kirk, 2000; Pisoni & Geers, 2000 ; Pisoni, & Cleary, 2003 ; Leybaert, Schepers, Renglet, Simon, Serniclaes, Deltenre, Marquet, Mansbach, Périer, & Ligny, 2005).

Jusqu'alors les recherches portant sur la MCT/MDT verbale des enfants sourds avec un implant cochléaire testent les performances des enfants avec une présentation uni-modale de l'information. Elles ont presque exclusivement utilisé la tâche classique d'empan de chiffres correspondant à un rappel immédiat dans l'ordre sériel. Les recherches utilisant l'empan de chiffres démontrent tout d'abord que la MCT/MDT verbale des enfants sourds avec un IC présente un retard par rapport à celui des enfants normo-entendants (Pisoni & Geers, 2000 ; Pisoni & Cleary, 2003 ; Harris, Kronenberger, Gao, Hoen, Miyamoto, & Pisoni, 2013). L'argument le plus fréquemment avancé pour expliquer ce retard dans le développement de l'empan de MCT/MDT est la qualité des représentations phonologiques. Les représentations phonologiques dégradées, faiblement spécifiées du langage parlé de certains enfants sourds avec IC empêcheraient l'encodage du stimulus sonore initial en des représentations phonologiques et lexicales plus stables et robustes en MCT/MDT. (Burkholder & Pisoni, 2006)

Une autre hypothèse évoquée pour expliquer les plus faibles performances des enfants sourds aux tâches d'empan ainsi que l'hétérogénéité des performances est l'ordre des *items* à rappeler. Majerus (2010) a démontré que le maintien de l'ordre des *items* était une composante importante des tâches de mémoire immédiate demandant un rappel dans l'ordre. Les enfants sourds privés d'accès au langage auraient moins d'opportunité de

développer leur attention et habiletés à respecter un ordre sériel. Des recherches ont montré que l'audition est intimement liée au temps et à la perception de l'ordre sériel. Parce que le son est un signal qui par nature se déploie de façon temporelle, il est possible qu'un manque d'exposition au son durant le développement précoce puisse avoir une influence sur le développement des fonctions cognitives dédiées à la perception, la manipulation et l'organisation de séquences temporelles de stimuli verbaux et non-verbaux, et provoque un développement atypique des processus cognitifs qui sont impliqués dans l'encodage et la représentation de patterns séquentiels (Conway et al., 2011).

Une autre hypothèse concerne la gestion des ressources attentionnelles et mnésiques. Cette gestion des ressources dépendrait en grande partie du centre exécutif selon le modèle de Baddeley (1986, 2000, 2003). Il est possible que le contrôle exécutif soit particulièrement sollicité dans les tâches d'empan de chiffres endroit ou envers chez les enfants sourds en raison de leurs difficultés de perception et de manipulation de l'information phonologique qui augmentent les demandes de ressources et la gestion entre différents processus. En outre, le retard dans la perception de la parole et du langage pourrait provoquer un retard dans le développement du contrôle exécutif (ou des fonctions exécutives), le langage servant de support au contrôle exécutif (Chevalier, 2010). Les compétences exécutives pourraient ainsi constituer une autre source de l'hétérogénéité observée dans les empans de MCT/MDT chez certains enfants présentant une surdité ou une expérience auditive dégradée après une implantation cochléaire (Pisoni, Conway, Kronenberger, Henning & Anaya, 2010 ; De Giacomo, Craig, D'Elia, Giagnotti, Matera, & Quaranta, 2013). Peu nombreuses sont encore les études portant sur les compétences exécutives des enfants sourds IC et elles divergent. Figueras, Edwards, & Langdon (2008) ont trouvé que les enfants avec un IC ou des aides auditives ont des scores moins élevés que des enfants normo-entendants dans plusieurs des composants du fonctionnement exécutif, comme l'inhibition, la planification, l'alternance, la mémoire de travail. D'autres études montrent que le composant exécutif de la MDT des enfants sourds semble être préservé (Harris, Pisoni, Kronenberger, Gao, Coffrey & Miyamoto, 2011 ; Pisoni & Cleary, 2003).

Les recherches ont pour la plupart négligé le caractère multimodal de la présentation des informations à mémoriser. La perception du langage parlé est déjà pour les enfants entendants un processus multi-sensoriel qui implique de centrer son attention et d'encoder les propriétés auditives du signal de parole mais aussi les aspects visuels de l'articulation de celui qui parle. La perception de la parole est également multimodale chez les enfants sourds avec IC. Par contre, cette multimodalité de la parole augmente après implantation ou suppose un changement des modalités sensorielles d'entrée. Plusieurs études conduites auprès d'enfants présentant une perte auditive et utilisant la lecture labiale ont montré,

d'une part, un bénéfice de la présentation audio-visuelle du langage et, d'autre part, la prépondérance de la modalité visuelle. D'autres études ont relevé que les enfants atteints de surdité pré-linguistique et munis d'un IC ont de meilleures performances dans la modalité audio-visuelle que dans la modalité audio seule, et démontrent ainsi un gain visuel (Lachs, Pisoni, & Kirk, 2001 ; Bergeson, Pisoni, & Davidson, 2003 ; Bergeson, Pisoni, & Davis, 2005). Il est possible que dans un contexte enrichi, le complément d'information apporté par le codage LPC (Langue Parlée Complétée) ou la LS (Langue des Signes) vienne suppléer les difficultés de perception du langage oral, réduisant ainsi la difficulté de la tâche de perception des stimuli entrants et diminuant les demandes de ressources attentionnelles et de contrôle (Berland, 2014 ; Leybaert, Bayard, Colin, LaSasso 2015). Au contraire, l'information apportée par le codage LPC ou la LS pourrait être source de compétition pour les ressources attentionnelles et mnésiques (Burkholder & Pisoni, 2003). L'augmentation du caractère multimodal de l'information entrante chez certains enfants sourds après l'implantation pourrait susciter des difficultés de gestion des différentes sources d'informations entrantes ou de gestion du déplacement d'une source vers une autre. Ces difficultés pourraient expliquer la variabilité observée dans les performances aux tâches d'empan MCT/MDT. A l'opposé, certains enfants sourds avec IC pourraient bénéficier de l'intégration sensorielle redondante (par exemple, auditive et visuelle ou auditive et manuelle-LPC).

Pisoni & Geers (2000) et Alloway (2007) soulignent qu'il est important d'étudier d'autres mesures verbales de la MDT et d'examiner un ensemble plus diversifié de mesures verbales et visuo-spatiales de MCT/MDT pour obtenir des profils plus robustes des habiletés de traitement de l'information de chaque enfant. Pisoni et ses collaborateurs ont donc étudié la nature de l'entrée sensorielle des informations à mémoriser et étudié l'effet de la multimodalité ou redondance de l'information sur le rappel immédiat dans l'ordre de stimuli présentés de façon visuo-spatiale et/ou verbale (Cleary, Pisoni, & Geers, 2001). Cette étude souligne d'une part que les enfants sourds IC obtiennent des scores de rappel immédiat d'une séquence d'*items* inférieurs à ceux des enfants normo-entendants, même lorsque l'entrée sensorielle est visuo-spatiale, et d'autre part que tous les enfants, même parmi ceux avec un mode de communication oral, ne bénéficient pas de la redondance des informations visuo-spatiales et sonores.

Les limites relevées dans les recherches antérieures ainsi que cette dernière recherche menée par Pisoni et son équipe ont été le point de départ de la recherche empirique que nous avons conduite. Nous nous sommes interrogées sur les capacités de rappels dans des tâches impliquant des traitements verbaux ou visuo-spatiaux des enfants sourds IC. Ces recherches antérieures ont en grande majorité étudié la mémoire à court terme d'une information verbale et en particulier l'empan de chiffres. Pourtant, la nature linguistique des

items à mémoriser fait qu'il est difficile de dissocier la contribution des processus linguistiques et des processus de mémoire immédiate aux faibles performances d'empan à court terme. La comparaison entre des empans portant sur une information linguistique et des empans portant sur une information visuo-spatiale devrait permettre de dissocier ces deux aspects et de déterminer si les faibles performances de certains enfants sourds avec IC proviennent de caractéristiques de traitement du langage qui viennent perturber l'encodage ou l'autorépétition dans les tâches de MCT/MDT, du maintien de l'ordre des *items*, ou encore de la gestion des ressources attentionnelles et mnésiques liée au contrôle exécutif. Par ailleurs, l'empan de chiffres est le plus souvent proposé dans une version verbale ce qui peut aussi susciter des difficultés de perception des *items*. Dans cet objectif, les *items* de la tâche de rappel à court terme dans l'ordre qui a été proposée aux enfants sourds de notre étude sont présentés sous une forme visuelle (imagée) et comportent des *items* dénommables (modalité verbale) ou nécessitant la localisation de points successifs (modalité visuo-spatiale).

L'analyse des scores de rappels dans ces deux modalités de présentation devait permettre de tester l'hypothèse de l'origine phonologique des faibles performances des enfants sourds avec IC par rapport à leurs pairs entendants. Par ailleurs, un examen des erreurs produites dans cette tâche d'empan (*items* et ordre) devait permettre d'étudier les supposées difficultés du maintien de l'ordre de la séquence à rappeler. Enfin, comme pour les mesures classiques d'empans simples, dans la tâche proposée en modalité verbale et visuo-spatiale, la longueur des listes augmente progressivement. L'analyse de l'effet de cette augmentation devait nous permettre d'étudier la capacité des enfants sourds avec IC à gérer les ressources attentionnelle et mnésique dépendantes en partie du Centre Exécutif (Baddeley, 1986).

Par ailleurs, comme vu précédemment, la pose d'un implant implique un accompagnement qui aide à l'intégration des modalités sonores et visuelles de la parole et ne dispense pas forcément d'utiliser des procédés d'enrichissement du message visuel pour faciliter les redondances entre informations auditives et visuelles (Leybaert & Colin, 2007). Cet effet de la présentation multimodale de la parole a été étudié dans notre étude dans trois conditions de contexte enrichi et ceci dans chaque modalité (verbale *versus* visuo-spatiale) : 1/ présentation visuelle des *items* à mémoriser accompagnés de l'étiquette verbale correspondante (son), 2/ présentation visuelle des *items* à mémoriser accompagnés de la lecture labiale et de la LPC ainsi que du son et 3/ présentation verbale auditive des *items* accompagnés de la lecture labiale et de la LPC. Ces contextes enrichis ont été comparés à la situation uni-modale correspondant à la présentation visuelle imagée unique des *items*, condition '*Items* seuls'.

Dans une première partie (chapitres 1 à 3), nous exposons les éléments ayant servi à la construction de la thèse. Le premier chapitre définit la surdité et présente en premier lieu les caractéristiques de la surdité chez l'enfant, d'un point de vue organique et fonctionnel. Cette présentation permettra de mieux comprendre les caractéristiques des enfants spécifiées dans les études conduites. Il s'intéresse ensuite aux modes de communication, en se centrant plus particulièrement sur la langue parlée complétée (LPC) comme aide à la réception du langage oral et à la réhabilitation de la surdité avec l'implant cochléaire. Il décrit également les aides techniques et en particulier l'IC ainsi que son fonctionnement.

Dans le deuxième chapitre, nous présentons une revue de la littérature (non exhaustive) des conséquences de la surdité sur le développement langagier et visuel de l'enfant sourd. Le point central est consacré à l'impact de l'implant cochléaire sur le langage, la perception et l'attention visuelle ainsi que l'impact de l'implant cochléaire en contexte enrichi sur ces deux aspects du développement.

Le troisième chapitre présente et discute les modèles théoriques choisis dans le cadre de notre étude empirique. Les particularités de la mémoire à court terme ou de travail des enfants sourds avec IC sont évoquées en nous appuyant sur les modèles de référence et éléments expliquant les performances de maintien temporaire de l'information, puis les effets du contexte enrichi sur le développement de la MCT/MDT.

La seconde partie présente les investigations empiriques réalisées ; elle est composée de quatre chapitres. Le premier (chapitre 4) présente la méthodologie employée : participants à l'étude, mode de recrutement, protocole expérimental, conduite des analyses et organisation de la présentation des résultats.

Les données concernant la MCT/MDT chez les quarante–deux enfants entendants impliqués dans l'étude sont présentées dans le chapitre 5. Elles ont permis de constituer un référentiel dans une perspective comparative. Le sixième chapitre compare les performances de rappel d'enfants sourds (N=14) à celles d'enfants normo-entendants appariés sur l'âge et le score au test d'aptitude non verbale de Naglieri (NNAT). Trois facteurs sont considérés : la nature de l'information à mémoriser (verbale ou visuo-spatiale), le maintien de l'ordre des *items*, et la gestion des ressources attentionnelles-mnésiques. Dans ces trois analyses est également étudié l'effet du contexte enrichi. Ces facteurs sont étudiés dans la condition uni-modale de présentation des *items* (*Items* seuls), puis dans les conditions multimodales ('*Items*+Son', '*Items*+LPC' et '*Items*+son+LPC').

Enfin, le septième chapitre porte sur une analyse des profils individuels des enfants sourds avec IC. Il comporte tout d'abord une analyse des profils des quatorze enfants sourds établis à partir de l'écart à la moyenne des quarante-deux enfants entendants. Il décrit ensuite

l'évolution des performances de rappel de quatre enfants sourds avec IC suivis de façon longitudinale. Il restitue ensuite les premiers résultats d'une analyse exploratoire des compétences exécutives de quatre enfants sourds mesurées avec des tâches exécutives classiques.

Le dernier chapitre est consacré à une discussion générale et nous suggérons des perspectives pour un travail ultérieur et notamment la conception de tâches exécutives adaptées à cette population.

La structure de la thèse est récapitulée dans le tableau 1.

Tableau 1 : Structure de la thèse

<table>
<tr><td colspan="3">Point de départ de la recherche : Compréhension des difficultés cognitives observées chez les enfants sourds implantés.</td></tr>
<tr><td rowspan="3" colspan="2">Synthèse des connaissances : surdité, développement cognitif de l'enfant sourd</td><td>Chapitre 1 : Caractéristiques de la surdité et modes de communication</td></tr>
<tr><td>Chapitre 2 : Développement du langage, de la perception et l'attention visuelle chez l'enfant sourd</td></tr>
<tr><td>Chapitre 3 : Développement de la MCT/MDT de l'enfant sourd avec IC</td></tr>
<tr><td rowspan="4">Les capacités de rappels dans des tâches impliquant des traitements verbaux ou visuo-spatiaux des enfants sourds IC en conditions uni-modales et multimodales</td><td rowspan="3">Enfants entendants et sourds avec IC</td><td>Chapitre 4 : Descriptif de l'étude</td></tr>
<tr><td>Chapitre 5 : Données concernant la MCT/MDT chez les enfants entendants</td></tr>
<tr><td>Chapitre 6 : Comparaison d'enfants sourds et entendants appariés sur l'âge et le score au NNAT</td></tr>
<tr><td>Enfants sourds avec IC</td><td>Chapitre 7 : Profils individuels des 14 enfants sourds avec IC</td></tr>
<tr><td colspan="3">Discussion, conclusion et perspectives</td></tr>
</table>

1ère partie

Surdité, développement cognitif de l'enfant sourd

« C'est seulement lorsqu'elle est soumise à un traitement théorique qu'une connaissance des faits devient une science. » Alexandre Koyré, *Etudes d'histoires de la pensée scientifique*, 1966.

Chapitre 1. Caractéristiques de la surdité et modes de communication

Résumé :

Ce chapitre présente, dans un premier temps, les caractéristiques de la surdité chez l'Homme d'un point de vue physiologique. Sont retenues principalement celles pouvant avoir un impact sur le niveau de langue des enfants sourds.

Dans une seconde partie, les deux modes de communication principalement utilisés par les enfants sourds sont introduits. Les caractéristiques linguistiques de la langue des signes française (LSF) et de la langue parlée complétée française (LPC) sont développées. La réhabilitation de la surdité profonde congénitale de l'enfant par l'implant cochléaire (IC) est ensuite abordée en s'attardant sur le fonctionnement de l'implant, les réglages, les préconisations et l'efficacité de celui-ci. Tous ces éléments constituent des paramètres importants pouvant influer sur la rééducation auditive et introduire une grande hétérogénéité au sein de la population d'enfants sourds avec IC, en termes de capacités et performances auditives.

La surdité est un état pathologique de l'audition caractérisée par une perception des sons significativement moindre que la normale. La déficience auditive se caractérise par la différence entre le niveau sonore normal (seuil normal d'audition) et le niveau minimum perçu par la personne sourde.

Il s'agit d'un handicap reconnu et qui donne droit à une prise en charge spécifique recommandée par la Haute Autorité de Santé. Ce handicap se définit selon trois dimensions (Guidetti & Tourette, 2002, 2014) :

- une dimension organique qui est définit la déficience par un examen clinique des organes ;
- une dimension fonctionnelle mesurée par l'incapacité qui résulte de la déficience organique à l'aide de tests tels que l'audiométrie tonale qui évalue la perte auditive ;
- une dimension sociale, qui correspond au handicap en tant que tel, c'est-à-dire le désavantage qu'implique la déficience, variable selon les exigences de la société et du milieu (accès à une langue des signes, à une langue orale, intégration à l'école, etc.).

Nous nous centrerons sur les deux premières dimensions.

.1 Classification des surdités, dimensions organique et fonctionnelle

Cette partie définit de manière générale ce qu'est la surdité par ses aspects physiologiques.

.1.1 Les degrés de surdité (légère à profonde)

Du point de vue physiologique, la surdité est une perte de sensibilité aux sons.

Deux dimensions caractérisent le son : la fréquence et l'intensité. La fréquence, basse pour les sons graves et élevée pour les sons aigus, est exprimée en Hertz (Hz). Seules certaines ondes acoustiques peuvent être perçues par l'oreille humaine : il s'agit des ondes dont la fréquence est comprise entre 20 Hz et 20000 Hz. L'intensité, quant à elle, est exprimée en Décibels (dB). Pour un repère général, rappelons qu'une conversation entre deux personnes atteint environ 20 à 35 décibels, le bruit d'un aspirateur 90 décibels le décollage d'un avion 120 décibels et au-delà le bruit est insupportable et douloureux (figure 1).

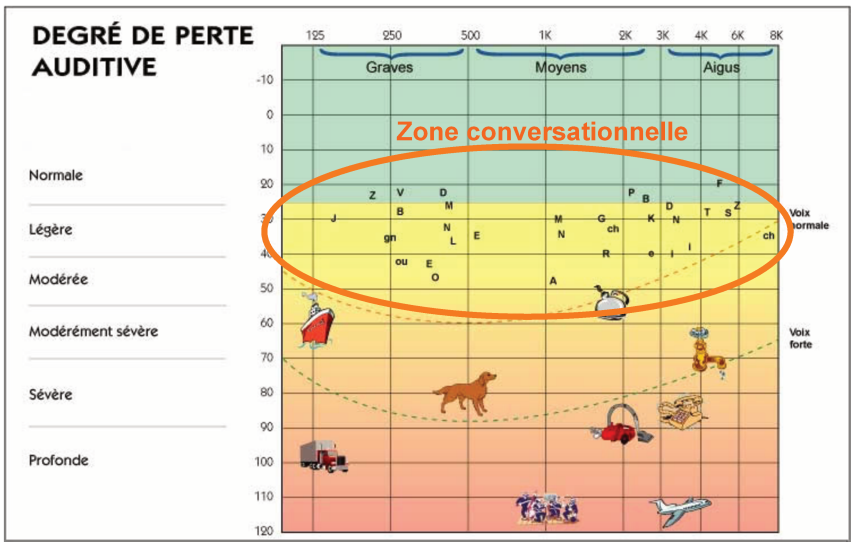


Figure 1 : La zone conversationnelle[1]

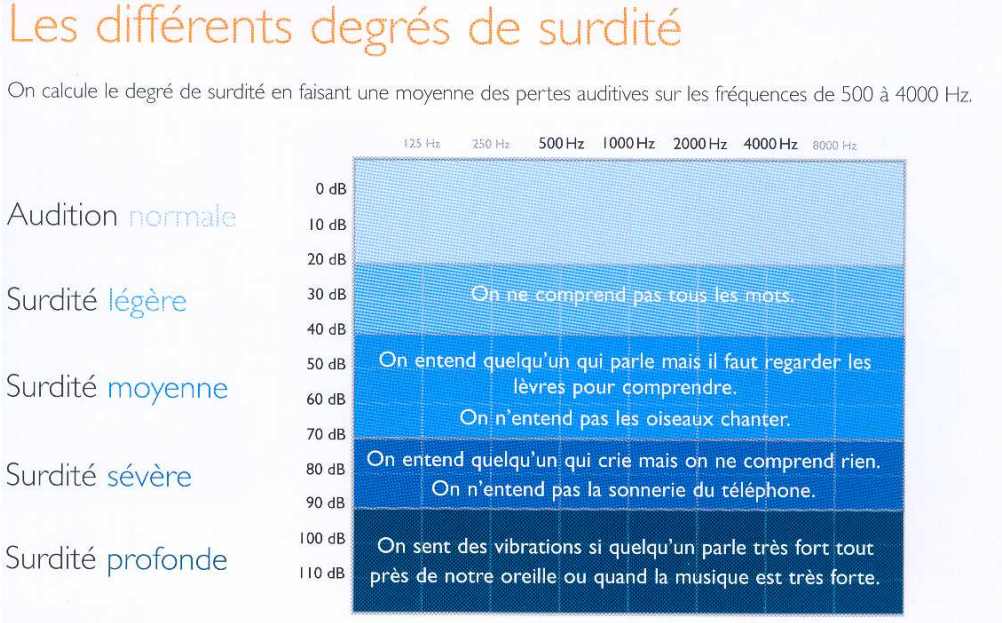
Il existe différents degrés pour exprimer la surdité, définis en fonction du niveau de la perte d'audition sur les fréquences conversationnelles (500, 1000, 2000 Hz).

L'audiométrie permet de classer les surdités en évaluant l'acuité auditive. Cette classification de la surdité se base sur la baisse quantitative de l'audition et ne prend pas en compte les modifications qualitatives de la perception auditive (distorsion des sons). La sévérité du trouble de l'audition varie depuis les difficultés occasionnelles de perception de la parole (une perte de sensibilité de 41 à 55 dB entre 500 et 2000 Hz), jusqu'à l'incapacité d'entendre quoi que ce soit (une chute de 90 dB entre 500 et 2000 Hz). Cette évaluation permet d'envisager le retentissement de la surdité sur le plan de la communication orale. Par exemple, les

[1] Illustration issue du diaporama du Dr Boutalbi, CHU Bejaïa en Algérie « Diagnostics des surdités »

surdités congénitales et prélinguales, lorsqu'elles sont bilatérales et de niveau sévère à profond, interfèrent avec le développement linguistique. Elles limitent de fait l'accès aux codes linguistiques, empêchent la catégorisation du discours, ne permettent pas le *feedback* auditif et diminuent l'exposition aux modèles linguistiques de l'environnement. Le tableau 2 résume les différentes déficiences auditives.

Tableau 2 : Classification audiométrique des déficiences auditives[2]



.1.2 La nature de la surdité (types de surdité)

La déficience auditive peut aussi se classer selon la localisation de l'altération. Ainsi sont distinguées les déficiences auditives de transmission et les déficiences auditives de perception selon la classification clinique (Virole, 2006).

[2] C'est quoi la surdité ?, ACFOS, 2ième édition, 2008

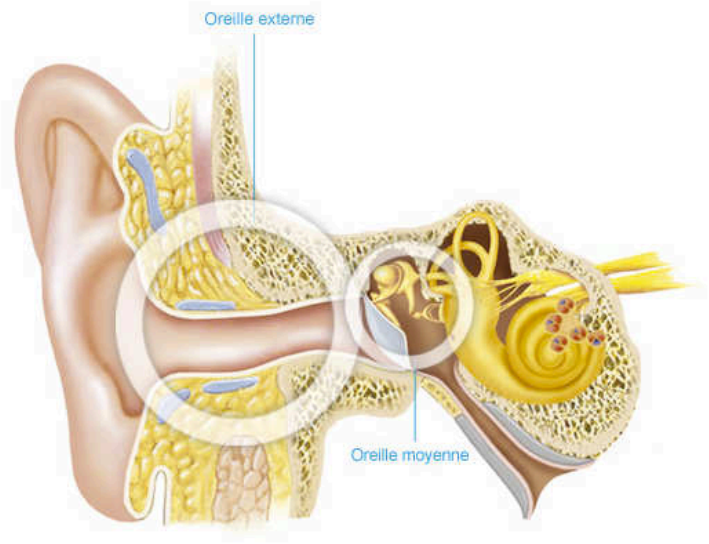


Figure 2 : Surdité de transmission[3]

La surdité de transmission résulte (figure 2) d'une déficience au niveau de l'oreille externe ou de l'oreille moyenne. Il s'agit d'un blocage de l'information sonore, majoritairement lié à un obstacle, soit au niveau de l'oreille externe (conduit auditif externe), soit au niveau de l'oreille moyenne, c'est-à-dire le tympan ou les trois osselets. Diverses causes peuvent ainsi empêcher la progression du signal sonore jusqu'à l'oreille interne : bouchon de cérumen, corps étranger, otites chroniques, otospongiose (calcification qui réduit le mouvement de l'étrier). L'oreille interne est, quant à elle, intacte et perçoit une vibration sonore transmise par voie osseuse (la mesure de l'audition met en évidence une baisse de la conduction aérienne alors que la conduction osseuse est normale). La perte auditive varie de 20 décibels pour un bouchon de cérumen à 60 décibels pour une malformation de l'oreille externe ou de l'oreille moyenne (Virole, 2006). Ce dernier type de surdité est toujours partiel et n'entraîne jamais de surdité très importante. Cela suffit pourtant à gêner considérablement la vie sociale ou professionnelle de la personne atteinte de perte auditive. Les patients sont traités par voie médicamenteuse ou chirurgicale et dans certains cas cette déficience peut être temporaire.

[3] Illustration empruntée au site internet de Neurelec

La surdité de perception (figure 3) résulte d'une déficience au niveau de l'oreille interne ou des voies nerveuses. Dans les deux cas, la transmission de l'information sonore par le tympan et les osselets jusqu'à l'oreille interne est bonne.

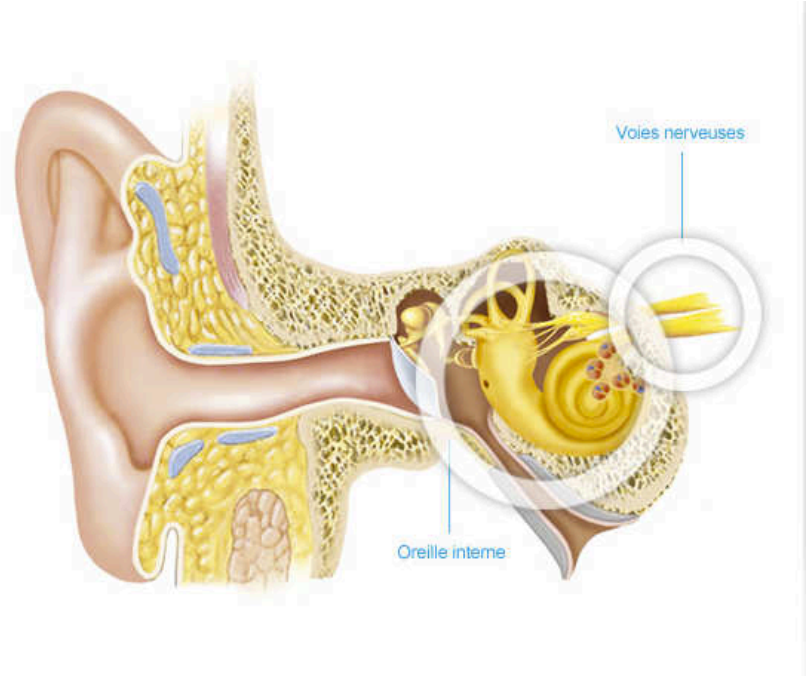


Figure 3 : Surdité de perception ou neurosensorielle[4]

Selon le lieu de dysfonctionnement, on parle d'une surdité de perception cochléaire ou rétro-cochléaire. Dans la surdité de perception cochléaire ou neurosensorielle, une partie des cellules sensorielles de l'oreille interne (cellules ciliées) est déficiente ; la cochlée ne peut plus transformer l'information sonore qu'elle reçoit de l'oreille moyenne en impulsions nerveuses véhiculées par le nerf auditif jusqu'au cerveau. Dans certains cas de surdité partielle, la perte auditive est localisée dans les fréquences aigues. Seules les cellules ciliées situées à la base de la cochlée sont alors endommagées et une stimulation combinée électrique et acoustique s'avère être une solution. Dans la surdité rétro cochléaire, le nerf auditif est atteint. Le traitement de l'information est effectué correctement par l'oreille interne mais le nerf auditif est incapable de transmettre les impulsions nerveuses jusqu'au cerveau.

La surdité de perception peut être due à une anomalie génétique, à une maladie acquise pendant la grossesse (rubéole, toxoplasmose, cytomégalovirus) ou lors de l'accouchement (prématurité, anoxie, etc.), aux méningites, aux oreillons, à un traumatisme acoustique et à

[4] Illustration empruntée au site internet de Neurelec

certains médicaments ototoxiques. Elle se caractérise par une perte en intensité (de 20 dB à 100 dB et plus) et par une perte de définition du son (problème de distorsion et de discrimination) (Virole, 2006). Les surdités de perception peuvent être évolutives et sont généralement définitives. Cependant, le recours à une aide auditive est indiqué pour de nombreuses personnes souffrant de surdité de perception légère à sévère. Les effets de distorsion de la sensation auditive limitent la portée réelle des appareillages audioprothétiques, car ceux-ci ne restituent jamais une audition normale (Lepot-Froment & Clerebaut, 1996). A partir d'une surdité de perception sévère (type II), et lorsque l'aide auditive n'apporte pas suffisamment d'intelligibilité, l'implant cochléaire est recommandé.

La surdité de perception ou neurosensorielle est le type de surdité le plus commun. Il affecte environ 0,5% de la population infantile (ANDEM, 1994 ; Guidetti & Tourette, 2002 ; Rosenzweig Leiman & Breedlove, 1998). Chez l'enfant, plus de la moitié des surdités de perception a une origine génétique (50 à 60 %) et 10% de ces surdités ont une origine indéterminée (ANDEM, 1994 ; Guidetti & Tourette, 2002). La surdité permanente néonatale est le déficit sensoriel le plus fréquent, sa prévalence est estimée à au moins 1 pour 1000 naissances (HAS, 2007).

.1.3 Etiologie et niveau de langage atteint

Une grande variabilité dans le développement psychologique des enfants sourds est observée. Celle-ci est expliquée par l'hétérogénéité qui existe au sein de la population, en termes de capacités et performances auditives, mais aussi selon des critères non auditifs tels que l'étiologie de la déficience et l'association éventuelle avec d'autres handicaps.

Il s'avère que l'étiologie de la surdité a un impact sur le niveau de langage atteint par les enfants sourds implantés cochléaires.

- Surdités génétiques

Entre 50 et 60% des surdités profondes de l'enfant sont d'origine génétique (les autres étant acquises en pré-, péri- ou post-natal). La grande majorité (deux tiers), des surdités sont dites non-syndromiques ou isolées, c'est-à-dire que le déficit auditif est le seul signe clinique observé, le dernier tiers étant syndromique[5], c'est-à-dire associées à un ou plusieurs autres symptômes cliniques (Mondain, Blachet, Venail & Vieu, 2005).

[5] Plus de 500 syndromes ont été décrits et plus de 100 gènes ont été identifiés à ce jour.

Chez l'enfant, il y a un gène très important, majoritaire que l'on a découvert en 1999, qui est le gène de la connexine 26[6]. Une anomalie du gène codant pour la connexine 26, protéine impliquée dans le recyclage du potassium dans l'oreille interne, est responsable d'une grande partie des surdités à la naissance. Cette mutation des gènes correspond à l'étiologie la plus fréquente des surdités de perception génétiques non syndromiques. Cette étiologie entraîne une surdité sans malformation cochléaire et sans trouble cognitif, et elle est de bon pronostic pour les résultats de l'implant cochléaire. En effet, il a été montré dans plusieurs études que les enfants sourds implantés, positifs à la recherche de la mutation de la connexine 26, obtenaient de meilleurs résultats en compréhension et production du langage que les enfants porteurs d'une surdité d'étiologie inconnue et sans mutation de la connexine 26 (Vivero, Fan, Angeli, Balkany & Liu, 2010).

Les enfants porteurs de surdités syndromiques bénéficient eux aussi de la réhabilitation par implant cochléaire, avec cependant des résultats qui dépendent du type de troubles associés. Les performances langagières des enfants porteurs d'une surdité syndromique, quatre à cinq ans après leur implantation cochléaire, restent inférieures à celles des enfants sourds dont l'étiologie est génétique, isolée ou inconnue (Rajput, Brown & Bamiou, 2003). Dans le contexte poly-malformatif du syndrome CHARGE[7], l'acquisition du langage dépend non seulement de la réhabilitation auditive, mais aussi de la sévérité des troubles buccaux faciaux et du développement global. Cependant, « les perspectives d'accès au langage oral justifient de considérer la possibilité de l'implantation cochléaire» (Lina-Granade, Porot, Jonas, Froechlich & Truy, 2006).

- Surdités dues à un virus

Les surdités congénitales d'origine virale sont dues à une infection contractée par le foetus. Parmi elles, l'infection à cytomégalovirus (CMV) entraîne une encéphalopathie qui peut interférer avec l'apprentissage du langage (Mondain et al., 2005). Plusieurs études s'intéressant au langage des enfants sourds implantés cochléaires, d'étiologie à CMV, montrent que ceux-ci progressent plus lentement dans la première année (Yoshida, Kanda, Takahashi, Miyamoto, Yamamoto & Kumagami, 2009) qu'il existe une dissociation entre

[6] La connexine 26, abrégé couramment CX 26, est une protéine transmembranaire dont le déficit donne l'une des formes les plus fréquentes de surdité d'origine génétique. Son gène est le *GJB2* (« gap junction bêta 2 ») situé sur le chromosome 13 humain.

[7] Le syndrome CHARGE est une maladie génétique rare qui associe des malformations et des déficits neuro-sensoriels (vue, ouïe, odorat, équilibre). L'acronyme "CHARGE" résume en anglais les principales anomalies : *Coloboma* (colobome qui est une malformation de l'œil), *Heart defects* (malformation cardiaque), *Atresia choanae* (Atrésie des choanes, c'est-à-dire de la partie arrière des fosses nasales), *Retardation of growth and development* (retard de croissance et de développement psychomoteur), *Genitourinary problems* (problèmes génito-urinaires), *Ear abnormalities* (anomalies de l'oreille).

résultats perceptifs, rapidement satisfaisants, et résultats en compréhension/production du langage, plus longs à obtenir, et enfin que l'existence de lésions à l'IRM est un facteur de mauvais pronostic (Loundon, Gaillart & Garabédian, 2006).
Les surdités méningitiques pouvant associer un caractère évolutif, une ossification cochléaire compliquant l'implantation cochléaire, et une atteinte neuronale entraînant de possibles séquelles cognitives ou motrices, le pronostic langagier en est également variable.

En résumé, les enfants présentant une surdité d'étiologie génétique liée à la connexine 26 obtiennent de meilleurs résultats langagiers que ceux avec une surdité dont l'étiologie est différente. Par ailleurs, les enfants avec une surdité évolutive, de par une meilleure exposition précoce au monde sonore et au langage que les enfants sourds profonds congénitaux, auraient de meilleurs résultats lors des bilans post-implant. De plus, les enfants sourds sévères à profonds de premier degré (qui ont donc bénéficié d'une réhabilitation auditive par prothèses externes non négligeable) ont de meilleurs résultats post-implant que les enfants sourds profonds de deuxième et troisième degrés (Artières, Vieu, Mondain, Uziel & Venail, 2009).

.1.4 L'âge d'apparition de la surdité

La surdité a d'autant plus de répercussions qu'elle survient tôt. Les surdités les plus graves sont les surdités survenant avant l'âge de deux ans. En effet, les acquisitions précoces indispensables au développement ultérieur du langage ne se font pas correctement, et ne pourront plus se faire, selon certains chercheurs, si la surdité n'est pas rapidement corrigée. Si la surdité survient après deux ans, le cerveau de l'enfant a déjà mis en place des mécanismes de base du langage. Le développement du langage va stagner au stade que l'enfant avait atteint avant la surdité et une prise en charge permettra plus aisément la poursuite de son développement (Lina-Granade & Truy, 2005).
Trois moments d'apparition de la déficience auditive sont distingués (tableau 3):
- Surdité prélinguale : avant le développement du langage oral.
- Surdité périlinguale : pendant le développement du langage oral, entre deux et quatre ans.
Les conséquences d'une déficience auditive survenue durant le premier âge, prélinguale et périlinguale sont telles que le langage ne peut se développer de manière naturelle sur la base de l'audition. Le développement du langage oral reste généralement très limité et le niveau de grammaire et syntaxe faible.
- Surdité postlinguale : après le développement du langage oral, après quatre ans.

La surdité est survenue après l'acquisition du langage oral de manière naturelle, par voie auditive. Les enfants à ce stade possèdent des compétences langagières normales mais une communication spontanée et naturelle reste difficile par la suite.

Tableau 3 : Catégories de surdité selon l'âge d'apparition[8]

Dès la naissance	Surdité congénitale	Accès au langage limité et difficile malgré la réhabilitation
Avant 2 ans	Surdité prélinguale	
Entre 2 et 4 ans	Surdité périlinguale	Accès au langage limité et difficile malgré la réhabilitation
Après 4 ans	Surdité postlinguale	Régression réversible du langage
		Stagnation réversible du langage

Tout comme c'est le cas chez l'enfant entendant, il existe pour les enfants sourds une période critique au-delà de laquelle, toute tentative d'entrée dans une langue crée un retard inéluctable dans les apprentissages (Hage, 2005). Cette période critique est la période dans laquelle un individu doit être exposé aux interactions langagières afin d'acquérir une compétence linguistique. Elle concerne les deux premières années de vie pour l'acquisition du langage parlé caractérisées par une importante plasticité cérébrale et de larges capacités d'apprentissage. Les surdités survenant avant l'âge de deux ans sont considérées comme les plus graves, car sans une prise en charge précoce de celles-ci, les acquisitions indispensables au développement ultérieur du langage ne pourront pas se faire correctement (Lina-Granade & Truy, 2005).Toutefois, il s'avère que la vitesse de progression du langage ultérieur des enfants qui ont perdu l'audition vers trois ans, trois ans et demi, et qui ont donc déjà mis en place les mécanismes de base du langage, ne se distinguent pas des enfants nés sourds ou qui le sont devenus au cours des deux premières années de vie (Lina-Granade & Truy, 2005). Ainsi, l'âge de quatre ans est aujourd'hui jugé, par la plupart des spécialistes, comme un âge critique auquel peut être fixée la limite entre surdité pré- et post-linguale (Virole, 2006).

.2 Modes de communication et aides techniques

La surdité est avant tout un handicap de la communication. L'enfant déficient auditif est coupé du monde sonore et ainsi des informations liées à ce canal.

[8] Lina-Granade & Truy, 2005

L'éducation et l'intégration scolaire des enfants sourds sont depuis longtemps des questions polémiques. Au cours de l'histoire (annexe 1), les points de vue concernant un choix de mode de communication se sont souvent radicalisés allant jusqu'à l'opposition. L'exclusion qu'a subie la langue des signes française (LSF) suite au congrès de Milan en 1880 (interdiction de la LSF dans l'enseignement des sourds) a provoqué des réactions vives de la part de certaines personnes sourdes. La surdité profonde est vécue comme une appartenance à un groupe social et culturel et non comme un handicap (Lopez Krahe, 2007). Par principe, cette communauté minoritaire refuse toute technologie qui pourrait séparer les enfants de leur groupe d'appartenance. Dans les années 1990, elle s'est ainsi opposée au développement de l'implant cochléaire (IC). Elle voit dans l'implantation une poursuite de l'interdit de la langue des signes, une menace pour la culture Sourde et, au final, une extermination des Sourds (Cajal, 2013).

En parallèle, le ministère de la santé en 1977, a autorisé l'usage de la LSF dans l'enseignement des jeunes sourds et, en 1984, a été créée la première classe bilingue. Depuis 1991 (Loi Fabius), chaque famille a le droit de choisir le mode d'éducation scolaire de son enfant sourd : le français oral (lecture labiale et /ou la langue parlée complétée LPC) et écrit ou la LSF associée au français (bilinguisme).

En 1993, le comité consultatif national d'éthique, saisi par l'association « *Sourds en colère* », souligne l'importance d'une relation existant entre les parents et l'enfant avant toute décision d'implantation et recommande l'apprentissage de la langue des signes pour favoriser l'expression du ressenti de l'enfant. Une bonne relation entre l'enfant et ses parents permet, en effet, une meilleure réussite de l'implant (Cajal, 2013). Actuellement, les résultats obtenus par l'IC, l'évolution des technologies, la reconnaissance de la LSF par des linguistes et la réflexion autour des questions éthiques contribuent à calmer les tensions (Lopez Krahe, 2007).

.2.1 Les langues et/ou langages

Cette partie s'attache, dans un premier temps, à décrire et à expliquer les deux modes de communication couramment utilisés par l'enfant sourd profond. Dans un second temps, elle aborde de manière plus particulière la réhabilitation de la surdité profonde congénitale de l'enfant par l'implant cochléaire.

.2.1.1 La langue des signes française : LSF/ Le français signé

La Langue des Signes Française (LSF) est la langue utilisée par la communauté sourde en France. Cette langue repose sur le canal visuel. Ses caractéristiques linguistiques montrent qu'il s'agit d'une langue véritable (Rondal, Henrot & Charlier, 1986).

Seuls 5% des enfants sourds ont des parents Sourds signeurs et ont accès à une langue dès leur plus jeune âge, de façon comparable aux enfants entendants. Les 95% d'enfants sourds restants naissent de parents entendants (Courtin, Limousin & Morgenstern, 2010). Dans ce cas, l'enfant n'a pas d'accès aisé à une langue puisqu'il n'entend pas la langue de ses parents et ceux-ci ne connaissent pas la LSF. La première réponse des parents entendants est très souvent de trouver comment améliorer la perception auditive de leur enfant ; ce n'est qu'après plusieurs échecs à développer les capacités audio phonatoires que l'apprentissage de la LSF est envisagé. Ainsi, à côté des enfants signeurs natifs car nés de parents Sourds, il existe de nombreux enfants sourds dont la durée d'exposition à la LSF est très variable. Du fait de cette grande hétérogénéité face à l'accès de la LSF, de nombreux chercheurs ont tenté d'évaluer les effets de l'âge d'exposition à la langue signée sur le développement du langage oral et écrit.

Les enfants sourds nés de parents sourds développent naturellement la langue signée, selon les mêmes étapes que celles du développement du langage oral (Ducharme & Mayberry, 2005). Concernant, la grande majorité des enfants sourds naissant dans des familles d'entendants, la communication signée utilisée par les parents entendants généralement non experts en langue des signes peut ne pas constituer une entrée suffisamment structurée, au niveau grammatical, pour alimenter le développement de la spécialisation hémisphérique (Leybaert & D'Hondt, 2005).

Les parents entendants pratiquent d'ailleurs davantage le français signé que la langue des signes. Dans ce cas, le signe est utilisé uniquement comme soutien à la production orale, en respectant la structure syntaxique de la langue orale. L'utilisation du signe peut aider à pallier l'insuffisance de l'information auditive perçue en aidant l'enfant sourd à entrer dans la communication et la symbolisation. Cependant, l'entrée langagière ainsi fournie donne des informations incomplètes sur la structure de chacune des deux langues : tandis que la structure syntaxique de la langue signée n'est pas respectée, celle de la langue orale n'est pas accessible visuellement (Charlier & Hage, 2003).

Mayberry (1993, 2007) a pu mettre en évidence des effets importants et robustes de l'âge d'exposition à l'ASL (*American Sign Language*) chez des adultes évalués même en gardant constant le nombre d'années de communication en ASL. Ces effets s'observent au niveau grammatical en compréhension et en production. Les recherches menées par Emmorey et ses collègues (Emmorey 1991; Emmorey, Corina & Bellugi, 1995) vont dans le même sens.

Elles montrent que les signeurs natifs reconnaissent les stimuli (identifier dans une phrase un stimulus qui peut être correct ou non grammaticalement) correctement et plus rapidement que le signeurs tardifs. La même chose est observée pour la reconnaissance lexicale. Les signeurs natifs sont à la fois sensibles aux erreurs dans l'accord des verbes et l'aspect alors que les signeurs précoces et les signeurs tardifs ne sont sensibles qu'aux erreurs dans l'aspect morphologique (Emmorey, 2002). Les recherches de *Newport* (1984, 1990, 1999) montrent elles aussi que l'âge d'acquisition prédit les performances en compréhension et en production de l'ASL, au plan morphologique.

.2.1.1.1 Les signes

La langue des signes est une langue vivante. Comme les langues parlées, elle s'organise en phrases et possède un vocabulaire riche et complexe. Chaque pays a une langue des signes qui lui est propre : c'est ainsi qu'en France on parle de langue des signes française (LSF). Elle permet la transmission de savoirs, d'où sa légitimité éducative.

La LSF est en évolution constante. En effet, le lexique des signes s'enrichit encore aujourd'hui. Au fur et à mesure que le monde des sourds découvre et accède à des milieux spécialisés (milieu étudiant ou professionnel), le besoin de créer de nouveaux signes se fait ressentir. (Source : *La surdité de l'enfant. Guide pratique à l'usage des parents*. Editions Inpes. Fondation de France. 2005)

La LSF possède sa propre syntaxe/grammaire, qui est liée à la perception visuelle, puisque cette langue s'appuie sur le système visuel contrairement à la langue orale qui fait usage du système auditif. La grammaire de la langue des signes n'est pas identique à celle du français. Ainsi, la place des mots dans la phrase n'est pas la même. La grammaire de la LSF est construite « en 3D». Les signes sont basés sur l'utilisation des mains, du regard et de l'espace : les configurations des mains, leur emplacement, leur orientation et leur mouvement forment des signes qui équivalent à des mots, disposés devant soi comme sur une scène de théâtre. La disposition de ces signes, ainsi que la direction du regard, permettent de visualiser les relations (actif, passif…), le temps (signes tournés vers l'arrière pour le passé, vers l'avant pour le futur). Le visage et le mouvement des épaules servent aussi à exprimer les nuances et les modalités du discours (croyance, doute, certitude…). Il est possible d'exprimer plusieurs idées simultanément, ce qui la différencie de l'organisation des phrases en français qui est linéaire.

Par exemple : Une personne entendante va dire : «Demain, il n'y aura pas de travail au bureau» dans cet ordre. Alors qu'une personne sourde va signer sur la ligne du temps

«demain» puis signer le mot «bureau» et finir pas le fait qu'il n'y aura pas de travail en utilisant les intensifs du visage et des gestes (figure 4).

Figure 4 : Exemple de phrase en LSF [9]

Le français signé est l'utilisation de signes de la LSF ordonnés selon la syntaxe linéaire de la langue française. Ce compromis naît de la nécessité de communiquer ; il est utilisé par des entendants de langue maternelle française qui ont d'ailleurs parfois une bonne connaissance des signes mais ne maîtrisent pas la syntaxe de la LSF.

.2.1.1.2 La dactylologie : un alphabet en signes

L 'alphabet, système de signe graphique, a son équivalent en signes : c'est la dactylologie, ou alphabet manuel. C'est la transcription en signes gestuels de l'alphabet des langues écrites (figure 5) (source : surdi info, site internet).

Née au XVIème siècle, la dactylologie connaît essentiellement deux usages. D'une part dans le cadre pédagogique (enseignement des langues vocales/écrites), et d'autre part, dans le cadre de la langue des signes, elle permet d'épeler les noms propres, quand un signe n'est pas encore créé ou n'est pas connu pour désigner une personne ou un lieu. Dans les conversations courantes entre sourds signants, elle est relativement peu utilisée : elle n'est pas liée à la structure interne de la langue des signes et n'est pas nécessaire pour une expression en langue des signes. La dactylologie peut servir aux personnes qui apprennent la langue des signes et qui n'ont pas encore un large vocabulaire : par l'épellation qu'elle permet, elle offre la possibilité de compléter un message.

[9] La LSF mode d'emploi : Monica Companys (2003)

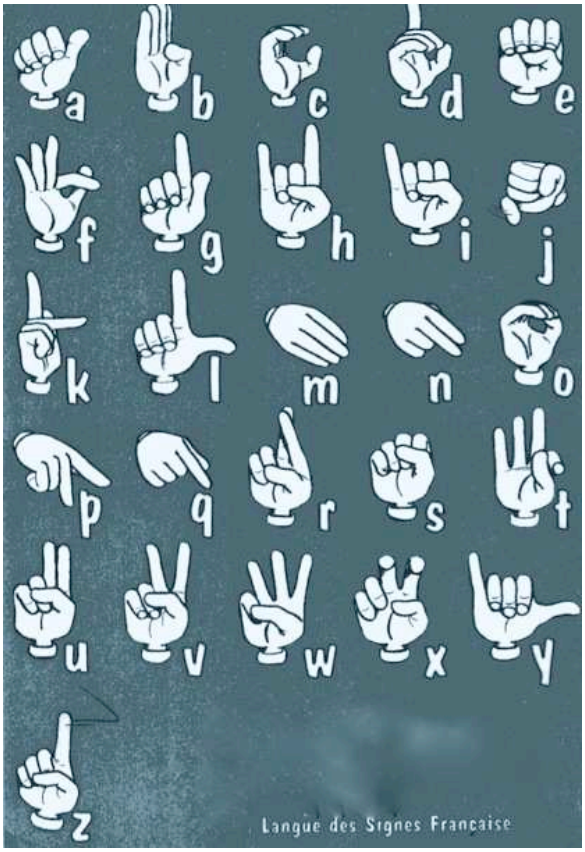


Figure 5 : Dactylologie de la LSF[10]

.2.1.2 La langue française parlée complétée : LPC

Après avoir présenté le code LPC, nous aborderons l'apport de l'apprentissage de la LPC sur la perception de la parole.

.2.1.2.1 Le code LPC

Mis au point par Cornett, en 1967, le code LPC ou Langue française Parlée Complétée est un système manuo-visuel permettant de lever les ambiguïtés de la lecture labiale au plan phonologique. C'est ce qui en fait sa pertinence. La version française comporte ainsi huit configurations de la main, ou clés, exécutées en cinq positions proches de la bouche (figure 6). Le principe du système étant que des groupes de consonnes proches sur le plan de la lecture labiale, par exemple /l, p, b, m/, sont accompagnés de clés différentes. Les voyelles proches en lecture labiale sont associées à des positions de la main différentes. A l'inverse, une même clé (ou position) désigne un groupe de consonnes (ou de voyelles) faciles à discriminer les unes des autres en lecture labiale, comme par exemple les consonnes /f, t,

[10] Source : «Edition Monica Companys», Angers

m/ comportant la même clé, de même pour les voyelles où la position est la même. L'intérêt ici étant qu'un geste unique, clé ou position, donne des informations relatives à une syllabe.

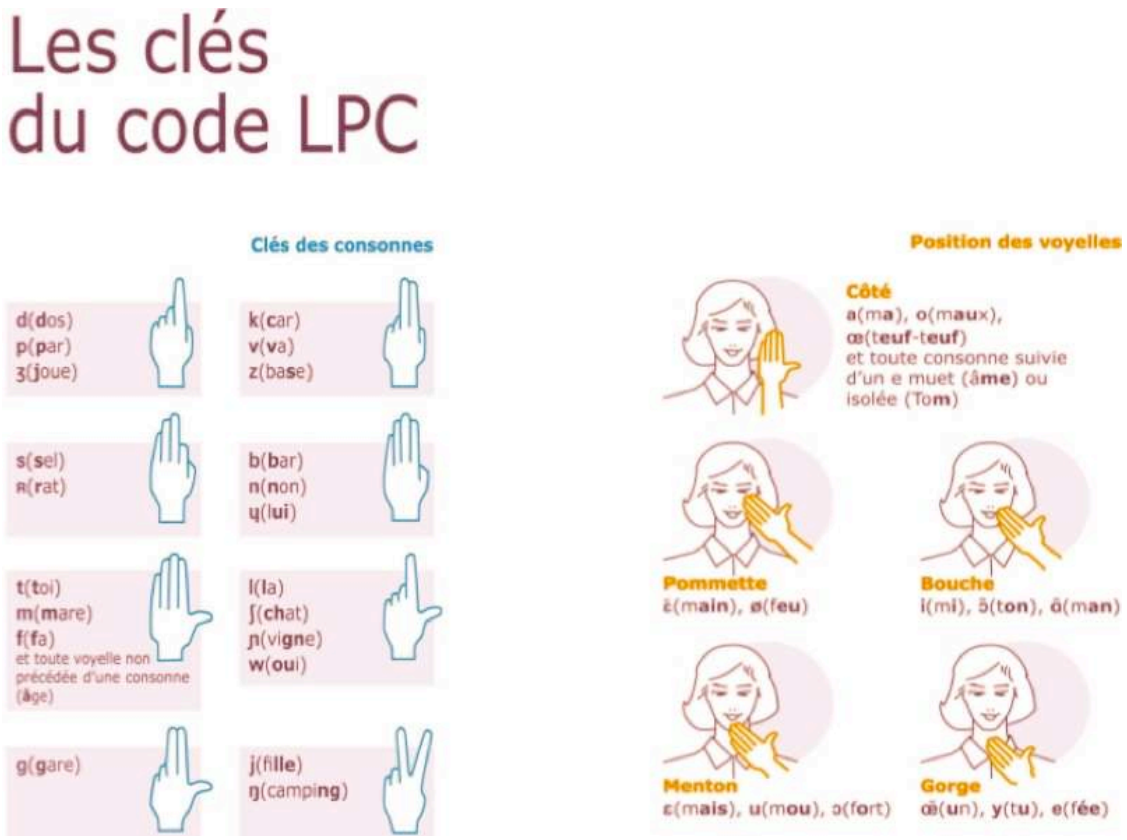


Figure 6 : Le code LPC, Configurations des consonnes et positions des voyelles[11]

.2.1.2.2 Apport de la LPC sur la perception de la parole

Nicholls & Ling (1982) ont cherché à savoir si le *Cued Speech* (CS : équivalent de la LPC pour la langue anglaise) améliorait la qualité du message oral, auprès d'un groupe de 18 jeunes australiens sourds âgés de neuf à seize ans utilisant le code à l'école depuis une dizaine d'années. La tâche consistait à identifier soit la consonne dans une syllabe sans signification CV ou VC, soit le dernier mot d'une phrase. Les stimuli étaient présentés soit en version lecture labiale (LL) seule, soit en LL avec LPC. Les résultats ont montré des améliorations grâce à la LPC. Dans une étude analogue, Charlier, Hage, Alegria & Périer (1990) ont examiné cinquante-cinq jeunes sourds âgés de cinq ans et onze mois à seize ans et un mois (moyenne 10 ;7 ans) connaissant la LPC, quatorze d'entre eux utilisant le code à la maison de façon précoce, les autres le pratiquant exclusivement à l'école et de façon tardive. Les résultats montrent, ici aussi, des améliorations significatives grâce à la LPC, l'amélioration du groupe «école» (37%) étant moins importante que celle du groupe

[11] Source : ALPC « Association nationale pour la promotion et le développement de la Langue française Parlée »

«maison» (39%) en version LL seule, tandis que la LPC faisait passer ces valeurs à 53% pour le groupe « école » et 72% pour le groupe «maison». Dans une autre expérience, Alegria, Charlier & Mattys (1999) ont soumis des jeunes sourds appartenant à des groupes «maison» (âge moyen 8 ; 6) et « école » (âge moyen 12 ; 1) et appariés du point de vue de la durée d'exposition à la LPC, à une tâche d'identification de mots et de pseudo-mots présentés en LL avec ou sans LPC. Les résultats font ressortir, là encore, des améliorations de performance dues à la LPC dans les deux groupes. L'amélioration est plus probante dans le groupe «maison». Par ailleurs, la différence entre groupes est particulièrement prononcée dans la condition pseudo-mots (18% à 59% de réponses correctes dans le groupe «maison» et de 8 à 24% dans le groupe «école»). Ces résultats suggèrent une plus grande efficacité pour le traitement de l'information phonologique brute (sans appui lexical permettant de réduire certaines incertitudes) dans le groupe LPC «maison».

Attina (2005), Gibert (2006) et Aboutabit (2007) ont étudié précisément la coordination des gestes manuels et orofaciaux au cours de la production de parole. Les résultats obtenus en production de la LPC par des codeurs professionnels remettent en question la vision classique du code LPC. En effet, on pouvait penser que le code LPC constituerait un complément manuel à la lecture labiale, et que l'information labiale est première (disponible avant ou en même temps) par rapport à l'information manuelle. Or, leurs études montrent qu'en production, la main était, contrairement à ce qu'on pouvait imaginer, en avance sur les lèvres chez les codeurs experts. L'anticipation de la main sur les lèvres donne donc un rôle inattendu au mouvement des lèvres dans la mesure où le geste labial viendrait désambiguïser le geste manuel.

La perception de la LPC implique un processus d'intégration entre deux stimuli visuels, les mouvements des lèvres et des mains. Ce processus d'intégration est flexible, modulé à la fois par l'expertise du participant, le statut auditif, et par la saillance perceptive des informations lues sur les lèvres. Quand le récepteur est «expert» (comme pour les participants sourds experts), l'intégration conduirait à un percept unitaire, même en cas d'incompatibilité entre l'information des lèvres et l'information de la main. Des expériences montrent que des adultes sourds experts en LPC ne peuvent s'empêcher de tenir compte à la fois de l'information labiale et de l'information manuelle. La visibilité de l'information labiale peut également changer la manière dont les deux types d'informations sont pris en compte. En effet, le poids des informations manuelles augmente lorsque l'information labiale est ambiguë. L'ensemble de ces données donne à penser que la perception visuelle de la LPC est un processus dynamique complexe, qui dépend du niveau d'activation provoqué par l'entrée labiale, l'entrée manuelle, et de l'état du récepteur (Leybaert, Bayard, Huyse & Colin, 2012).

Ces données récentes suggèrent que l'importance de chaque information reçue est dépendante du niveau d'expertise du récepteur. Plus le récepteur serait expert en LPC, plus l'information manuelle serait traitée. Ainsi, les enfants sourds exposés de manière tardive au LPC extrairaient prioritairement les informations labiales. Les informations labiales et manuelles auraient le même poids pour les enfants sourds exposés précocement à la LPC (Alegria et Lechat, 2005). Les analyses de Leybaert et al., Colin (2012) auprès de huit adultes sourds d'âge moyen dix-huit ans et neuf mois révèlent un lien entre l'expertise et l'attention portée à la clé. Les naïfs au LPC ignorent l'information manuelle (non pertinente) et se focalisent quasi exclusivement sur les lèvres. Les débutants, en dépit de l'avance de la clé (Attina, 2005), se focalisent en premier sur les lèvres. Ils portent également attention à la clé mais dans une proportion plus faible qu'aux lèvres. Dans le groupe expert le temps de fixation sur les informations labiales et manuelles est équivalent. Les participants se focalisent en premier sur l'une ou l'autre information et, pour les combiner, ils effectuent des allers retours entre la zone lèvre et la zone main. Les résultats sont semblables pour une population normo entendante (experte, débutante ou naïve à la LPC) (Bayard, Leybaert, Tilmant & Colin, 2012).

Il est intéressant aussi d'examiner comment l'information auditive et les informations visuelles des lèvres et des mains peuvent être intégrées par des personnes sourdes et entendantes.

L'intégration des signaux délivrés par la clé (code), les lèvres, et l'information acoustique révèle que la clé LPC a un réel impact sur la perception audio-visuelle de la parole par les sourds LPC et les entendants LPC. La clé LPC, qui commence à se former avant que les lèvres se mettent en mouvement et avant l'arrivée du son, peut orienter le traitement soit vers l'information auditive, soit vers l'information lue sur les lèvres. Cependant, l'intégration des trois signaux semble dépendre du statut auditif. Leybaert & al. (2012) ont comparé deux groupes d'adultes (vingt-huit dont quatorze experts en code LPC d'âge moyen 22;2 et quinze naïfs c'est-à-dire sans connaissance du code LPC, d'âge moyen 23;4) et un groupe d'adultes (huit d'âge moyen 18;9) de même niveau de lecture labiale (évalués avec le Termo[12]). Les auteurs montrent que les entendants donnent plus facilement des réponses compatibles avec l'information auditive (même si ces réponses sont incompatibles avec l'information lue sur les lèvres) tandis que les sourds donnent plus facilement des réponses compatibles avec la lecture labiale (même si les réponses sont incompatibles avec l'information perçue

[12] Termo : Test d'Evaluation de la Réception du Message Oral. Ce test est décrit dans le chapitre 4 section 2.2.

auditivement). Les participants interprètent donc la clé LPC en fonction de leur modalité préférentielle de perception de la parole, auditive ou visuelle.

Par ailleurs, d'autres travaux montrent que la précocité de l'utilisation de la LPC prépare mieux à l'exploitation de l'implant cochléaire (Leybaert, Schepers, Renglet, Simon, Serniclaes, Deltenre, Marquet, Mansbach, Périer & Ligny, 2005). En effet, quelle que soit la précocité de l'implantation il existe un laps de temps non négligeable entre le début de la prise en charge et la pose de l'implant. Cette période peut servir à l'introduction et l'utilisation de la LPC. Le choix de la LPC permet à l'entourage de l'enfant de s'adresser à lui en parlant. Un accès précoce à cette communication oralisée peut permettre à l'enfant une meilleure maitrise de cette forme d'expression. De plus, lorsque la LPC est proposée dans le cadre d'une communication plurimodale (signes iconiques, gestes, mimiques), elle permet au très jeune enfant d'établir la relation entre signifiant/ signifié et de se construire un stock lexical. L'usage de la LPC avant l'implantation permet d'attirer le regard de l'enfant vers la main et le visage du locuteur.

.2.2 Les aides techniques

Après avoir présenté un court historique des appareils auditifs, nous aborderons l'implant cochléaire.

.2.2.1 Historique des appareils auditifs

Les divers appareillages inventés et mis au point depuis plus de trois siècles s'inscrivent dans la lignée des tentatives de compensation du handicap dû à la surdité.

Il est difficile de dater la découverte du geste naturel de l'homme consistant à placer la main en cornet pour améliorer la perception des sons. Cependant, les auteurs qui se sont intéressés à la question citent, généralement, Athanasius Kircher (1601-1680) scientifique très important de l'époque baroque en Allemagne comme étant le père des premières aides auditives Elles voient le jour vers 1650. Kircher invente, entre autre, des tubes acoustiques appelés *Ellipsis Otica* et *Tubus Cochleatus* (Dumont, 1996 et Rachesboeuf, 2011). Ces techniques furent déclinées sous plusieurs formes (cornets acoustiques, conques, peignes acoustiques) et durant plus d'un siècle (jusqu'au XIXe siècle).

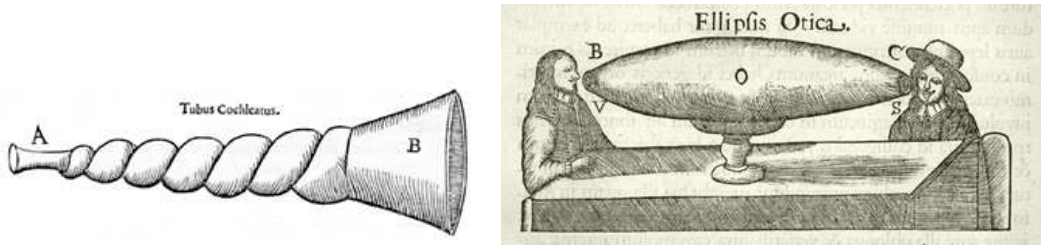


Figure 7 : un *Tubus Cochleatus* et un *Ellipsis Otica*[13]

Claude Nicolas Le Cat, en 1767, réalise des conques auriculaires et des cornets, reproduisant parfa*item*ent l'oreille. Docteur en médecine, il a été le premier à envisager que l'audition binaurale (entendre avec les deux oreilles) améliorait la compréhension dans le bruit (Rachesboeuf, 2011).

Parallèlement aux vertus de l'amplification, le médecin suisse Albrecht Von Haller (1708 - 1777) décrivit l'audition par voie osseuse (la conduction osseuse) et proposa de relier le crâne du sourd à la source sonore par une baguette de bois. Parmi diverses inventions en lien avec cette découverte, on peut relever celle de la baguette en bois maintenue entre les dents de Beethoven afin qu'il puisse entendre les sons de son piano. L'arrivée de l'électricité et l'invention du téléphone permirent la réalisation de prothèses auditives composées d'un microphone à charbon, d'une pile, d'un atténuateur et d'un écouteur. On avait parfois recours à un vibrateur pour stimuler la voie osseuse (Dumont, 1996).

Actuellement, le développement de l'électronique et de l'informatique permet la création d'appareils de plus en plus petits et performants. Ces appareils sont tous constitués d'un microphone, d'un amplificateur de son, d'un haut-parleur et enfin d'un embout. Les implants cochléaires s'inscrivent dans cet historique des prothèses inventées par l'homme pour tenter de compenser le handicap et d'apporter à la personne sourde des moyens de s'informer sur l'environnement sonore et de contrôler ses productions orales. La première expérience d'implantation cochléaire sur l'être humain a été faite par Djourno, Eyriès et Vallancien, en France en 1957 avec une seule électrode. L'ancêtre des appareils par implantation cochléaire, tels qu'ils existent aujourd'hui (appareil multicanaux) a été posé la première fois par House, aux Etats-Unis, en 1967. En France, la première implantation cochléaire avec plusieurs électrodes a été réalisée par Chouard en 1973, à Paris (Cajal, 2013).

[13] Ces illustrations sont empruntées du livre '*Phonurgia nova sive conjugium mechanico-physicum artis & naturae paranymta phonosophia concinnatum'* de Athanasius Kircher publié en 1673. C'est le premier livre connu qui traite de la nature du son et d'acoustique.

L'implant cochléaire est indiqué, dans la fin des années 1980, aux parents d'enfants sourds profonds (surdité congénitale ou acquise) n'ayant pas un gain prothétique important avec une prothèse dite classique.

Si l'implant cochléaire peut se définir comme une prothèse de type particulier intégrant le progrès de la technologie et de la recherche, les indications, la mise en place, les résultats et l'utilisation des IC révèlent qu'il s'agit de bien autre chose qu'un simple appareillage. C'est ce que nous allons préciser dans la section qui suit.

.2.2.2 L'implant cochléaire

Après une description de l'implant cochléaire, nous présenterons ces préconisations, les réglages nécessaires qui suivent la pose de l'implant ainsi que son efficacité.

.2.2.2.1 Description de l'IC

De nombreux enfants sourds profonds bénéficient aujourd'hui de la technique de l'implant cochléaire. L'implant cochléaire est une prothèse auditive particulière qui nécessite un acte chirurgical (ANDEM : Agence Nationale pour le Développement de l'Evaluation Médicale, 1994 ; Preisler, 2001).

Ce dispositif électro-acoustique situé dans la cochlée endommagée est conçu pour permettre de retrouver une audition, en créant une sensation sonore à partir d'une stimulation électrique au niveau des terminaisons du nerf auditif (*via* des électrodes implantées dans l'oreille interne). L'information auditive nouvellement perçue est ensuite traitée par les aires corticales auditives.

Contrairement à une prothèse auditive traditionnelle qui amplifie les sons ambiants, l'implant cochléaire est un neuro-stimulateur qui remplit la fonction du mécanisme défectueux de transduction mécanique/électrique de la cochlée (Figure 8). L'appareil capte les sons et les convertit en impulsions électriques codées qui stimulent directement les fibres nerveuses périphériques responsables de l'audition. Chaque électrode (seize à vingt-quatre électrodes selon les modèles) de l'implant cochléaire est conçue pour stimuler une région neurale circonscrite qui constitue une reproduction grossière de l'activation neurale, très spécifique en termes de représentation fréquentielle, de la cochlée normale.

Le dispositif comprend deux parties principales : l'une interne et l'autre externe. La partie externe se compose d'un microphone, un processeur vocal et une antenne aimantée, portée derrière l'oreille ou dans un boîtier, recevant le signal acoustique, l'amplifiant et le transformant en micro impulsions électriques selon un codage spécifique. La partie interne comporte une antenne réceptrice interne placée sous la peau à l'intérieur de l'os fraisé de la

mastoïde et un porte-électrode. Ce dernier est inséré dans la rampe tympanique de la cochlée. L'implantation de cette partie interne nécessite une intervention chirurgicale sous anesthésie générale. L'intervention dure deux à trois heures.

L'énergie, nécessaire au fonctionnement du dispositif, est fournie par des batteries rechargeables ou par des piles jetables.

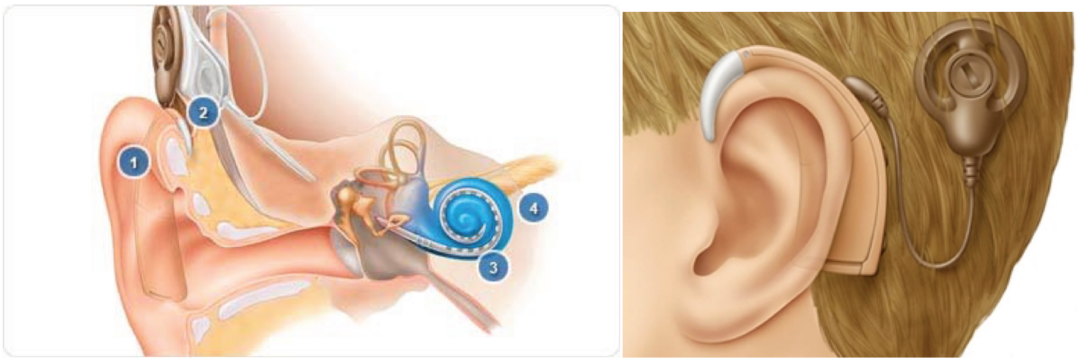


Figure 8 : Dispositif de l'implant cochléaire[14]

1. Processeur vocal : Le processeur vocal externe capte le son et le convertit en signaux numériques.
2. Signaux numériques : Le processeur transmet par radiofréquences, les signaux numériques à la partie interne.
3. Électrodes : La partie interne convertit les signaux en énergie électrique et les envoie aux électrodes, à l'intérieur de la cochlée.
4. Nerf auditif : Les électrodes stimulent le nerf auditif en contournant les cellules ciliées endommagées et le cerveau perçoit les signaux comme un son.

.2.2.2.2 Préconisations

- L'implantation cochléaire

L'implant cochléaire est réservé aux personnes sourdes ne tirant plus ou pas profit d'une prothèse controlatérale même très puissante. Si après six mois d'utilisation d'une prothèse classique, l'enfant sourd ne profite pas suffisamment de cette aide technique, l'implant cochléaire est recommandé. L'âge recommandé pour la mise en place d'un implant ne cesse de décroître et se situe actuellement entre deux et quatre ans. Cependant, pour optimiser la réussite de l'implantation cochléaire, l'étape de l'évaluation préopératoire est importante. Cette évaluation pluridisciplinaire de l'enfant porte sur l'aptitude et l'intérêt du bébé ou du jeune enfant à communiquer ; la perte tonale moyenne qui doit se situer entre 70 et 90 dB (examen audiométrique) ; la recherche d'éventuelles malformations de la cochlée ou du conduit auditif interne qui rendraient l'implantation cochléaire impossible (scanner et IRM) ; la recherche de problèmes liés à des handicaps associés, neurologiques, sensoriels ou psychologiques graves.

---

[14] Source internet « *Macquarie University, Australia* »

L'implantation cochléaire est une procédure aux complications relativement rares et ce même pour les implantations précoces avant douze mois, de plus en plus courantes ces dernières années (Valencia, Rimell, Friedman, Oblander & Helmbrecht, 2008).

L'implant cochléaire fait l'objet d'améliorations technologiques continuelles et les critères d'admissibilité ont tendance à s'élargir, notamment ce qui a trait aux indications d'ordre audiologique, ce qui signifie que des personnes avec des niveaux toujours plus élevés de compréhension auditive sans recours à des indices visuels deviennent des candidats à l'implantation cochléaire.

- Particularités de l'implantation cochléaire bilatérale

Lorsque les deux IC sont posés durant le même temps chirurgical ou en deux temps chirurgicaux séparés par une courte période, on parle d'implantation cochléaire bilatérale simultanée. L'implantation cochléaire séquentielle correspond quant à elle à la mise en place décalée du second IC, lors d'un autre temps opératoire distinct (BIAP 2011). Dans ce cas, l'intervalle entre les deux interventions doit être le plus restreint possible et respecter la période critique de la plasticité cérébrale si l'on veut optimiser les bénéfices des IC (BIAP 2011; Gordon & Papsin, 2009).

Les critères d'indication d'implantation bilatérale en France sont :

- le risque d'ossification cochléaire bilatérale, notamment suite à la survenue d'une méningite bactérienne ou d'une fracture bilatérale du rocher (Teissier, Doehring, Noel-Petroff, Elmaleh-Bergès, Viala, François, Faye, Van den Abbeele & Lorrot. 2013) ;
- le syndrome de Usher de type 1[15], du fait de la double déficience sensorielle (auditive et visuelle) qu'il implique (BIAP 2011).

Dans les autres cas, les critères audiométriques d'indication sont une surdité profonde bilatérale et/ou l'absence d'un gain prothétique suffisant pour la compréhension de la parole (BIAP 2011).

L'implantation cochléaire bilatérale est de plus en plus souvent effectuée chez l'enfant en France ces dernières années, notamment sous la pression parentale.

.2.2.2.3 Réglages de l'IC

[15] Le syndrome d'Usher est la condition la plus commune affectant à la fois la vision et l'audition. Il s'agit d'un trouble génétique rare qui est la principale cause de la surdi-cécité. Les principaux symptômes du syndrome d'Usher sont la perte de l'ouïe et une affection oculaire appelée rétinite pigmentaire.

Après l'implantation, une dizaine de réglages est nécessaire la première année, puis une à deux fois par an en moyenne. Ces réglages consistent à introduire dans le processeur vocal tous les paramètres nécessaires à la stimulation de chaque électrode (Piron, 2006). Ils sont effectués avec l'aide d'un logiciel fourni par le constructeur.

Les réglages sont spécifiques à chaque marque d'appareil. Cependant, ils se font de manière empirique du fait de la grande variabilité entre les réactions des personnes implantées. Il est impossible de comparer les réglages entre eux. Chaque enfant a une temporalité singulière de ses réglages. Seul le ressenti peut être mis en lien d'un sujet à un autre si celui-ci peut l'exprimer (Cajal, 2013). Les praticiens sont prudents et augmentent faiblement l'intensité régulièrement. Le réglage est donc délicat pour les enfants et moins précis que pour les adultes. Notamment parce que l'enfant qui n'a jamais entendu n'a pas d'audition de référence et s'il ne maîtrise pas de langue des signes ou la langue orale, il ne peut exprimer ce qu'il ressent. Les seuils de réaction violente des enfants sont différents d'un sujet à l'autre. La qualité du réglage s'évalue à la précision des réponses de l'enfant au niveau verbal (babillage inclus) dans les jours qui suivent (Piron, 2006). Toute modification de réglage ou tout changement de matériel est préjudiciable sur la qualité des performances. Il est important aussi de souligner la fatigue des enfants suite à l'implantation.

Les réglages successifs ne constituent pas le seul suivi de l'enfant après l'implantation. L'évaluation pluridisciplinaire pré implant, permet, en parallèle, la mise en place précoce de l'accompagnement par une équipe de professionnels pluridisciplinaire après l'implantation. Celle-ci va accompagner l'enfant afin de faire le point sur son évolution.

La réhabilitation de l'audition suite à une implantation chez l'enfant demande donc du temps et conduit à une grande variabilité au niveau du développement de l'audition et du langage, du fait de la complexité des réglages de l'appareil auditif par implantation cochléaire.

.2.2.2.4 Efficacité de l'IC

Tous les porteurs d'implant, adultes ou enfants, ont un audiogramme post-appareillage relativement similaire (selon la marque de leur implant) mais tous ne peuvent pas comprendre une conversation sans l'aide de la lecture labiale ou communiquer au téléphone. La réussite de l'implantation cochléaire n'est pas uniquement liée à des facteurs techniques tels l'insertion de toutes les électrodes dans la cochlée durant la chirurgie, les réglages de l'appareil et l'obtention de seuils de détection peu élevés. D'autres facteurs, comme la durée de la surdité avant de recevoir l'implant et le fait d'avoir accès à un suivi de réadaptation post-implant, sont aussi des éléments qui influencent une utilisation réelle et efficace de l'implant cochléaire dans la vie quotidienne.

La précocité de la mise en place de l'IC est un élément fondamental dans les performances qu'atteignent les enfants sourds du fait de la plasticité du système nerveux central. Selon Dumont (1996), une durée d'apprentissage de l'ordre de dix-huit à vingt-quatre mois serait nécessaire à l'enfant pour acquérir une perception adéquate de la parole et pour que celui-ci puisse identifier les phonèmes et repérer les associations de phonèmes qui constituent des mots. Au delà de six ans pour un enfant sourd congénital qui n'a pas tiré profit d'une prothèse et qui n'a pas développé de compétences au niveau du langage oral, les bénéfices de l'implant seront limités à la détection de bruits environnementaux.

Il est reconnu que l'implant ne rend pas une audition normale. Les personnes qui reçoivent un implant cochléaire doivent réapprendre ou, dans le cas des enfants qui ont une surdité congénitale ou apparue en très bas âge, apprendre à interpréter l'information auditive offerte par cet appareil.

Les implants ont en effet une capacité limitée à encoder de manière précise les traits spectraux et temporels du signal acoustique ; de tels traits sont omniprésents dans la parole naturelle (Nie, Barco, & Zeng, 2006). La quantité d'information spectrale et temporelle qui peut être transmise *via* l'implant cochléaire est limitée par un ensemble de facteurs physiques et physiologiques, notamment la distance entre les électrodes et les fibres nerveuses (Nie et al., 2006). Par conséquent, les usagers d'implant ont généralement des difficultés de perception de la tonalité (Garnham, O'Driscoll, Ramsden, & Saeed, 2002) et des difficultés importantes de perception de la parole en présence de bruit compétitif (Shannon, 2007).

Les enfants porteurs d'un implant ont ainsi de la difficulté à percevoir, à encoder et à discriminer les fins détails phonétiques dans des mots isolés présentés en choix fermé de deux (tests de paires minimales ; Pisoni, 2005). Les traits phonétiques touchent le mode d'articulation (défini par la nature du courant d'air expiré comme le /b/ occlusive et le /v/ fricative) et le voisement de consonnes (trait qui dépend de la relation temporelle entre le larynx et le conduit vocal, comme l'opposition /d-t/ ou /b-p/) de même que le lieu d'articulation (trait qui dépend de l'articulateur impliqué dans la fermeture du conduit vocal, comme dans l'opposition labial-apical /b-d/ par exemple) des consonnes et voyelles. Même quand des enfants qui se développent bien avec l'implant peuvent percevoir des différences de mode d'articulation après un an de port et s'améliorent au fil du temps en ce qui a trait au voisement, ils continuent néanmoins de montrer d'importantes difficultés à différencier auditivement deux lieux d'articulation (par ex : bain/daim) après cinq ans de port de l'appareil (Pisoni, Svirsky, Kirk, & Miyamoto, 1997 ; Pisoni, 2005). De plus, les enfants qui ont un bas niveau de fonctionnement avec l'implant ont de grandes difficultés à différencier le trait de voisement et deux lieux d'articulation après cinq ou six ans de port (Pisoni, 2005).

De tels résultats ont mené les chercheurs à suggérer que tous les enfants, quel que soit leur niveau de fonctionnement général avec l'implant, encodent la parole à partir de représentations phonologiques plutôt rudimentaires. Les représentations phonologiques des enfants avec implant semblent contenir des éléments acoustico-phonétiques moins bien définis que celles des enfants entendants (Pisoni, 2005).

Concernant l'implantation bilatérale, elle peut améliorer la compréhension de la parole dans les environnements bruyants comme les lieux très fréquentés ou l'école. De même, la capacité d'entendre des deux oreilles peut permettre une meilleure localisation spatiale des sons et une meilleure perception de la musique. Selon Scherf, Van Deun, Van Wieringen, Wouters, Desloovere, Dhooge, Offeciers, Deggouj, De Raeve, De Bodt & Van de Heyning (2009), l'implant cochléaire bilatéral engendrerait des bénéfices au niveau de l'intelligibilité de la parole, de la qualité de vie, de la scolarité et du mode de communication (Scherf et al., 2009) par rapport à des enfants implantés unilatéralement. Cependant aucune étude pédiatrique n'a encore porté sur les avantages de l'IC bilatérale en termes de langage et de parcours scolaire (Couloigner, 2013).

En résumé, le processeur d'un implant cochléaire traite une certaine quantité de l'information acoustique des sons. Cette entrée sensorielle peut être qualifiée de « dégradée» ou d'«altérée » en ce sens où le signal n'est pas aussi riche ni complet que celui transmis par un système auditif normal (Pisoni, 2000).

L'ensemble de ces données justifie que les travaux soient poursuivis afin de mieux comprendre les difficultés des enfants bénéficiant d'un implant cochléaire et de concevoir des interventions adaptées à celles-ci.

Chapitre 2. Développement du langage, de la perception et de l'attention visuelle chez l'enfant sourd

Résumé :
L'objet de ce chapitre est de faire un état concis des recherches à propos des conséquences de la surdité sur le développement langagier et visuel de l'enfant sourd. Le point central est consacré à l'impact de l'implant cochléaire sur le langage, la perception et l'attention visuelle. De même, nous nous attardons sur la perception multimodale de la parole et l'apport du codage LPC en complément de l'IC.

La perte précoce d'une modalité sensorielle induit des changements au niveau de l'organisation cérébrale. En effet, l'enfant sourd congénital ne dispose pas des mêmes ressources que l'enfant entendant pour développer un langage oral de qualité. Hormis les éléments mentionnés dans le chapitre 1, l'enfant sourd doit faire face à d'autres contraintes, notamment le développement de son langage oral, l'utilisation de son regard dans des situations de communication, l'utilisation d'un IC et l'influence d'un contexte multi-sensoriel sur le développement de son langage.

.1 Conséquences de la surdité sur le développement général langagier et visuel

La surdité du jeune enfant conduit à un certain nombre de contraintes tant pour le développement de son langage oral que pour l'utilisation de son regard dans les situations d'échanges.

.1.1 Le langage

L'audition est fonctionnelle à partir de trente mois de gestation. Le fœtus baigne dans des bruits intra utéro et perçoit des sons externes (notamment voix des proches). L'enfant sourd profond congénital ne bénéficie pas de cet environnement sonore sur lequel s'appuie la construction du langage au cours des premières années du développement. Cependant, même si la surdité, lorsqu'elle est congénitale ou précoce, entraîne des difficultés dans les acquisitions perceptives et du langage, Hage (2005) soutient que l'enfant sourd naît

avec un potentiel cognitif et linguistique intact qui, progressivement, va se développer. Ainsi, à la naissance, sourds et entendants semblent prédisposés de la même manière à acquérir une compétence linguistique. Ce qui fait toute la différence, c'est que la déficience sensorielle de l'enfant sourd ne lui permet qu'un traitement partiel et limité des unités et traits distinctifs de la parole (Hage, 2006). En outre, l'enfant sourd ne connaît pas spontanément, comme ses pairs entendants, un bain linguistique oral familial dans lequel il construit et se construit (Delamotte-Legrand & Sabria, 2001). La mise en place du langage oral pour l'enfant sourd se fera donc par un réel apprentissage explicite rendu complexe du fait d'une boucle audio phonatoire déficiente comme on l'expliquera plus loin (voir section .1.1.2)

.1.1.1 Les vocalisations

Selon Vinter (1994), l'incidence de la surdité profonde sur le développement du langage s'observe relativement tôt. Au niveau des premières productions vocales, déjà, il est observé une réduction de la dynamique vocale, des durées d'énoncés plus courtes, une courbe mélodique peu variée ainsi qu'un répertoire phonique stéréotypé (Vinter, 1994). De même, les enfants sourds ne babillent pas comme les enfants entendants étant donné que le babillage est lié à la perception des sons d'une langue (Bertoncini & De Boysson-Bardies, 2000). Ainsi, les nourrissons sourds n'atteindraient jamais le stade de babillage canonique à l'âge attendu (Eilers & Ollers, 1994) ; leur parole présenterait des perturbations de rythme, de mélodie, d'intonation, de contrôle phonatoire et articulatoire.

Ces premiers déficits, relevés dès la première année, expliquent plus tard les difficultés observées dans l'acquisition des capacités phonologiques (Ertmer & Stark, 1995) ; ils contribueraient, également, à de faibles niveaux d'intelligibilité (Ertmer, Young & Nathani, 2007). Toutefois, de nombreux facteurs viennent moduler ces caractéristiques, telles que l'appareillage précoce et les interactions avec l'environnement familial conduisant à l'observation de fortes différences entre enfants.

.1.1.2 Développement du langage oral et écrit

L'enfant sourd n'entend pas les modèles de la langue parlée autour de lui, il est de ce fait dans l'incapacité d'organiser un langage oral spontanément. Pour que l'enfant atteint de déficience auditive profonde puisse parler oralement, un appareillage auditif doit être mis en place pour pallier son déficit de «réception du message». Une aide orthophonique est alors nécessaire pour faire prendre conscience du *feed-back* audio phonatoire et susciter «la production de parole». Le langage doit par ailleurs faire l'objet d'un apprentissage explicite

qui diffère complètement des conditions d'acquisition de la langue maternelle que connaît un enfant entendant. Les situations quotidiennes d'échanges et de routines ne sont pas, contrairement à l'enfant entendant, suffisantes pour un apprentissage de la langue. Tout doit être appris dans un contexte d'apprentissage explicite : les mots, leur agencement, les usages et habitudes linguistiques (Briec, 2012).

L'acquisition de la langue orale est difficile pour l'enfant déficient auditif. Ainsi, bien que déjà anciennes, les études rapportent des retards significatifs dans tous les domaines du langage (Geers, Kuehn & Moog, 1981 ; Osberger, Moeller, Eccarius, Robbins & Johnson, 1986), avec notamment un vocabulaire plus restreint et des constructions de phrases rigides et stéréotypées (Nicholas, Geers, et Kozak, 1994). Qu'ils aient accès ou non au langage signé, la majorité des enfants sourds montre des difficultés dans le développement du langage oral, que ce soit en réception ou en production (Blamey 2003). De plus, ces difficultés continuent d'être présentes en dépit du diagnostic et de la prise en charge précoce de la surdité de l'enfant (Kennedy, McCann, Campbell, Law, Mullee, Petrou & Stevenson, 2006) ainsi que des avancées considérables au niveau de la réhabilitation auditive, notamment avec l'implant cochléaire (Marschark et Spencer 2010 ; Thoutenhoofd, Archbold, Gregory, Lutman, Nikolopoulos & Sach, 2005).

Les enfants sourds présentent un développement particulier de leur langage. Cette spécificité de développement a des répercussions sur les apprentissages scolaires et en particulier, l'apprentissage de la lecture. Malgré l'évolution des prises en charges rééducatives et scolaires de ces enfants, on constate que le niveau scolaire et notamment leur niveau de lecture reste bien en dessous de leurs pairs entendants (Marschark, 2007).

La raison pour laquelle l'apprentissage de la lecture pose autant de difficultés à la majorité des enfants sourds n'est pas encore clairement établie. Même si de nombreux facteurs peuvent rendre compte des difficultés des enfants sourds (mode de communication, etc.), il semble que la maîtrise des habiletés phonologiques impliquées dans l'apprentissage de la lecture soit un élément décisif. Parmi ces habiletés phonologiques, plusieurs recherches ont montré que la capacité à utiliser le codage phonologique en mémoire à court terme (MCT) était corrélée avec l'acquisition de la lecture. Chez les enfants sourds non implantés, ce codage semble n'apparaître que tardivement (Bourdin & Hugonet, 2008). Les stratégies graphophonologiques sont difficiles à développer car elles se basent sur le langage oral et sur la manipulation des unités sonores (phonèmes). Celle-ci étant limitée chez eux, ils compensent leur difficulté en sur-développant des stratégies visuo-graphiques (Alegria, 1999) et mémorisent de nombreux mots écrits (lecture globale). Par exemple, sur le plan de la compréhension écrite, il semble que les lecteurs sourds recourent à des stratégies lexicales en s'aidant du contexte et des mots identifiés pour comprendre le sens du texte, même si

certaines informations aidant à débusquer le sens du texte, comme le genre, le nombre, la négation, l'interrogation, la voie passive leur sont plus problématiques (Hage, 1994). La compréhension de textes écrits se construit essentiellement à partir de mots identifiés et du contexte (Alegria, 1999).

Par ailleurs, Daigle, Armand, Demont & Gombert (2006) suggèrent que les sourds signants ont la possibilité de développer une représentation orthographique associée à une représentation sémantique (en signes) ce qui peut leur permettre de progresser en lecture.

Si l'on attribue généralement les difficultés de lecture à un retard de langage, d'autres processus cognitifs qui sous-tendent cet apprentissage offrent d'autres possibilités d'explications. Marschark, Convertino & LaRock (2006) suggèrent que les personnes sourdes ont un rapport au monde différent des entendants. Un enfant sourd n'est pas seulement un enfant entendant qui n'entend pas. Lever la barrière de la communication n'est pas suffisant pour que l'enfant sourd apprenne comme un enfant entendant. Ces auteurs avancent que ces différences, entre enfants sourds et entendants, n'impliquent pas forcément des déficiences et qu'elles ne sont pas toutes présentes chez les enfants sourds. Des résultats indiquent, par exemple, que la manière d'appréhender des tâches cognitives diffère entre sourds et entendants car elle dépend du mode de communication utilisé (LSF, Oral).

Nous venons de voir à l'issue de cette section que les enfants sourds présentent un développement langagier spécifique. Qu'en est-il du développement de leur attention visuelle ?

.1.2 La perception et l'attention visuelle

L'enfant sourd a impérativement besoin du contact visuel pour communiquer. Celui-ci ne se met pas forcément en place de façon aisée. Alors que pour l'enfant entendant, les informations visuelles et auditives se complètent de manière simultanée, l'absence de canal auditif contraint l'enfant sourd à se servir du canal visuel pour l'objet référent puis il interrompt ce guidage visuel vers cet objet pour produire ou donner une information dans ce même contexte. Ce phénomène de contraintes attentionnelles visuelles est parfois nommé « attention divisée » (Hage, 2006).

Selon, Le Maner-Idrissi & al., (2008) « l'indisponibilité du canal auditif fait que le regard demeure le seul sens utilisable à distance pour remplir simultanément l'ensemble des fonctions habituellement réparties sur l'ouïe et la vision (p 121)». C'est donc seulement avec le recours du regard que l'attention des deux interlocuteurs doit être partagée entre le partenaire, le message et l'objet (ou le contexte) auquel le message fait référence.

Sur le plan sensoriel, les sourds profonds congénitaux ne présentent pas de meilleure sensibilité tactile, olfactive, gustative…que leurs pairs entendants. De même les performances lors des tâches visuelles de bas niveau (acuité, seuils….) sont comparables dans les deux populations (Dumont, 2008). Par contre, des recherches rapportent une supériorité des enfants sourds au niveau de la richesse de la perception visuelle.

Partant, de ce constat Neville & Lawson (1987) pensent que les modifications comportementales observées lors d'une surdité précoce seraient dues à la réorganisation du système attentionnel et non pas du système visuel. Ces auteurs ont montré que dans le domaine du traitement visuel, les sourds signants obtiennent de meilleurs résultats que les entendants ou que les sourds qui utilisent le langage parlé, dans la capacité à déplacer rapidement leur attention visuelle ou à repérer des mouvements ou des signes dans leur champ visuel périphérique. Une surdité précoce conduirait ainsi à améliorer l'attention dans la périphérie visuelle. Mais, l'on ne sait pas si cette amélioration confère des avantages dans la vie quotidienne, étant donné que l'on a montré que les individus sourds sont plus distraits par l'information non pertinente se trouvant dans la périphérie que leurs pairs entendants.

Dye, Hauser & Bavelier (2009) ont étudié cette question de l'amélioration de l'attention visuelle en périphérie suivant une procédure expérimentale. Ils ont montré dans une tâche d'attentionnelle complexe, une performance supérieure des individus sourds.

> Les auteurs ont utilisé le champ visuel utile qui requiert l'identification d'une cible centrale en concurrence avec la localisation d'une cible périphérique en présence de distracteurs – une tâche sélective d'attention, divisée. Dans la tâche de champ visuel utile (UFOV : *Useful Field Of View*), les sujets doivent identifier une cible centrale et localiser une cible concurrente périphérique parmi des distracteurs. La performance fournit une mesure de la façon dont l'attention visuelle sélective est distribuée dans une scène lorsque l'attention doit être allouée à des localisations centrales et périphériques et des cibles sélectionnées parmi un ensemble de distracteurs. Si une déprivation auditive précoce améliore les ressources attentionnelles sélectives dans la périphérie, plutôt que simplement d'améliorer la distractibilité périphérique, alors les individus sourds devraient être davantage capables de localiser une cible en périphérie intégrée à un champ de distracteurs tout en discriminant simultanément l'identité d'une cible présentée sur un point de fixation central. De façon alternative, si une déprivation auditive conduit à un déficit de l'attention visuelle sélective, la performance des individus sourds à la tâche UFOV devrait être plus faible par rapport à celle des individus entendants.
>
> Dans une première expérience, les performances à la tâches UFOV, de dix adultes sourds signants de parents sourds signants et de langue maternelle l' ASL (*American sign language*) d'âge moyen 26.1, dix adultes sourds non signants d'âge moyen 26.6, dix adultes entendants nés de parents sourds signants, d'âge moyen 22.9 et dix adultes entendants non signant d'âge moyen 20.4, sont comparées. Il en ressort que la surdité et non l'utilisation de la langue des signes conduit à une amélioration de l'UFOV (champ visuel utile).
>
> Dans une deuxième expérience, des enfants sourds (S) et entendants (E) sont comparés. Chaque groupe est divisé en trois catégories d'âges : 7-10 ans (trente-huit E d'âge moyen 9.1 ; quinze S d'âge moyen 9.3), 11-13 ans (seize E d'âge moyen 12.2 ; vingt S d'âge moyen 12.4) et 14-17 ans (quatorze E d'âge moyen 15.7 ; quatorze S d'âge moyen 15.6). Les effets

principaux significatifs sont la déprivation auditive et le groupe d'âge ainsi qu'un effet d'interaction d'ordre 2 entre la déprivation auditive et le groupe d'âge. Cette interaction conduit à examiner les effets de l'âge séparément pour les enfants sourds et entendants. Pour les enfants entendants le seuil de l'UFOV ne varie pas en fonction du groupe d'âge alors qu'il varie pour les enfants sourds. Alors que les enfants du groupe 7-10 ans obtiennent des performances équivalentes à celles des enfants entendants du même âge, les enfants sourds plus âgés obtiennent de meilleurs scores, surpassant leurs pairs entendants et les enfants sourds plus jeunes.

Dans cette recherche, la performance dans la tâche de champ visuel utile (UFOV) est améliorée chez les enfants sourds, mais seulement après onze ans. Cette recherche montre qu'à la suite d'une déprivation auditive précoce, les ressources attentionnelles visuelles vers la périphérie augmentent progressivement se traduisant éventuellement par un avantage comportemental à l'adolescence dans une tâche d'attention sélective visuelle.

A un niveau plus général, la population des enfants sourds s'avère hétérogène pour ce qui est de l'attention visuelle (Parasnis, Samar, Bettger & Sathe, 1996). Certains enfants vont investir spontanément les stimulations visuelles pour intégrer et s'adapter à leur environnement. Ils vont notamment porter leur attention sur les mouvements labio-faciaux de la parole (lecture labiale), ou sur la langue des signes.

.2 Effet de l'implant cochléaire

Rappelons que l'implant cochléaire (IC) est un dispositif électro-acoustique inséré dans la cochlée ayant pour but de restituer une fonction auditive (pour plus de détails voir le chapitre 1, section .2.2.2). Il semble être, au regard de nombreuses études, la réhabilitation auditive la plus adaptée pour les enfants atteints de surdités profondes bilatérales, en ce qui concerne la perception et la discrimination des sons (Bouchard, Ouellet & Cohen, 2009 ; Nikolopoulos, Archbold et O'Donoghue, 2001). Dans ces domaines, l'implant apporte davantage de bénéfices à l'enfant sourd profond que les prothèses auditives conventionnelles ne sont en mesure de le faire (Leybaert, Schepers, Renglet, Simon, Serniclaes, Deltenre & Ligny, 2005 ; Tomblin, Spencer, Peng & Lu, 2008).

Compte tenu de la récence de la pause d'implants, les travaux relatifs à son impact sont encore relativement peu nombreux. Nous évoquerons ceux qui concernent l'incidence de l'âge au moment de l'intervention, puis ceux concernant l'attention visuelle.

.2.1 Le langage après implantation

L'âge d'implantation pédiatrique diminue régulièrement. Les résultats langagiers des enfants implantés après cinq ans (Fryauf-Bertschy, Tyler, Kelsay & Gantz, 1992), comme après trois

ans (Nicholas & Geers, 2007) sont inférieurs à ceux des enfants implantés plus précocement. Niparko, Tobey, Thal, Eisenberg, Wang & Quittner (2010) ont montré que dans une cohorte de cent-quatre-vingt-huit enfants sourds implantés cochléaires, suivis longitudinalement, seuls ceux implantés avant l'âge de dix-huit mois avaient pu rattraper leurs pairs entendants en compréhension et production du langage. Pour Nicholas & Geers (2007), ce sont les sujets implantés entre douze et seize mois qui obtiennent des résultats dans la norme des entendants de même âge. Il ressort de l'étude que les résultats sont d'autant meilleurs que l'implantation est précoce, la courbe des performances langagières décroissant même linéairement entre les âges de douze et vingt-quatre mois à l'implantation. Cet effet de l'âge d'implantation semble durable, même après plusieurs années d'utilisation de l'implant (Boons, Brokx, Dhooge, Frinjs, Peeraer, Vermeulen, Wouters & Van Wieringen, 2012).

Les enfants implantés avant l'âge de deux ans développent plus rapidement le langage que ceux implantés plus tardivement, ainsi qu'ont pu le démontrer Svirsky, Robbins, Kirk, Pisoni & Miyamoto (2000) lors d'une étude réalisée auprès de quatre-vingt-seize enfants. Les enfants implantés avant l'âge de deux ans témoignaient de meilleures performances au niveau de l'apprentissage du vocabulaire, de la grammaire. Ils n'observent pas de différence de développement entre les enfants implantés avant l'âge d'un an et ceux implantés durant leur seconde année.

Concernant les données sur l'implantation avant un an, les résultats divergent. Les rares études comparant les performances des enfants sourds implantés dans leur première année et celles de ceux implantés dans leur deuxième année montrent un avantage des premiers en perception (Lesinski-Schiedat, Illg, Heermann, Bertram & Lenarz, 2004 ; Schauwers, Gillis, Daemers, De Beukelaer & Govaerts (2004), ainsi que dans l'évolution de leur babillage, qui serait similaire à celui des normo-entendants (Schauwers et al., 2004). Il est aussi mis en évidence un bénéfice en compréhension uniquement (Holt & Svirsky, 2008) ou en compréhension et expression (Dettman, Pinder, Briggs, Dowell & Leigh, 2007). Il est enfin montré que les caractéristiques du langage maternel adressé à l'enfant implanté avant un an se rapprochent de celles du langage adressé à l'enfant entendant (Miyamoto, Houston & Bergeson, 2005). Dans l'étude de Boons et al. (2012), les enfants implantés avant l'âge d'un an n'ont obtenu de meilleurs résultats que lors de l'évaluation réalisée un an après l'implantation cochléaire.

Ces différentes recherches ont en commun le fait de relever la grande variabilité interindividuelle dans le développement du langage des enfants implantés, avant même l'âge de deux ans (par exemple Svirsky et al., 2000). Pour expliquer ses différences, Pisoni (2000) évoque parmi ces différences la façon dont les fibres nerveuses de la cochlée sont stimulées par les courants électriques fournis par le processeur de parole et la façon dont ces *inputs*

sensoriels initiaux sont codés et traités par les centres corticaux du système auditif. Toutefois, un autre facteur contribuerait au bénéfice de l'implant : la nature de l'environnement sensoriel et linguistique précoce dans lequel sont immergés les enfants avec IC. Ceci est corroboré par l'étude de O'Donoghue, Nikolopoulos & Archbold (2000) où sont comparés les enfants implantés en fonction du mode de communication auxquels ils étaient exposés. Les auteurs ont enregistré de meilleures performances au niveau des habiletés de reconnaissance et de l'intelligibilité de la parole, du langage expressif et de la vitesse d'articulation pour les enfants soumis aux méthodes de communication orale (entraînement auditif sans lecture labiale ou audition avec lecture labiale et langage parlé complété) comparés à ceux soumis à la communication totale (langue parlée signée, signes manuels).

.2.2 La perception visuelle et l'attention visuelle après implantation

Les premières études qui se sont intéressées à l'influence de l'implant cochléaire sur les performances visuelles des enfants sourds soulignent son bénéfice. Par exemple, la recherche a mis en évidence que les enfants sourds implantés ont de meilleurs résultats dans les tâches d'attention visuelle que les enfants sourds non implantés (Smith, Quittner, Osberger & Miyamoto, 1998). L'hypothèse évoquée par ces auteurs est que l'implant favoriserait la mise en relation des stimulations visuelles (en particulier la lecture labiale) et auditives.

Avec l'IC, on relève en effet une suractivation du cortex visuel qui se met en place au cours de l'année qui suit l'implantation, le cortex visuel comme le cortex auditif se spécialisant progressivement dans le traitement des sons de parole. Un phénomène nouveau de coopération se met alors en place entre vision et audition, différent de celui qui se produit lors d'une surdité non réhabilitée. La restauration de l'audition due à l'IC permet ainsi le rétablissement des relations audio-visuelles dans la compréhension de la parole. La lecture labiale tire profit des contrastes visuels phonologiques par des contrastes phonétiques. Chez l'enfant implanté, une plus large région visuelle est activée comparativement à un enfant entendant. En outre, l'aire fusiforme des visages, qui s'active chez les entendants lors de l'écoute des voix familières, est davantage sollicitée chez l'enfant IC. Il pourrait s'agir d'un phénomène d'imagerie mentale implicite aboutissant à l'évocation du visage correspondant (Dumont, 2008).

Les études portant sur la réorganisation cérébrale chez la population sourde ont investigué l'impact de cette privation sur les habiletés visuelles de haut niveau, lesquelles semblent se modifier pour compenser le manque d'audition. Elles suggèrent une redistribution spatiale de

l'attention visuelle en faveur de la périphérie, permettant ainsi aux personnes sourdes de gérer plus efficacement leur environnement sensoriel. Les habiletés visuelles de haut niveau semblent donc se modifier pour compenser le manque d'audition. Toutefois, le manque de stimulation auditive semble avoir un impact différent sur le développement d'habiletés visuelles de bas niveau. Des études suggèrent qu'un manque de stimulation dans une modalité sensorielle particulière pourrait plutôt réduire certaines habiletés perceptives. Selon la théorie du déficit (Dye & Bavelier, 2010), le développement normal de chacun des sens est requis pour une perception sensorielle globale efficace. Turgeon (2011) a évalué les processus de discrimination fréquentielle visuelle chez une population adulte malentendante ayant un implant cochléaire très tardivement (après 10 ans). Les résultats montrent que les individus porteurs d'un implant cochléaire ont une discrimination fréquentielle spatiale moins bonne que les sujets entendants. L'auteur en déduit que la surdité peut mener à des changements dans les processus de traitement visuel et que ces changements puissent perdurer après l'implantation. Elle soutient que ses résultats confirment la théorie du déficit (Dye & Bavelier, 2010), en supposant qu'un développement normal de chacune des modalités est nécessaire pour un développement normal des autres modalités sensorielles. Suite à une privation auditive, certaines habiletés visuelles évaluées en champ périphérique semblent s'améliorer alors qu'une moindre performance est observée dans le champ non périphérique. Il est aussi possible que cette diminution de performances ne soit pas reliée à un désordre visuel, mais plutôt à un déficit plus global d'attention.

Horn, Davis, Pisoni & Miyamoto (2005) se sont penchés sur l'attention visuelle non périphérique chez des enfants sourds avec IC. Ils ont testé deux groupes d'enfants avant et après l'implantation. Le premier groupe est constitué de quarante-sept enfants sourds IC âgés de moins de six ans et le deuxième de quarante-et-un des enfants sourds IC âgés de plus de six ans. Les auteurs ont observé un déficit d'attention visuelle mesuré par un test d'attention visuelle soutenue par rapport à des enfants entendants du même âge. Ils observent également une amélioration des performances d'attention visuelle des enfants IC après plus de deux ans d'utilisation de l'implant. Ils suggèrent que le port de l'implant aide à la réorganisation de l'attention visuelle.

.3 Effet d'un contexte enrichi ou perception multimodale de la parole en complément de l'IC

Si l'implantation cochléaire précoce permet un accès au monde sonore, les informations auditives perçues ne sont pas de qualité suffisante pour que l'enfant puisse s'approprier aisément le langage oral (Bertoncini & Busquet, 2011), ce qui justifie l'usage de la LPC. Selon

les données scientifiques, l'implant ne donne qu'une information auditive partielle et dégradée, qui n'est pas de même qualité que celle qui parvient à l'entendant (voir chapitre 1 section .2.2.2). L'importance de la lecture labiale dans la perception de la parole par les sourds munis d'un implant cochléaire et la complémentarité avec la LPC seront présentées dans cette partie.

.3.1 L'apport de la lecture labiale

L'importance de la lecture labiale dans la perception de la parole par les sourds munis d'un implant cochléaire est mise en évidence par les travaux sur la perception audio-visuelle de la parole et l'effet McGurk[16]. En situation de parole 'audio visuel' incompatible, Leybaert & Colin (2007), ont montré que des enfants sourds francophones avec IC ont tendance à donner des réponses basées sur la lecture labiale, tandis que les enfants entendants donnent majoritairement des réponses basées sur l'information auditive.

Cette perception multimodale de la parole a également des effets sur la production de parole des enfants. Une étude de Leggerstee (1990) a démontré que les nourrissons vocalisent davantage lorsque le son et les lèvres présentent une correspondance et qu'en revanche leurs vocalises diminuent lorsqu'il y a conflit entre le signal auditif et visuel. L'auteur conclut donc que les jeunes enfants sont capables de faire l'appariement audio-visuel et qu'ils prennent en compte les deux informations (visuelle et auditive) dans leurs vocalisations.

Une étude de Locke & Pearson (1992) montre également l'importance de la vision dans l'imitation. Selon eux, les enfants récupèreraient des informations visibles et/ou audibles selon leur statut dans l'acte langagier (observateurs ou participants). L'observation de l'activité de parole permettrait aux enfants l'apprentissage de l'association entre les mouvements visibles des lèvres et les prototypes sonores. Les propres productions des enfants, quant à elles, leur permettraient d'entendre des mouvements audibles et donc d'apprendre l'association entre les sons et l'articulation correspondante. Il semble, donc, que les productions des enfants entendants soient guidées par l'information auditive mais aussi visuelle. Les enfants exploitent ainsi toutes les modalités sensorielles afin d'intégrer dans leur langage, le plus grand nombre d'informations possibles.

Chez l'enfant sourd IC l'information visuelle présente un intérêt certain. L'implant seul ne fournit qu'une information phonétique imparfaite en ce qui concerne le lieu d'articulation et

[16] Phénomène illusoire qui montre une interférence entre l'audition et la vision lors de la perception de la parole. Cet effet suggère une multimodalité de la perception de la parole. L'effet McGurk se produit lorsque la vision et l'audition fournissent des signaux de parole incongrus.

de voisement. La discrimination fine de phonèmes proches n'est pas aisée. La lecture labiale prendrait alors le relais pour améliorer la compréhension de la parole (Pisoni, 2000). On peut donc penser que l'information visuelle continue de jouer un rôle important chez les enfants sourds avec IC. L'ajout d'informations visuelles, que ce soit la lecture labiale ou la lecture labiale plus la LPC, peut aider l'enfant sourd à développer des représentations riches, précises et multimodales de la parole.

Les données rapportées conduisent à penser qu'il est important de développer chez les enfants sourds des représentations multimodales, pas uniquement sur la base de l'audition, mais également sur la base de la vision et de la LPC. En complément de l'information auditive, les sourds implantés, tout comme d'ailleurs les entendants, ont recours au support visuel de la lecture labiale, pour décoder le message oral.

Plusieurs études montrent cependant que cette utilisation de l'information visuelle dépend du niveau d'incertitude du récepteur à propos de l'information auditive et de l'attention apportée à chaque modalité.

Leybaert & Colin (2007) ont testé douze enfants sourds avec IC, répartis en sous-groupes en fonction de l'âge d'implantation (un premier groupe d'âge moyen : 9,3 et un deuxième groupe d'âge moyen : 13,3). Leybaert & Colin (2007) ont montré que des enfants sourds francophones avec IC ont tendance à donner des réponses basées sur la lecture labiale, tandis que les enfants entendants donnent majoritairement des réponses basées sur l'information auditive. Elles montrent aussi que la tendance des enfants sourds avec un implant, à se baser davantage sur la vision lorsque les indices visuels et auditifs sont incompatibles, dépend de la situation expérimentale et des caractéristiques individuelles des participants. Cependant, dans une étude plus récente auprès de trente-et-un enfants sourds IC (Leybaert, Bayard, Huyse & Colin, 2012) observent que l'intégration audio-visuelle de la parole, chez les enfants implantés et les normo-entendants, est en réalité un processus plus adaptatif que ce qui a été présenté dans des recherches antérieures (Schorr, Fox, Van Wassenhove & Knudsen (2005); Leybaert & Colin, 2007). Leurs données illustrent le fait que l'importance de l'audition et de la vision dans la perception de la parole dépend de la situation expérimentale, qui modifie le niveau d'incertitude qu'a le récepteur à propos de l'information auditive et visuelle, et du poids accordé à chaque modalité. Les enfants avec implant et les normo-entendants donnent de l'importance à la modalité la plus informative. Cela suggère que les enfants avec implant ne sont pas enfermés dans une situation où ils ne pourraient dépendre que de la vision. Au contraire, ils vont utiliser la modalité la plus informative, soit visuelle, soit auditive. Les recherches montrent également que la perception audio-visuelle de la parole dépend de l'efficacité de la récupération auditive *via* l'implant, les enfants compétents étant « moins visuels » et « plus auditifs » que les moins compétents.

Les bénéfices d'une présentation audio-visuelles de l'information apparaissent dans différents aspects langagiers. Plusieurs études réalisées auprès d'enfants sourds pré-linguaux (surdité qui survient avant l'apprentissage de la parole, c'est-à-dire avant l'âge de trois ans) avec IC ont montré que la combinaison d'informations audio visuelles dans les tests de perception du langage parlé augmente la performances par rapport à des conditions audition seule ou information visuelle seule (Geers, Brenner & Davidson, 2003 ; Lachs , Pisoni & Kirk, 2001). Lachs & al. (2001) obtiennent des résultats similaires chez des enfants sourds implantés depuis deux ans en leur proposant une tâche de compréhension de phrases dans trois conditions de présentation : audition seule, visuelle seule, audition et visuelle. Les enfants sourds pré-linguaux avec un IC montrent un bénéfice d'un contexte multi-sensoriel lorsque la parole est présentée dans un format audiovisuel comparé à des formats auditifs seul ou visuel seul. De plus Bergson, Pisoni & Davis (2003) ont montré que la performance de reconnaissance de mots et de phrases en condition visuelle seule avant implantation est corrélée avec les performances à des mesures évaluant la parole et le langage trois ans après l'implantation, suggérant que les habilités de lecture labiale pré-implantation seraient un bon prédicteur du succès ultérieur et du bénéfice de l'IC. Il est possible que les enfants qui utilisent la lecture labiale le plus efficacement avant l'implantation soient aussi les plus efficaces à utiliser toutes les sources d'information sensorielle après implantation. Le bénéfice d'une présentation audio-visuelle varie selon le mode de communication de l'enfant sourd. Dans cette étude, Bergson & al. (2003) ont également relevé que les enfants sourds utilisant une communication orale (CO), obtiennent de meilleures performances en compréhension de phrases par rapport aux enfants soumis à une communication totale (CT). Cette différence apparaît dans les trois conditions de présentation : audition seule, visuelle seule, audition et visuelle. Plusieurs facteurs caractéristiques de l'expérience sensorielle précoce pourraient être responsables de cette différence entre les groupes (CO et CT). L'une des conséquences de l'utilisation de méthodes simultanées de communication chez les enfants CT est la présence d'une compétition entre la parole et la communication manuelle pour une attention et des ressources de traitement limitées en mémoire de travail. Toutes deux sont supposées jouer des rôles majeurs dans les tâches de compréhension du langage et de reconnaissance des mots. Un autre facteur a trait aux exemples de langage auxquels les enfants sont exposés dans leur environnement et qui sont probablement des modèles de langue moins riches linguistiquement. Rappelons, en effet, que la plupart des parents d'enfants avec une communication CT sont entendants et ne maîtrisent pas bien la langue des signes. Ces deux facteurs conduisent à une exposition plus limitée à la parole chez les enfants CT par rapport aux enfants CO. En conséquence, les enfants CT auraient plus de difficultés à encoder,

maintenir et retrouver les représentations phonologiques des mots et des phrases présentées à l'oral (Burkholder & Pisoni, 2003 ; Pisoni & Cleary, 2003). En outre, dans une tâche audiovisuelle de reconnaissance de mots où les informations visuelles et auditives sont en conflit, les enfants avec les niveaux d'audition les plus faibles s'appuient davantage sur les informations visuelles pour identifier un mot cible comparés à des enfants avec de meilleurs niveaux d'audition (Seewald & Ross, 1985).

En conclusion, ces éléments suggèrent que la modalité sensorielle primaire (principale) pour la perception de la parole est l'audition chez les enfants normo-entendants alors que la modalité sensorielle primaire (principale) est la vision chez des enfants présentant un déficit auditif qui utilisent la lecture labiale. Ainsi, si les enfants sourds dépendent principalement du canal visuel lors de la perception de la parole, que deviennent ces habilités de lecture labiale une fois que la voie auditive est restaurée *via* l'implant cochléaire ? Est-ce que la dépendance au canal sensoriel primaire (principale) change et est réorganisée après l'implantation cochléaire ? Il est possible que les enfants qui reçoivent un IC continuent à dépendre principalement des aspects visuels de la parole et complètent l'information labiale avec l'entrée auditive supplémentaire provenant de l'implant. De façon alternative, il est possible que les enfants IC apprennent progressivement à utiliser prioritairement les aspects auditifs de la parole au fur et à mesure de l'augmentation de l'expérience de l'utilisation de l'implant et qu'ils réorganisent le traitement des *inputs* sensoriels.

.3.2 Les apports de la LPC

Comme pour l'information visuelle apportée par le mouvement des lèvres, des études montrent l'intérêt de la LPC dans la perception de la parole, la constitution des représentations phonologiques, la complémentarité entre les informations visuelles et auditives, les bénéfices différentiels de la LPC selon l'âge d'implantation et la durée de l'exposition à celle-ci.

> Nouelle (2005) a soumis dix-neuf enfants implantés utilisateurs de la LPC à une tâche d'identification de mots. Ces enfants implantés (âge moyen : 8;8 ans, implantés depuis 4,7 ans en moyenne à un âge moyen de 3,10 ans) ont été exposés à des mots connus (enfant, mouton) et à des pseudo-mots (eufan, achou), présentés dans six modalités différentes (Lecture Labiale (LL) ; Audition (A) ; LL+LPC ; A+LL ; A+LL+LPC et A+ LL+ Bruit. Les résultats font ressortir des performances d'identification des mots plus importantes en condition audio-visuelle (LL+A) par rapport aux conditions unimodales auditives (perception sous implant) ou seulement visuelles (LL). Les enfants ont intégré les informations auditives et visuelles. L'ajout supplémentaire des clés LPC (LL+LPC), par rapport à la lecture labiale seule, améliore considérablement la perception des mots et des pseudo-mots (entendus pour la 1re fois). L'ajout des clés (LPC) en condition LL+A (perception normale de la parole *via* l'implant) augmente les performances de façon plus probante sur la perception de pseudo-

mots. L'ajout de l'information visuelle de la LPC à l'information auditive délivrée par l'implant cochléaire permet de fournir une perception de la parole et la constitution de représentations phonologiques plus précises qu'en mode unimodal (auditif seul ou visuel seul).

Bertoncini & Busquet (2011) pensent que les enfants implantés précocement ne fonctionnent plus comme des enfants sourds congénitaux qui n'ont pas profité de réhabilitation auditive. Il ne s'agit plus de substituer la voie visuelle à la voie auditive pour la construction du langage ou pour la réception du langage mais de rechercher une complémentarité idéale entre ses deux voies (visuelles et auditives). L'enfant reste sourd tout de même et a besoin d'une voie visuelle performante pour les moments[17] sans implant et il doit être capable d'utiliser sa seule voie auditive pour être autonome dans sa vie quotidienne. L'association LPC-IC serait ainsi appropriée au développement linguistique de l'enfant implanté précocement. Cependant, la diversité des cas et la façon dont évoluent les indications de l'IC obligent à reconsidérer l'utilisation de la LPC pour ces d'enfants IC. Par exemple, ces enfants ne regardent pas spontanément le visage de leur interlocuteur. Ils ne développent pas des compétences visuelles comme les enfants sourds implantés plus tardivement et exposés à la LPC très tôt. L'apprentissage par imprégnation de la LPC n'est pas possible et l'enfant implanté très tôt doit apprendre à décoder avec l'aide de stratégies éducatives, ou rééducatives au cours de ces apprentissages. Bertoncini & Busquet (2011) préconisent donc de renforcer la perception auditive et/ou visuelle afin d'obtenir un meilleur niveau de performance dans le traitement de la parole.

Leybaert, Bayard, Colin & LaSasso (2015) vont même plus loin. Elles émettent l'hypothèse que l'apprentissage du code LPC pourrait permettre au cerveau d'un enfant sourd IC de traiter les sons par le biais d'un type de traitement visuel. En effet, après l'implantation, la voie visuelle continue d'apporter un complément à la voie auditive restaurée, nécessaire au repérage des unités linguistiques indispensable à la construction du langage oral. Le code LPC, en se conformant à la parole, met en évidence l'aspect séquentiel du message. Le code LPC reflète ainsi clairement la succession des éléments importants dans la reconnaissance des mots. Enfin, la LPC permet de repérer les différents phonèmes de la langue parlée.

A l'issue de cette présentation succincte de certaines caractéristiques du développement du langage, de la perception et de l'attention visuelle chez l'enfant sourd, de l'effet de l'implantation cochléaire sur l'évolution de ces domaines cognitifs ainsi que l'enrichissement apportée par une présentation multimodale de l'information auditive, nous retenons les aspects suivants :

[17] Par exemple, quand l'enfant dort, se douche, va à la piscine, l'implant tombe en panne (problème de pile ou autre)…

- l'impact de l'implant cochléaire sur le développement du langage, la perception et l'attention visuelle
- le processus de perception multimodale de la parole et l'apport de la LPC en complément de l'IC.

A la suite des nos recherches concernant le développement cognitif de l'enfant sourd, nous constatons que les données scientifiques relatives à la mémoire de travail /la mémoire à court terme sont beaucoup moins nombreuses que celles sur le langage, alors même que comme nous le verrons dans le chapitre 3, elle joue un rôle important dans les activités cognitives complexes et par conséquent dans les apprentissages scolaires. C'est l'une des raisons pour laquelle nous avons choisi de consacrer notre étude empirique sur ce sujet.

Chapitre 3. Développement de la MCT/MDT de l'enfant sourd avec IC

Résumé :

Dans ce chapitre, nous présentons et discutons les modèles théoriques choisis dans le cadre de notre étude empirique. Les particularités de la mémoire à court terme ou de travail des enfants sourds avec IC sont évoquées en nous appuyant sur les modèles de référence. Les recherches réalisées expliquant les performances de maintien temporaire de l'information, les tâches utilisées et les capacités en MCT/MDT des enfants IC sont également présentées. Nous examinons, en dernier, l'incidence d'un contexte enrichi sur le développement de la MCT/MDT.

Ce chapitre est constitué de trois parties. La première décrit les deux modèles théoriques (Baddeley, 1990 et Majerus, 2009) sur lesquels nous nous sommes appuyées pour comprendre et tester les spécificités de la MCT/MDT des enfants sourds. Ils ont pour particularité d'expliquer le maintien temporaire de l'information en distinguant les modalités verbales et visuo-spatiales et en prenant en compte l'ordre sériel. Sont également précisées à la suite les tâches utilisées pour mesurer les effets de la modalité de l'information et de l'ordre sur la performance de rappel à court terme. La deuxième partie présente les caractéristiques du développement de l'empan en MCT/MDT chez l'enfant sourd et son évolution après l'implantation cochléaire. Différents facteurs sont évoqués, aussi, pour expliquer ces performances.

Dans la troisième partie, est abordée la question de l'influence d'un contexte enrichi (information multimodale à mémoriser) sur la MCT/MDT à travers l'influence du mode de communication, de la LPC et d'une présentation multimodale. Nous nous attardons, plus particulièrement, sur l'étude de Cleary, Pisoni, & Geers (2001) qui est le point de départ de l'étude empirique que nous avons menée dans le cadre de cette thèse.

.1 Modèles de référence expliquant les performances de maintien temporaire de l'information

Avant de nous engager dans la description de la conception de la mémoire que nous avons retenue, précisons au préalable les notions de MCT/MDT que nous étudions. La MCT/MDT est définie comme un mécanisme de stockage qui conserve dans un état délibéré de conscience l'information obtenue de la perception ou récupérée en MLT.

Engle, Tuholski, Laughlin et Conway (1999) distinguent deux types de tâches : les tâches de MDT qui requièrent un degré élevé de maintien actif de l'information en mémoire face à des informations en compétition et des activités cognitives complexes (traitement supplémentaire qui peut être associé à l'information présentée); les tâches de MCT qui impliquent un empan de mémoire plus simple (machinal) avec moins d'implication de l'attention active et contrôlée. Selon, Engle et al. (1999), les résultats empiriques suggèrent que la MCT sollicite une activité moins intense du centre exécutif (supposé contrôler des opérations de traitement) ; elle serait davantage liée aux traitements des sous-systèmes spécifiques, phonologique et visuo-spatial, bien que certains traitements actifs seraient aussi sollicités pour le maintien et la récupération en MCT. Dans notre écrit, nous utilisons l'association des deux termes MCT/MDT car il est parfois difficile de statuer sur les processus réellement mobilisés dans des tâches qui peuvent paraître simples pour l'enfant entendant mais sont en fait complexes pour l'enfant sourd. Une présentation auditive de l'information à mémoriser avec lecture labiale peut solliciter un contrôle plus important chez l'enfant sourd avec IC et correspond à une tâche de MDT plus qu'à une tâche de MCT, ce qu'elle peut être pour l'enfant entendant.

.1.1 Distinction des modalités verbale et visuo-spatiale

Cette distinction (V *vs* VS) de la nature de l'information à mémoriser est intéressante pour notre recherche car elle permet de distinguer, entre autre, deux traitements hypothétiques de la mémoire à court terme : le traitement des informations verbales et le traitement des informations visuo-spatiales. Cette distinction « théorique » devient effective pour l'enfant sourd. En étant privé de l'audition, l'enfant a tendance à développer des stratégies visuelles pour mémoriser.

Il existe chez les sourds, exposés à la LSF très tôt, de meilleures possibilités de traitement de l'information visuelle que chez les entendants. Les zones du cerveau, en particulier le lobe temporal et les zones d'associations audiovisuelles, ne sont pas occupées à traiter de l'information auditive et sont donc disponibles pour traiter l'information visuelle (Leybaert, 2005). Le bébé sourd a davantage besoin de traiter l'information visuelle et possède peut-être des ressources supplémentaires pour traiter cette information visuelle. Chez les enfants sourds implantés, on peut également penser que l'information visuelle continue à jouer un rôle important. Le fait que l'implantation ait lieu après un certain temps de vie (qui a tendance à se réduire, comme on l'a vu précédemment – cf. chapitre 1), explique que le très jeune enfant dépend surtout d'informations visuelles auxquelles l'information auditive plus ou moins dégradée vient s'ajouter (Leybaert, 2005). Cependant, le développement de ces

compétences visuelles n'est pas toujours spontané. Le plus souvent, cela nécessite des stratégies particulières, rééducatives ou pédagogiques, stratégies qui reposent sur une bonne connaissance des fonctions visuelles à mettre en œuvre selon les circonstances (Mazeau, 2005).

.1.1.1 Description de modèles intégrant la distinction verbale visuo-spatiale : Baddeley et Majerus

L'analyse des processus en jeu dans des tâches de mémoire à court terme est devenue plus précise dans le cadre des théories qui se sont référées à la notion de mémoire de travail qui cherche à rendre compte de l'articulation entre stockage et traitement de l'information. Un des modèles le plus élaboré de la mémoire de travail est celui développé par Baddeley (1986). Il a imaginé une architecture cognitive dynamique, à composantes multiples, représentant un système de mémoire de travail. Baddeley (1990) définit la mémoire de travail comme un système multi-composantes (figure 9), composé d'un « centre exécutif » (*central executive CE*), aussi appelé « administrateur central » selon les traductions, et de ce que Baddeley appelle des « systèmes esclaves » (*slave systems*). Ceux-ci sont au nombre de deux : la « boucle phonologique » (*articulatory loop*) aussi appelée « boucle articulatoire », et le « calepin visuo-spatial » (*visuo-spatial scratch-pad* ou *sketch-pad*) également traduit par « tablette » ou « ardoise visuo-spatiale ». Baddeley (1986) attribue aux systèmes esclaves des fonctions de stockage de l'information, stockage qui est spécifique au matériel (verbal *vs* visuo-spatial). En 1986, Baddeley souligne que la composante majeure de son modèle est le CE, tout en précisant qu'elle est aussi, si ce n'est la moins aboutie, la moins comprise. A cette période-là, il attribue au CE une fonction essentiellement attentionnelle.

Dans une dernière version de son modèle, Baddeley (2000) ajoute une nouvelle composante : le *buffer* épisodique ou « tampon » (*episodic buffer*). Celui-ci est défini comme un système de stockage à capacité limitée capable d'intégrer de l'information provenant de différentes sources ; l'information y serait stockée dans un code multidimensionnel. Tout comme les systèmes esclaves, il serait sous le contrôle du CE, qui aurait la capacité de récupérer l'information dans le *buffer* et, si nécessaire, de la modifier et/ou de la manipuler. Baddeley conçoit cette nouvelle composante comme une « interface temporaire » entre les systèmes esclaves et la MLT, permettant la combinaison d'informations issues de différents sous-systèmes en une représentation temporaire.

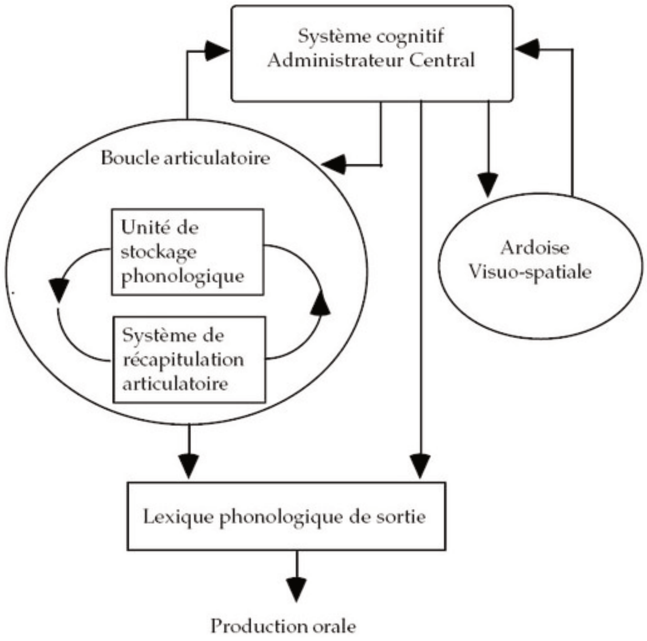


Figure 9 : Modèle de la mémoire de travail d'après Baddeley (1990) [18]

Dans ce modèle, deux sous-systèmes sont supposés composer le système esclave spécialisé dans le traitement des informations verbales : un composant passif de stockage phonologique (boucle phonologique) et un composant actif de répétition subvocale (boucle articulatoire). Le composant passif est soumis à l'effacement s'il n'est pas réactivé et maintenu par un processus subvocal. D'un point de vue développemental, les études concernant des tâches de mémoire à court terme, montrent une dissociation entre boucle phonologique et boucle articulatoire. En effet, la première est fonctionnelle très tôt (dès trois ans) alors que la deuxième l'est plus tardivement (vers sept ans) et est mature à douze ans.
Les données concernant l'empan visuo-spatial sont plus hétérogènes du fait essentiellement de la variété des taches utilisées. Parmi ces tâches, le test des blocs de Corsi se présente sous la forme d'un cadre sur lequel sont disposés neuf blocs d'une manière non symétrique. L'expérimentateur détermine une sélection des blocs qu'il pointe au sujet un par un et celui-ci doit répéter la séquence présentée. Le nombre de blocs choisis croit avec les essais et la réussite du sujet. L'empan est évalué à quatre blocs chez l'enfant de cinq ans et jusqu'à quatorze blocs chez l'enfant de onze ans (Fayol & Gaonac'h, 2007). Pour beaucoup d'auteurs, le développement de l'empan visuo spatial est plus tardif que celui de l'empan verbal. Une augmentation des performances est attestée vers cinq-six ans. Les performances adultes semblent être atteintes vers onze-douze ans.

[18] *« Compétences cognitives, linguistiques et sociales de l'enfant sourd » de C Hage, B Charlier & J Leybeart (2006), p 103.*

Plusieurs recherches ont mis en évidence des stratégies de recodage verbal du matériel visuo spatial. De Ribaupierre, Lecerf & Bailleux (2000) ont mis en évidence l'évolution des stratégies dans le traitement d'un matériel visuo-spatial en comparant les performances de mémorisation d'un tel matériel dans des situations de double tâche selon la nature de la tâche ajoutée soit spatiale soit verbale. Les auteurs ont utilisé une figure de clown (*Mr Peanut*) sur laquelle étaient placés des jetons colorés dont des enfants de six, huit, dix ans et des jeunes adultes devaient rappeler la position (localisation) et la couleur (association couleur position). Chez les enfants, la tâche concurrente spatiale conduit à diminuer les scores de rappel contrairement à la tâche concurrente verbale. Chez les jeunes adultes c'est l'inverse. L'encodage spatial serait donc prédominant jusqu'à dix ans puis deviendrait verbal pour les jeunes adultes. Les auteurs interprètent ces résultats par le fait que la tâche principale visuo-spatiale est réalisée en faisant appel à des représentations visuo-spatiales chez l'enfant (jusqu' à dix ans) et verbale chez l'adulte.

Le modèle de Baddeley constitue une référence pour une grande majorité des données empiriques dans le domaine de la surdité et du développement du langage chez l'enfant. Récemment une étude de Michalczyk, Malstädt, Worgt, Könen et Hasselhorn (2013) confirme la validité de ce modèle.

> Dans cette étude, les auteurs ont examiné la structure de la mémoire de travail et l'invariance des mesures de la mémoire de travail chez des enfants âgés de cinq à douze ans. Ils ont testé mille-six-cent-soixante-neuf enfants, répartis en trois groupes d'âges : 5–6 ans (n = 284), 7–9 ans (n = 690), et 10–12 ans (n = 695), en leur administrant une batterie de douze sous-tests de mémoire de travail. Ils retrouvent une structure tripartite de la mémoire de travail similaire avec une boucle phonologique, un calepin visuo-spatial et un centre exécutif pour les trois tranches d'âges. Seulement une différence plus faible a été observée concernant le lien entre la boucle phonologique et le centre exécutif pour les enfants âgés de cinq à six ans par rapport aux enfants plus âgés. Leurs résultats corroborent le modèle de la mémoire de travail de Baddeley (1986). Les auteurs de cette recherche indiquent qu'il serait intéressant d'ajouter une extension à ce modèle en proposant une quatrième composante : l'inhibition.

D'autres auteurs comme Majerus et ses collègues (Majerus, Heiligenstein, Gautherot, Poncelet & Van der Linden, 2009 ; Majerus, 2009) proposent aussi une modélisation de la mémoire à court terme en distinguant la nature de l'information à mémoriser : verbale *vs* visuelle. Pour chacune de ces MCT, ce modèle A-O-STM (*Attention, Order Short-Term Memory* activation model) (figure 10) possède trois composantes.

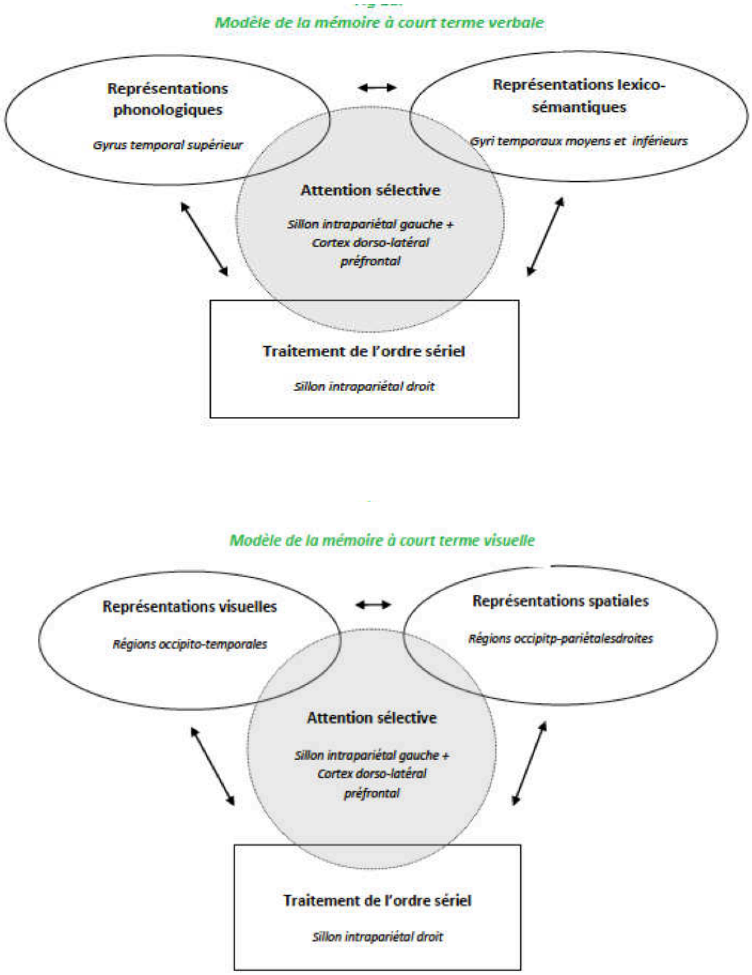


Figure 10 : Modèle de la mémoire à court terme de Majerus, 2009

Pour la MCT verbale, l'attention sélective prend une place centrale. Celle-ci interagit avec le système langagier pour l'encodage et le maintien de l'information « *item* » (rappel de mots) d'une part, et avec un système assurant le traitement de l'ordre sériel d'autre part. Un lien bidirectionnel permet également de rendre compte de l'importance des capacités de traitement de l'ordre sériel pour l'apprentissage de nouvelles séquences verbales activées dans le système langagier.

Selon ce modèle, les performances aux tâches d'empan verbal seraient déterminées par l'interaction entre l'attention sélective, le système langagier (en particulier les représentations phonologiques des mots) et un système de traitement de l'ordre des *items*. Les erreurs de rappel de mots (‘*Item*’) seraient un indicateur de la capacité d'encodage et du maintien de l'information verbale alors que les erreurs d'ordre des mots à rappeler seraient un indicateur de la capacité de traitement et de stockage de l'ordre sériel.

Une modélisation similaire est proposée pour la MCT visuelle en remplaçant les systèmes de représentation du langage par des systèmes de représentation des informations visuelles et spatiales.

.1.1.2 Tâches verbales et visuo-spatiales

L'évaluation de base de la MCT consiste en l'administration de tâches d'empan de chiffres, d'empan de mots et d'empan visuo-spatial bien connues. Ces tâches donnent une première estimation des capacités fonctionnelles de la mémoire à court terme, tout en confondant les aspects connaissances à long terme, ordre sériel et attention.

Dans ces tâches, pour la modalité verbale, on peut présenter oralement des séquences de chiffres ou de mots de longueur croissante pour un rappel sériel immédiat, à raison de plusieurs essais par longueur (avec un minimum de deux), et on détermine le niveau d'empan. Le rythme de présentation des *items* est d'un *item* par seconde.

En ce qui concerne la modalité visuo-spatiale, les tâches les plus classiques sont le test de Corsi (empan séquentiel) et le test des *patterns* visuels (empan simultané). Pour le test de Corsi les séquences à retenir et à reproduire consistent en des séquences visuo-spatiales désignées par l'examinateur sur une planche de bois qui comporte neuf petits blocs distribués de façon irrégulière et non symétrique. Pour le test des *patterns* visuels, le sujet doit rappeler l l'emplacement des cases noires d'une grille. Le nombre de cases augmente progressivement. Concernant l'interprétation précise des processus impliqués pour ces deux types de tâches de mémoire à court terme visuo-spatiale, notons que Pickering et Gathercole (2001) ont proposé une distinction entre processus statiques et dynamiques. Ainsi, une partie de la mémoire à court terme visuo-spatiale serait spécialisée pour stocker des images figées, et une autre partie serait spécialisée dans le stockage d'images en mouvement (scènes animées, films, etc.). Une autre distinction souvent proposée est celle entre mémoire à court terme visuelle (rétention des détails visuels fins d'un objet, par exemple un visage) et mémoire à court terme spatiale (rétention de localisations d'objets). Dans ce contexte, le test de Corsi consiste plutôt en une mesure des processus dynamiques, alors que l'empan visuo-spatial simultané correspond plutôt à une mesure statique (Majerus, 2013). Par ailleurs, le test de Corsi nécessite une reproduction sérielle de la séquence à mémoriser, et donc implique également la rétention de l'ordre sériel.

.1.2 Mécanisme de traitement de l'ordre sériel

L'organisation ordonnée des pensées et des actions est un aspect du comportement dont l'importance est soulevée depuis des décennies (Ebbinghaus, 1964; Lashley, 1951). La capacité d'effectuer des actions dans un ordre prédéterminé est essentielle non seulement à

l'exécution d'actes moteurs simples, mais également à la réalisation d'activités cognitives de haut niveau telles que la production ou la compréhension du langage. L'ordre des mouvements vocaux dans la prononciation du mot, l'ordre des mots dans la phrase, l'ordre des phrases dans le paragraphe et l'ordre rationnel des paragraphes dans un discours sont tous des aspects du langage qui incluent un aspect de sériation (Chamberland, 2010). De même, au plan grammatical, chaque langue possède sa propre structure dans laquelle une série d'arrangements est prédéterminée. Le langage est donc une fonction cognitive mettant en évidence l'importance du traitement de l'ordre dans la réalisation des activités cognitives.

.1.2.1 Description

Plusieurs chercheurs dans le domaine de la MCT suggèrent que le traitement de l'ordre serait soutenu par un mécanisme indépendant de la nature des *items* (Avons, Ward, & Melling, 2004; Nairne & Kelley, 2004). Le traitement et le maintien de l'information «ordre sériel» s'effectuerait *via* un système spécifique, encodant l'ordre sériel sur base de codes temporels (Brown, Preece, & Hulme, 2000 ; Burgess & Hitch, 2006 ; Gupta, 2003).

Selon Majerus (2010), dans une tâche d'empan classique, deux types d'information doivent en effet être maintenus et rappelés : les *items* présentés (information «*item*») et l'ordre dans lequel les *items* ont été présentés (information «ordre sériel»). Des études récentes ont montré que la distinction entre information «*item*» et information «ordre sériel» est capitale pour mieux comprendre la nature des processus sous-jacents aux tâches de mémoire à court terme verbale. Elles ont montré que les effets des connaissances langagières décrits ci-dessus sont les plus importants pour le rappel de l'information «*item*» (mesuré par le nombre d'erreurs d'*item* : omission, paraphasies, intrusions), par rapport au rappel de l'information «ordre sériel» (mesuré par le nombre d'erreurs d'ordre : *items* de la liste rappelés dans des positions sérielles incorrectes). En d'autres termes, les connaissances langagières affectent surtout le rappel des *items*, mais beaucoup moins le rappel de l'ordre dans lequel les *items* ont été présentés. Ainsi, si la mémoire à court terme verbale garde une spécificité en tant que système distinct des connaissances langagières, c'est peut-être justement à cause du stockage de l'information «ordre sériel». La logique sous-jacente est la suivante : s'il existe un lien causal entre capacités de la mémoire à court terme verbale et l'acquisition du vocabulaire, tel que postulé par un certain nombre d'auteurs (Baddeley, Gathercole & Papagno, 1998 ; Gathercole, Willis, Emslie, & Baddeley, 1992) alors un lien devrait être spécifiquement observé pour la composante «ordre sériel» et le niveau de vocabulaire ; un lien entre la composante «*item*» et le niveau de vocabulaire refléterait simplement la mesure commune du niveau de développement des connaissances langagières, étant donné que le rappel de l'information «*item*» est fortement dépendant des connaissances langagières.

Sur la base de ces travaux, Majerus & al. (2009) proposent que les tâches de mémoire à court terme verbale mesurent à la fois le maintien de l'information « *item* » et le maintien de l'information « ordre sériel », le premier étant déterminé en grande partie par les connaissances langagières existantes, et le deuxième étant sous-tendu par un système plus spécifique, indépendant des connaissances langagières mais contribuant à l'apprentissage de nouvelles séquences verbales. Ainsi, la capacité à stocker l'information «ordre sériel» est un facteur à prendre en compte lors de la compréhension du développement des capacités de la mémoire à court terme verbale chez l'enfant. Même si les études à ce sujet sont encore rares, quelques travaux ont révélé que la précision d'encodage de l'information « ordre sériel » augmente avec l'âge, le nombre des erreurs d'ordre (rappel du mot dans le mauvais ordre) diminuant avec l'âge (McCormack, Brown, Vousden, & Henson, 2000). Ainsi une augmentation importante des erreurs «*item*» (omissions, intrusions, paraphasies sémantiques et/ou phonologiques) indiquerait plutôt un problème dans les connaissances langagières alors qu'une augmentation importante des erreurs de position sérielle (*item* correct rappelé mais pas dans le bon ordre par rapport à la série de départ) indiquerait davantage un problème au niveau du traitement et du stockage de l'ordre sériel.

Conformément à cette proposition, des enfants ayant une dégradation des connaissances langagières présentent une augmentation importante des erreurs «*item*», alors que le nombre d'erreurs d'ordre reste inchangé, voire diminue dans les tâches de rappel sériel immédiat (tâches identiques aux tâches d'empan sauf que le même nombre de listes est administré à tous les participants et qu'il n'y a pas de règle d'arrêt comme pour l'empan ; Majerus, Norris, & Patterson, 2007).

Un effet de la position sérielle est observé lorsque le rappel des premiers et des derniers *items* de la liste est meilleur que celui des *items* intermédiaires. Ces effets, connus respectivement sous les noms d' « effet de primauté » et « effet de récence », constituent la signature typique d'une tâche de rappel sériel. Plusieurs mécanismes sont proposés pour expliquer, entre autres, l'effet de primauté (Chamberland, 2010). Selon une perspective traditionnelle, l'effet de primauté provient du fait que la quantité d'autorépétition accordée aux premiers *items* d'une liste est supérieure aux autres *items* de la séquence (Atkinson & Shiffrin, 1968). Cet avantage permet aux premiers *items* d'être transférés dans une mémoire plus durable, soit la mémoire à long terme. Des modèles plus récents attribuent plutôt l'effet de primauté à l'interférence rétroactive survenant lors du rappel des *items* (Nairne, 1988) ou au caractère distinctif des premiers *items* d'une liste (Neath, 1993).

Selon les modèles classiques de MCT (Baddeley & Hitch, 1974), l'autorépétition est le mécanisme responsable du maintien des pour maintenir les *items* en mémoire lors d'une

tâche de rappel sériel. Ainsi, pendant la présentation des stimuli, les participants tendent à auto-répéter constamment les *items* présentés jusqu'à la phase de rappel. Dans le cadre d'une tâche de mémoire sérielle, effectuer une autorépétition pendant la présentation des stimuli revient à sélectionner à maintes reprises la réponse à produire.

Hurlstone, Hitch & Baddeley (2014) analysent les phénomènes d'ordre sériel dans des tâches de mémoire à court terme verbales, visuelles et spatiales. Ils proposent de faire un lien avec la théorie de la « file d'attente » c'est-à-dire un modèle qui représente l'accès séquentiel d'un ensemble d'*items* à des ressources limitées. Dans ce système, les *items* sont activés simultanément de façon parallèle avec comme règle du traitement l'ordre des *items* : l'*item* le plus fort est le premier produit. Les auteurs ont cherché à examiner si les mécanismes responsables de la production de l'ordre sériel sont les mêmes pour les domaines verbaux et visuo-spatiaux. D'après leur analyse, les auteurs suggèrent que ces mécanismes responsables de l'ordre sériel pour des *items* verbaux, visuels et spatiaux sont planifiés et contrôlés par un système de file d'attente cyclique similaire. Les *items* les plus actifs (forts) sont ensuite rappelés au cours du temps. Cependant il existe encore peu de recherches prouvant cette affirmation pour des *items* de nature spatiale et /ou visuelle. Les auteurs avancent l'idée que la boucle phonologique et le calepin visuo-spatiale du modèle de la mémoire de travail de Baddeley et Hitch (1974) seraient contrôlés par ces mécanismes.

.1.2.2 Mesure du respect de l'ordre

Une méthode classique pour distinguer les deux mécanismes décrits précédemment (mémorisation des *items* et mémorisation de l'ordre des *items*) consiste à analyser les erreurs commises lors d'une tâche de rappel sériel. Alors que la mémoire de l'ordre est associée aux erreurs de transposition (rappeler un *item* présent dans la séquence à une mauvaise position sérielle), la mémoire de l'*item* est plutôt associée aux erreurs d'omissions (*item* non rappelé) et d'intrusions (*item* rappelé non présent dans la séquence). En analysant le type d'erreurs commises lors d'une tâche de rappel sérielle verbale, Bjork & Healy (1974) montrent que le traitement de l'ordre et le traitement de l'*item* pourraient posséder des propriétés distinctes. Les auteurs rapportent entre autres que la mémoire de l'ordre s'estompe plus rapidement que la mémoire de l'*item*. De même, les erreurs de transpositions se manifestent surtout sur les *items* médians alors que le traitement de l'*item* semble indépendant de la position sérielle. Par ailleurs, certains phénomènes en MCT affectent différemment ces deux types de traitement. Par exemple, Nairne et Kelley (2004) observent que la similarité phonologique des mots facilite le rappel de ces *items* mais diminue la capacité à traiter l'ordre dans lequel ils ont été présentés dans la séquence.

.1.2.3 Facteurs influençant le respect de l'ordre

- Le langage

Dans plusieurs études, Majerus & al. (2009) ont observé que le rappel de l'information « ordre sériel » est associé de façon systématique au niveau de vocabulaire chez les enfants de six ans et de sept ans, alors que ceci est moins le cas pour le rappel de l'information « *item* ». Par ailleurs, les capacités de rappel de l'information « ordre sériel » mesurées auprès d'enfants âgés de quatre ans prédisent leur niveau de vocabulaire ultérieur (quand ils sont âgés de cinq ans) ; ceci n'est pas le cas pour les capacités de rappel de l'information « *item* », une fois le niveau de vocabulaire initial contrôlé. En même temps, ils ont observé que le rappel de l'information « *item* » est influencé par les connaissances langagières existantes.

- Ensemble limité d'*items*

La probabilité de se tromper au niveau de l'information « *item* » est relativement faible quand les mots sont sélectionnés de façon répétitive à partir d'un ensemble limité de huit ou neuf mots. Au fur et à mesure des essais, le participant sait quels mots vont être présentés et il doit surtout retenir leur ordre d'apparition. Ainsi, le meilleur test pour le rappel de l'information « *item* » consiste en la présentation de listes de mots où chaque mot n'est utilisé qu'une seule fois sur l'ensemble de la tâche.

.1.3 Distribution des ressources et contrôle

Cowan (1995) considère, que la mémoire à court terme verbale résulte de l'activation temporaire des connaissances à long terme stockées dans le système langagier. Il estime que des capacités attentionnelles sont nécessaires pour le maintien de ces activations temporaires.

D'autres modèles attentionnels ont été développés plus spécifiquement pour les tâches de mémoire de travail. Barrouillet, Bernardin et Camos (2004) pensent que le maintien des informations, que ce soit dans des tâches de mémoire à court terme ou des tâches de mémoire de travail, dépend de capacités attentionnelles contrôlées.

Chez Baddeley (2000), c'est le centre exécutif (CE) qui contrôle l'ensemble du système en répartissant l'attention entre les composants du système de traitement de l'information. Le CE est responsable du fonctionnement des deux autres systèmes subordonnés (boucle phonologique et calepin visuo spatial). Le rôle du CE est de répartir au mieux les ressources dans les autres composantes du système.

.2 Les performances en MCT/MDT des enfants sourds avec IC

On a longtemps considéré que les enfants sourds (sans IC) présentaient de manière quasi générale des déficits en mémoire que ce soit à court ou à long terme. Une façon de le démontrer consistait souvent à comparer les empans de mémoire des enfants sourds à ceux de leurs pairs entendants. Il existe de très anciennes recherches qui ont étudié la mémoire des individus sourds en la comparant à des personnes entendantes. Par exemple, Mott en 1899 a démontré que les personnes sourdes rappellent, en moyenne, moins d'éléments que leurs pairs entendants dans différentes tâches de mémoire.

Des études plus récentes montrent que les différences dans la représentation mentale, l'expérience et l'organisation de la connaissance influent sur les différences de performances mnésiques entre sourds et entendants. Ces études sont détaillées ci-après.

.2.1 Capacités verbales mesurées avec l'empan de chiffres

Les recherches antérieures réalisées sur la MCT/MDT des enfants sourds avec IC ont presque exclusivement utilisé la tâche classique d'empan de chiffres endroit/envers incluse dans la batterie du WISC[19] (Wechsler, 1991). Ces recherches ont essentiellement été menées en collaboration avec l'équipe de Pisoni.

.2.1.1 Définition, description

Une méthode classique pour évaluer les différences individuelles dans la capacité de MDT est de trouver le nombre d'*items* familiers qui peuvent être rappelés dans l'ordre sériel. L'empan de chiffres est la mesure la plus utilisée. Elle comporte deux variantes : empan de chiffres endroit et empan de chiffres envers. L'empan de chiffres endroit consiste en un simple rappel verbalisé de la liste de chiffres et l'empan de chiffres envers demande de reproduire une liste donnée de chiffres dans l'ordre inverse (Wechsler, 1991). Le test commence habituellement par deux ou trois chiffres. La longueur de la liste augmente d'un *item* lorsque l'individu répète correctement un nombre donné de séquences (deux ou trois). L'empan endroit exige une répétition des séquences de chiffres sans aucune manipulation des *items* de la séquence ; il sollicite la MCT verbale et la boucle phonologique (BP) plus que le centre exécutif (CE). L'empan envers requiert à la fois la MCT verbale et les opérations de

[19] Echelle d'intelligence de Wechsler pour enfants et adolescents

traitements concurrentes qui consistent à réordonner délibérément la séquence de chiffre avant la sortie (*output*). L'empan envers requiert de ce fait une attention contrôlée volontaire et une allocation des ressources ce qui implique une plus grande implication du CE de la MDT.

.2.1.2 Distribution normale/ retard

Les recherches utilisant l'empan de chiffres démontrent que la MCT/MDT verbale des enfants IC est atypique et présente un retard par rapport aux enfants normo-entendants (Pisoni et Geers, 2000 ; Pisoni et Cleary, 2003).

Dans une étude réalisée auprès de cent-soixante-seize enfants sourds IC prélinguaux, âgés entre huit et neuf ans et utilisant l'IC depuis plus de cinq ans, Pisoni et Cleary (2003) ont trouvé que les enfants IC obtenaient des longueurs moyennes d'empans endroit et envers plus petites par rapport aux enfants normo-entendants (NE). Ils montrent également que la distribution des performances est quasiment normale dans leur échantillon.

.2.1.3 Evolution post implantation

Les enfants étudiés par Pisoni et Cleary (étude de 2003) ont été revus huit ans plus tard (Pisoni et al., 2011). Ils obtiennent à chacune des évaluations des scores plus faibles aux empans de chiffres par rapport à des enfants NE. Par rapport à la norme du WISC III[20], les scores totaux se situent à plus d'un écart-type sous la moyenne à chaque évaluation ; de plus, l'empan endroit est plus touché que l'empan envers. Pisoni et al., suggèrent que le CE pourrait être moins sévèrement touché bien que l'empan envers se situe encore sous la moyenne de la norme (Conway, Pisoni, Kronenberger, 2009 ; Pisoni , Conway, Kronenberger, Horn, Karpicke & Henning, 2008).

Pisoni et al. (2011) ont également observé une amélioration chez les enfants IC par rapport à leurs pairs NE pour les scores d'empan endroit entre les âges de huit et seize ans. Les auteurs ont aussi relevé que plus de la moitié de l'échantillon des enfants IC continuaient à se situer à un écart-type sous la moyenne par rapport à leurs pairs NE de seize ans. Les scores d'empans envers dans l'échantillon des enfants IC diffèrent moins que les scores d'empan endroit par rapport aux normes des âges huit-neuf ans mais le pourcentage de l'échantillon des cent-douze enfants restants, qui différait de plus d'un écart-type des normes, augmente pour l'empan envers durant la période postérieure à huit ans.

---

[20] Echelle d'intelligence de Wechsler pour enfants et adolescents, troisième édition (1996 en France)

.2.1.4 Profils d'évolution et trajectoires

L'évolution des performances en MCT/MDT des enfants IC, les changements et les trajectoires ont également été étudiés afin de mettre en évidence des sous-groupes et profils d'évolution dans le but de mieux comprendre ce qui sous-tend la performance en MCT/MDT.

Harris, Pisoni, Kronenberger, Gao, Coffrey et Miyamoto (2011) ont, dans une étude longitudinale réalisée auprès de cent-dix enfants sourds IC, âgés de trois à quinze ans (moyenne 7,2 ans) avec au moins deux ans d'utilisation de l'IC, analysé la courbe de croissance développementale des performances. Ils ont ensuite étudié les profils d'évolution des empans au cours du temps et ont isolé les sous-groupes d'enfants sourds. Ils ont relevé quatre sous-groupes : le sous-groupe 1 correspond aux enfants qui ont une augmentation correspondant à leur âge pour l'empan à l'endroit comme pour l'empan à l'envers (la pente est égale ou plus grande que la pente obtenue avec l'échantillon normé du test « CMS[21] ») ; le sous-groupe 2 comporte des enfants qui ont une augmentation dans la norme pour l'empan à l'endroit et une augmentation sous la courbe moyenne pour l'empan envers (la pente est moindre par rapport à celle du CMS) ; le sous-groupe 3 est constitué d'enfants qui ont une augmentation au-dessous de la moyenne pour l'empan endroit et une augmentation correspondant à l'âge pour empan envers (l'augmentation est plus faible que celle du CMS pour l'empan endroit et correspond à celle du CMS pour l'empan envers) et le sous-groupe 4 (dix -neuf enfants IC sur cent-dix ; 17,27%) a une augmentation sous la moyenne à la fois pour les empans endroit et envers.

Kronenberger & al., Miyamoto (2013) ont étudié le développement de la MCT/ MDT en prenant trois mesures des performances à une tâche d'empan de chiffres (endroit pour la MCT et envers pour la MDT), sur une période de deux ans auprès de soixante–six jeunes sourds IC, âgés de six à seize ans. Ils ont mis en évidence des sous-groupes à partir des performances en empan endroit et envers et de leurs évolutions et ont étudié leur fréquence dans l'échantillon. Les résultats de cette étude longitudinale mettent en évidence trois sous-groupes pour l'empan endroit : le sous-groupe 1 correspond au score initial le plus bas, à l'augmentation la plus faible de l'empan endroit entre les mesures finale et initiale (plus faible pente de croissance de la courbe dans le temps) et au plus faible score d'empan endroit par rapport à la norme établie chez les enfants entendants. Il est nommé « Faible score, faible augmentation ». Le sous-groupe 2 correspond à un score initial, une augmentation générale des scores se situant entre les sous-groupes 1 et 3 avec une pente plus élevée que celle du sous-groupe 1. Il est nommé « Score intermédiaire, forte augmentation ». Le sous-groupe 3 présente le score initial le plus élevé, une augmentation des scores correspondant aux âges étudiés avec une pente comparable à celle du sous-groupe 2. Il est nommé « Score de base élevé, augmentation élevée ». En terme de fréquence, le sous-groupe le plus important ou trajectoire la plus fréquente est le sous-groupe 2. Il est constitué de trente-deux enfants IC sur soixante-six. Ces enfants se situent sous la moyenne correspondant à la norme établie chez les enfants NE pour la première comme pour la dernière évaluation. Une faible proportion d'enfants IC, douze sur soixante-six, se situent dans le sous-groupe 3.
En ce qui concerne l'empan envers, mesurant la MDT, le sous-groupe le plus important, quarante-trois enfants IC sur soixante-six, se situe également à un niveau intermédiaire pour

[21] Echelle de mémoire pour enfants, Cohen (2001)

le score initial suivi d'une pente faible. Tout comme pour l'empan endroit les scores se situent sous les normes correspondantes obtenues auprès d'enfants NE de même âge.

En résumé, les auteurs observent des profils variés avec une majorité de jeunes qui se retrouvent en dessous de la norme établie chez les enfants NE et constatent un développement des capacités MCT/MDT chez le jeune enfant jusqu'au début de l'adolescence.

.2.2 Capacités visuo-spatiales

Après avoir défini et décrit la mémoire de travail visuo-spatiale des enfants sourds IC, nous présentons plusieurs recherches concernant la MDT visuo-spatiale de ces enfants. Elles sont rares et les résultats en sont contradictoires.

.2.2.1 Définition, description

Lorsqu'un enfant est sourd ou malentendant, tout le monde s'attend à ce qu'il développe ou sur-développe ses capacités visuelles, et ce dans tous les domaines de la cognition : perception, action, mémorisation, représentations, etc. Cette attente n'est souvent même pas explicite, tant il semble "évident" que le déficit d'une sensorialité conduira "spontanément" et automatiquement l'enfant à utiliser des compensations dans un autre secteur perceptif réputé intact, notamment la vision. On pourrait donc penser que la mémoire de travail visuo-spatiale des enfants IC est performante.

Des études ont montré que les personnes sourdes signantes étaient plus performantes dans la manipulation d'images mentales visuelles (Emmorey, Kosslyn, & Bellugi, 1993). Les auteurs leurs ont proposés, par exemple, des tâches de mémoire de reconnaissance de formes (visages), de maintien d'images avec des temps de rétention plus ou moins longs et de rotation mentale. Le fait que les personnes sourdes avec une communication orale ne présentent pas ces avantages serait lié à l'utilisation de la LSF et non à la surdité. Wilson & Emmorey (1997) ont montré que ces résultats sont attribuables à la nature de la représentation mentale utilisée dans le codage en mémoire (codes basés sur la parole *vs* codes basés sur les signes). Elles se sont demandées s'il pouvait exister une boucle phonologique basée sur les signes dans le domaine visuo-spatial. Vingt quatre jeunes adultes sourds signants, d'âge moyen vingt-sept ans, ont été testés. Tous avaient une perte auditive de plus de 80 db et étaient atteints de surdité congénitale. Pour les auteurs, la langue des signes étant une langue visuo-spatiale, elle pourrait fournir une base nécessaire pour permettre à une boucle phonologique avec des codes basés sur les signes visuo-spatiale de se développer. Les études menées par Wilson et Emmorey auprès de cette population suggèrent que la MDT d'un sourd signant pourrait effectivement contenir une boucle

récapitulative dans le domaine visuo-spatial avec des propriétés structurelles proches de celles d'une boucle phonologique dans le domaine verbal. Cette boucle 'phonologique basée sur les signes' pourrait permettre aussi aux sourds signants de développer des compétences visuo-spatiales non linguistiques. Ainsi, les auteurs ont constaté que les sujets sourds signants avaient des performances supérieures à leurs pairs entendants au test des blocs de Corsi. Ils émettent l'hypothèse que les personnes sourdes empruntent des représentations linguistiques visuo-spatiales pour les aider à effectuer des tâches visuo-spatiales non linguistiques. D'après leurs données, la boucle phonologique emprunterait la structure de la langue (avec un statut auditif ou non) pour se construire et se développer dans le domaine verbal ou visuo-spatial.

D'autres études ont mis en évidence la supériorité des processus visuo-spatiaux chez les sourds du fait de l'entrainement par la langue des signes (Parasnis & al., 1996 ; Wilson & Emmorey, 1997).

Des études suggèrent, en revanche, que les enfants atteints de surdité congénitale ont des empans visuo-spatiaux normaux, et que leur mémoire immédiate dans la modalité visuelle serait réduite (Mayberry, 1992). Le lien entre de telles observations et l'apprentissage doit être encore exploré.

.2.2.2 Résultats divergents

Concernant les résultats de MDT visuo-spatiale des enfants avec IC, les résultats sont rares et contradictoires : certaines recherches font apparaître les performances inférieures des enfants sourds avec IC dans des tâches de MDT visuo-spatiale alors que cette différence n'apparaît pas dans d'autres recherches.

> Cleary, Pisoni, & Geers (2001) rapportent des performances inférieures aux enfants normo entendants dans des tâches de MDT visuo-spatiale et suggèrent que les enfants avec IC ont un retard de développement. Même quand les stimuli sont des « lumières seules », les enfants sourds IC ont plus de mal à mémoriser que les enfants NE (voir étude détaillée dans le chapitre 3.3.2).
>
> Dawson, Busby, McKay, & Clark (2002) ont étudié vingt-quatre enfants IC âgés de cinq à onze ans, avec une moyenne d'utilisation de l'IC de quatre ans et demi, appariés à vingt-quatre enfants NE sur l'âge chronologique et le genre. Ils ont comparé les performances dans plusieurs conditions de mémorisation. Dans une première condition, les enfants entendent les deux mots enregistrés *fish* et *dog* et doivent les reproduire avec le mode de communication qu'ils préfèrent (oral ou oral + LS). Dans une deuxième condition, les enfants doivent reproduire la séquence auditive en appuyant sur le bouton associé aux stimuli auditifs. Dans une troisième condition, les séquences d'images « de poisson » et des images « de chien » ont été présentées et ils ont demandé à l'enfant d'utiliser le bouton associé à l'image pour reproduire la séquence. Deux tâches supplémentaires ont été proposées : une tâche d'imitation de mouvements de mains (poing fermé ou main ouverte) que l'enfant doit

reproduire et une tâche d'imitation de son (« ton ») que l'enfant doit reproduire à l'aide des boutons associés à chaque son. Ils obtiennent, en moyenne, des scores inférieurs pour les enfants sourds IC dans toutes les tâches proposées. Des différences significatives ont été trouvées pour la condition où les stimuli d'images « de chien » et « de poisson » ont été utilisés. Une différence tendancielle a été trouvée (p=.06) pour la tâche d'imitation de mouvements de mains. Ces résultats montrent que les enfants IC ont davantage de difficultés à encoder et à rappeler des listes de stimuli visuels et spatiaux que les enfants normo-entendants.

Cleary & Pisoni (2003) ont vu trente-et-un enfants sourds IC, d'âge moyen 8,7 ans, avec une durée moyenne d'utilisation de l'IC de 5,78 ans, appariés à trente-et-un enfants NE sur l'âge chronologique et le genre. Cette étude examine les performances des enfants à des tâches de mémoire issue de la CMS (*Children's Memory Scale*) : la mémorisation (durant cinq secondes) de l'emplacement de six pastilles bleues statiques (*memory for static patterns of dots*) à reproduire immédiatement après avoir caché le modèle et dans l'ordre que l'enfant veut dans une grille 3x4 et la reconnaissance de visages non familiers. Parmi une série de trente-six visages, l'enfant doit reconnaitre les douze visages mémorisés auparavant (deux secondes par visage) répondant par oui s'il reconnaît le visage et par non s'il ne reconnaît pas le visage. Les résultats de cette étude indiquent que les performances des enfants sourds IC, pour la tâche de mémorisation de l'emplacement de pastilles statiques, sont en accord avec les normes d'un développement normal bien qu'en deçà des résultats des enfants normo-entendants du groupe contrôle. Par contre, pour la tâche de reconnaissance de visages les résultats des enfants sourds IC sont inférieurs aux normes d'un développement normal et au groupe contrôle des enfants normo-entendants. Pour cette tâche la différence des performances entre les deux groupes est significative.

On retrouve aussi dans une étude de Wass (2009) des résultats similaires. Il a examiné dix-neuf enfants sourds IC âgés entre 5;7 et 1;4 ans implanté entre 1;9 et 10 ans dont onze sont implantés des deux oreilles. Leurs performances ont été comparées à cinquante-six enfants NE de même âge et de même niveau scolaire. La capacité en mémoire de travail visuo-spatiale a été mesurée à partir du test des matrices progressives de Raven (non verbal). Wass (2009) n'obtient pas de différences significatives entre les enfants IC et les enfants NE. Leurs performances sont comparables.

Egalement, Marschark Morrison, Lukomski, Borgna & Convertino (2013) ont montré, chez des personnes plus âgées, que des étudiants sourds obtenaient des scores dans des tâches de MDT visuo-spatiale semblables voire inférieurs à ceux de leurs pairs entendants. Ils ont comparé trente-neuf étudiants sourds dont quatorze avec un IC à trente-deux normo-entendants. Le mode de communication principal est la langue des signes pour les étudiants sourds. La réussite aux tâches visuelles était associée à la réussite de résolutions de problèmes en mathématiques. Les auteurs ont utilisé sept tâches différentes permettant d'examiner leurs aptitudes visuo-spatiales (en lien avec l'apprentissage) : une tâche d'habilités visuelle et spatiale (identifier deux ou trois pièces qui composent une forme cible), une tâche de rapidité de perception visuo-spatial (*Visual Matching*), une tâche de reconnaissance d'images (mesure la capacité mnésique visuelle), une tâche de décision visuelle rapide (localiser puis entourer rapidement deux images semblables dans une rangée constituée de six symboles), une tâche qui consistait à retrouver des objets dans une scène composée d'oiseaux et de fleurs (tâches de figures incorporées) ainsi que le test des blocs de

Corsi. Leur étude montre que les étudiants sourds ne sont pas nécessairement de meilleurs apprenants visuels que les étudiants entendants.

Ces résultats contradictoires peuvent être dus au choix des tâches proposées aux participants. En effet, les tâches de Cleary et al. (2001) peuvent s'appuyer sur un recodage verbal des *items*, tandis que chez Dawson et al. (2002) les capacités en MDT visuo-spatiale des enfants IC ne diffèrent pas de leurs pairs entendants dans des tâches où les *items* étaient peu propices à un codage verbal et peuvent être un bon indicateur d'une mesure composite de la réception d'un message comme par exemple : syntaxe, concepts linguistiques et catégories grammaticales. De plus, Cleary & al. (2003) suggèrent que les difficultés de mémorisation des enfants sourds IC peuvent être dues au fait que la plupart des tâches visuo-spatiales utilisées exigent un rappel ordonné d'une séquence.

Pour examiner cet effet éventuel des tâches, Bharadwaj, Maricle, Green, Allman (2015) ont étudié la MCT et la MDT verbale et visuo-spatiale chez les mêmes enfants sourds profonds IC avec un large éventail de tâches.

Dix enfants sourds profonds âgés entre sept et onze ans, dont huit d'entre eux sont implantés des deux oreilles (IC bilatéral) et deux ont un IC unilatéral, ont participé à cette recherche. Sept enfants ont été implantés avant l'âge de trois ans et trois entre trois et demi et quatre ans et demi. Leur mode de communication principal est l'oral et il n'a pas été nécessaire d'avoir un interprète en LS. Aucun des enfants examinés ne présente de trouble associé à la surdité.

Bharadwaj & al. (2015) ont administrés plusieurs tests issus de la WJ III COG NU (*Woodcock Johnson III Tests of Cognitive Abilities, Normative Update)*, de la WISC-IV (*Wechsler Intelligence Scale for Children*) et de la KABC-II (*Kaufman & Kaufman*) ont été administrées aux enfants dont une tâche d'empan de chiffres (mesure l'empan de la mémoire de travail verbale (-auditive-)) à l'endroit et à l'envers, une tâche d'empan visuo-spatial envers et endroit où le sujet regarde l'examinateur toucher une série de blocs qu'il doit ensuite reproduire immédiatement dans l'ordre à l'endroit ou à l'envers, une tâche de rappel de mots à reproduire dans l'ordre et une tache de mouvement de la main qui mesure la capacité de l'enfant à imiter des stimuli visuo-spatiaux selon un ordre sériel, effectués par l'examinateur (poings fermé, main ouverte, ou côté de la main) et qui sollicite la mémoire séquentielle visuelle et la mémoire de travail visuo-spatiale.

Les résultats indiquent que les enfants sourds IC sont plus performants dans des tâches visuo-spatiales que dans les tâches auditivo-verbales. Concernant les tâches visuo-spatiales, leurs résultats se situent dans la norme par rapport à leur âge tandis que les performances dans des tâches auditivo-verbales sont en dessous des moyennes normées par rapport à leurs âges.

Cette étude confirme que la MCT/MDT des enfants sourds profonds et congénitaux fonctionne différemment selon les modalités de présentation de mémorisation. Cette MCT/MDT semble présenter deux modalités spécifiques distinctes. La privation de l'audition acquise dès la

naissance affecterait les capacités cognitives comme le rappel et la production d'informations verbales séquentielles.

En résumé, les recherches sur les différents aspects de la capacité de mémoire de travail visuo-spatiale chez des enfants avec IC sont relativement rares. Elles rapportent des performances inférieures ou équivalentes à leurs pairs entendants.

.2.3 Facteurs évoqués pour expliquer le retard, les profils

Nous présentons dans cette partie plusieurs hypothèses expliquant le retard concernant l'encodage et le stockage phonologique, l'ordre des *items* à rappeler ainsi que la gestion des ressources et le contrôle exécutif.

.2.3.1 Encodage et stockage phonologique

En analysant les productions orales de dix enfants âgés de neuf à douze ans, sourds profonds pré-linguistiques, Dodd (1976) montre que les sourds ne sont pas démunis de connaissances phonologiques, ou du moins de capacités à les acquérir. Elle constate, en effet, que huit de ces dix enfants disposent d'un répertoire de phonèmes complets.
Ces informations phonologiques semblent toutefois être plus difficilement utilisées dans le codage phonologique comme ont pu l'observer Campbell et Wright (1989) dans une tâche de rappel, dans laquelle les sujets sourds avaient plus de difficultés à rappeler des objets dont le nom était plus long. Hanson (1982) montre également chez les sourds de moins bons rappels ou de moins bonnes reconnaissances de listes lorsqu'elles sont composées de mots phonologiquement longs.

Cet effet de la longueur des mots résulterait d'une vitesse d'articulation plus lente, d'une moindre efficience du *scanning visuel*, ou de la moindre précision des représentations phonologiques.

Burkholder et Pisoni (2003) ont examiné le lien entre l'empan de mémoire, la vitesse d'articulation et le *timing* de la parole pendant le rappel. La vitesse d'articulation à voix haute constitue une mesure de la vitesse de la récapitulation subvocale en MDT chez les entendants : les locuteurs qui articulent le plus rapidement ont également des empans de mémoire plus importants (Baddeley, Thompson & Buchanan, 1975). Plus un individu parle vite, plus il récapitule de manière subvocale, et plus les *items* à rappeler peuvent être

rafraîchis dans la boucle phonologique. Un taux d'articulation rapide va donc faciliter le rappel de davantage d'*items* et permettre d'obtenir un empan de mémoire plus important.
L'efficience des processus de MCT dépend aussi du *scanning* sériel (Cowan, Keller, Hulme, Roodenrys, McDougall & Rack, 1994). Le *scanning* est le mécanisme qui permet que chaque *item* d'une même liste soit localisé de façon individuelle en MCT. Ce mécanisme est réalisé en retrouvant les *items* dans une liste de façon sérielle pendant chaque pause inter-mots lors du rappel. Cowan et al. (1994) ont trouvé que les enfants de huit ans articulaient plus rapidement et avaient des pauses inter-mots plus courtes dans le rappel immédiat que les enfants de quatre ans. Ces données suggèrent une amélioration de la récapitulation en fonction de l'âge.
Le maintien des informations en MCT dépend également de la différenciation et de la précision des représentations phonologiques des items. Willems (2003) a étudié le développement de la mémoire phonologique des enfants sourds IC en observant les effets de rime et de longueur. L'effet de longueur étant mesuré par la longueur de mots à mémoriser. Les mots longs prennent plus de temps à être prononcés et récapitulés sub-vocalement. L'empan de mémoire est donc plus faible pour des listes d'*items* longs. L'effet de rime désigne le fait que le rappel sériel immédiat est moins bon lorsque les séries de mots à rappeler riment. Les traces en mémoire des mots se confondent et donc la performance de rappel diminue du fait de la confusion phonologique entre les mots. Afin de tester ces hypothèses, l'auteur a créé une tâche d'empan comprenant trois conditions, une contrôle, une avec effet de rime et une avec effet de longueur de mots, et ceci, dans deux modalités pour chaque condition : audition seule et audiovisuelle (avec lecture labiale). Vingt deux enfants sourds IC ont été vus avec un âge chronologique moyen de 6,85 ans et un âge moyen d'implantation de trente-huit mois. Ils ont été comparés à cinquante-et-un enfants entendants appariés sur le niveau scolaire. L'auteur obtient des effets de rime et de longueur. Par ailleurs, à âge égal, les enfants IC obtiennent des empans inférieurs aux enfants entendants.
De même, Harris, kronenberger, Gao, Hoen, Miyamoto & Pisoni (2013) attribuent les plus faibles scores d'empans endroit et envers de soixante-six enfants sourds après implantation cochléaire, se situant sous les moyennes normées établies chez les pairs normo-entendants (NE), à leurs représentations phonologiques dégradées ou faiblement spécifiées du langage parlé (Burkholder & Pisoni, 2003).

Afin d'étudier expérimentalement l'hypothèse de l'influence du codage phonologique dans les tâches de MCT, MacSweeney, Campbell & Donlan (1996) ont examiné la variété des codages utilisés par des adolescents sourds dans des tâches de mémoire à court terme ainsi que le

code privilégié. Ils ont utilisé deux techniques : l'interférence avec l'encodage et l'autorépétition de listes grâce à une activité concurrente, puis la variation de la similarité entre les entrées (*items* d'une liste). Ces techniques sont utilisées chez les NE pour démontrer la primauté du codage de la parole. Pour comparer les groupes sur une même base, ils n'ont gardé que les participants qui atteignaient 50 % de réussite dans une condition de rappel sans interférence. Pour la même raison, ils ont utilisé des images pour ne pas créer un désavantage initial pour les enfants sourds en présentant des mots écrits. Ils leur ont proposé de choisir leur mode de communication.

Dans une première expérience, ils ont manipulé de façon systématique l'encodage et l'autorépétition en imposant des activités de suppression du code durant la présentation d'*items* sous la forme d'images. La suppression était 1) linguistique soit articulatoire par la répétition simultanée, à voix haute, de « *because, because* » en même temps que la tâche d'empan, bloquant ainsi la boucle phonologique, soit une suppression de signes par la répétition de « *because, because* » (-signé (réalisé avec les deux mains) ; ou 2) motrice soit manuelle par la répétition simultanée de coups frappés alternativement par la main droite sur les genoux puis la main gauche, bloquant ainsi l'autorépétition par les signes, soit motrice générale avec les pieds (condition contrôle) par la répétition continue de coups frappés alternativement avec le pied droit puis le pied gauche. Les enfants sourds ont été comparés à deux groupes d'enfants NE dont l'un était apparié sur l'âge en lecture (âge moyen 7,7 ans) et l'autre apparié sur l'âge chronologique (âge moyen 14,8 ans). Les enfants sourds étaient douze adolescents âgés de douze à seize ans (âge moyen : 14,9) de parents entendants et utilisant une communication totale (Oral + langue des signes : LS).

Les enfants NE et sourds sont influencés par la suppression articulatoire, leurs empans étant plus faibles. Les enfants sourds sont cependant moins sensibles à l'effet de suppression articulatoire que les enfants NE appariés sur l'âge en lecture. La suppression manuelle mobilisant une main réduit l'empan chez les enfants sourds et les enfants NE les plus jeunes. Enfin la suppression des signes mobilisant les deux mains a une influence uniquement chez les enfants sourds.

Dans une deuxième expérience, ils ont manipulé la similarité entre les items à mémoriser. Ils ont proposé des tâches de rappels dans l'ordre de listes d'images similaires sur le plan visuel, phonologique ou de la forme du signe en LS. Les études antérieures ont montré que chez les enfants NE, l'utilisation d'un code basé sur l'image diminue lorsqu'ils commencent à utiliser des mécanismes basés sur le langage pour le rappel alors que, chez les enfants sourds, le codage basé sur l'image pourrait continuer à être une stratégie mnésique pertinente. Aussi les auteurs supposent que si les sourds ont accès à différents codes mnésiques, ils seront capables de surmonter les effets liés aux similarités dans les différents codes. Treize enfants sourds appariés sur l'âge en lecture, d'âge moyen 15,3 ont été vus ainsi que des enfants NE, répartis en trois groupes, le premier apparié sur l'âge en lecture (dix enfants d'âge moyen 8,5), le deuxième composé d'enfants d'âge moyen 5,5 et un troisième groupe d'âge moyen 11,4. Seuls les enfants qui atteignaient 50 % de réussite dans une condition de rappel sans interférence ont été intégrés aux analyses. Dans l'ensemble, les enfants sourds obtiennent des scores comparables aux enfants NE de huit ans appariés sur l'âge en lecture. Leurs rappels des images similaires sur les plans phonologiques et visuels suggèrent qu'à ce niveau du développement de la mémoire les codes de la parole et imagés soutiennent le rappel immédiat. Il peut toutefois être noté que les enfants sourds sont moins influencés que les

enfants NE, appariés sur l'âge en lecture, par les images dont les noms sont phonologiquement similaires. Ils sont moins sensibles à la proximité phonologique des mots car ils auraient moins aisément accès aux représentations phonologiques ou seraient moins enclin à utiliser un codage phonologique. Les résultats des adolescents sourds suggèrent aussi qu'ils utilisent un codage basé sur la LS. Ainsi ils utiliseraient une combinaison de codes. Les résultats soulignent également l'utilisation prédominante du codage verbal pour les enfants NE de onze ans et du codage visuel par les enfants NE de cinq ans. Les groupes d'enfants sourds et NE de cinq ans, huit ans et onze ans sont aussi influencés par les images dont la forme est similaire bien qu'à un faible niveau. Enfin, et de façon surprenante, les enfants NE de huit et cinq ans sont, tout comme les enfants sourds, sensibles à la similarité de la forme des signes bien que les enfants NE n'aient pas connaissance de la LS. Ce codage commence à influencer leur rappel vers l'âge de huit ans. A onze ans il semble correspondre au code dominant dans la tâche proposée.

Pour les enfants sourds, l'expérience 1 souligne l'utilisation de codes à la fois basés sur les signes et la parole, utilisation confirmée par l'expérience 2 et celle-ci montre également l'utilisation du codage visuel (basé sur l'image). En ce qui concerne la dominance des codes, les groupes d'enfants NE sont davantage touchés par les manipulations du codage phonologique par rapport aux enfants sourds. Ceci suggère que chez les enfants sourds un unique code ne domine pas les autres comme cela est le cas chez les enfants NE. Cette étude confirme aussi qu'avec des images, l'empan de mémoire immédiate des enfants sourds adolescents ressemble à celui d'enfants NE les plus jeunes. Par conséquent, la disponibilité des codes alternatifs (comme ceux basés sur le visuel et les signes) ne semble pas protéger l'empan de mémoire des enfants sourds. Les auteurs s'interrogent sur les raisons pour lesquelles l'utilisation de codes multiples ne conduit pas à un avantage chez les enfants sourds dans une tâche de rappel dans l'ordre. Ils évoquent l'ordre sériel.

L'importance de la qualité du langage dans l'efficience de la MCT/MDT a été mise en évidence dans de nombreuses études ainsi que la relation réciproque. Outre le codage phonologique, le rappel d'items individuels serait également influencé par l'organisation de l'information.
En ce qui concerne la relation réciproque entre MCT/MDT verbale et niveau langagier, Pisoni & Geers (2000) ont relevé une corrélation significative entre une mesure d'empan de chiffre endroit (avec énonciation et lecture labiale autorisée) et une tâche de reconnaissance de mots oralisés chez quarante-trois enfants sourds IC. Dans une analyse complémentaire réalisée auprès de quatre-vingt-huit enfants sourds (Pisoni, Cleary, Geers & Tobey, 2000), ces auteurs ont constaté que cette corrélation restait significative après avoir pris en considération la variabilité liée aux différences d'âges, au mode de communication, à la durée de la privation auditive, à la durée de l'utilisation de l'implant, à l'âge d'apparition de la

surdité, aux nombres d'électrodes actives dans l'IC et à une mesure de discriminations des traits auditifs de la parole.

Dans une autre étude complémentaire comportant un échantillon de cent-soixante-seize enfants sourds de huit à neuf ans, Pisoni & Cleary (2003) confirment cette corrélation après le contrôle de ces différents variables entre l'empan de chiffres et la reconnaissance de mots oralisés. L'empan de chiffres endroit a une contribution spécifique de 7% à la variance des scores de reconnaissance de mots oralisés non expliquée par les autres variables alors que l'empan de chiffres envers n'a qu'une très petite contribution.

Pisoni et al. (2011) ont montré des relations significatives dans une étude longitudinale entre les scores d'empan endroit à huit-neuf ans et des scores en perception de la parole, la reconnaissance de phrases, le vocabulaire huit ans plus tard aux âges de seize à dix-sept ans. De plus, les scores d'empans endroit à seize et dix-sept ans sont aussi significativement corrélés aux mesures du langage à ce même âge. Enfin les changements dans les scores d'empan endroit entre huit-neuf ans et de seize à dix-sept ans prédisent la perception de la parole, le vocabulaire et des habilités de langage plus complexe à l'âge de seize à dix-sept ans.

L'étude longitudinale de Kronenberger et al. (2013) montre également une relation entre les profils d'augmentation des habilités en MCT/MDT et le développement des habilités relatives à la parole et au langage. Certaines trajectoires des habilités verbales de MCT/MDT sont reliées à un développement plus positif des habilités de langage alors que d'autres trajectoires sont associées à un taux plus faible de développement du langage. Les enfants avec un score de base plus élevé de MCT verbale présentent une augmentation plus rapide dans les habilités langagières (vocabulaire en réception, habilités langagières complexes en réception et expression, reconnaissance de mots), que les enfants avec un score de base plus bas en MCT verbale. Cette étude montre également que le développement dans le temps de la MCT/MDT est associée non seulement au niveau de parole et langage de la session finale mais aussi à l'augmentation des habilités de parole et de langage pendant l'enfance et adolescence.

Harris et al. (2011), dans une étude longitudinale réalisée auprès de cent-dix enfants sourds IC, ont montré avec des tâches d'empan de chiffres endroit et envers que les enfants d'un sous-groupe (le numéro quatre) qui présentent des difficultés dans la MCT verbale et la MDT verbale ont des performances les plus faibles sur les mesures évaluant la parole et le langage lors de la session finale.

Harris et al. (2013) ont observé que les scores correspondant aux séquences les plus longues à l'empan de chiffres endroit à huit-neuf ans sont significativement corrélés avec la réussite aux mesures relatives à la parole et au langage chez les adolescents alors que les scores à l'empan de chiffres envers corrèlent uniquement avec les mesures du fonctionnement du langage de plus haut niveau. Dans cette étude, les scores de base de l'empan endroit sont de meilleurs prédicteurs de la réussite relative à la parole et au langage par rapport à leur progression dans le temps même si cette progression est un prédicteur supplémentaire des mesures de la parole et du langage dans les équations de régression.

Pisoni & Cleary (2003) ont également observé dans une population d'enfants sourds IC, âgés de huit à neuf ans, des inter-relations entre la MDT et la compréhension de phrases ainsi qu'une mesure de reconnaissance de mots oralisés.

.2.3.2 Ordre des *items* à rappeler

L'ordre sériel, c'est-à-dire la capacité à respecter une organisation séquentielle est un autre aspect évoqué pour expliquer les différences observées dans les scores d'empan endroit. Les

enfants sourds privés d'accès au langage auraient moins d'opportunité de développer leur attention et habilités à respecter un ordre sériel. Des recherches ont en effet montré que le sens de l'audition est intimement lié au temps et à la perception de l'ordre sériel. De ce fait, une moindre expérience avec le son durant le développement précoce pourrait avoir une influence sur les fonctions cognitives dédiées à la perception, la manipulation et l'organisation de séquences temporelles de stimuli non verbaux, des pensées et des actions.
La capacité à respecter un ordre séquentiel a tout d'abord été examinée dans le domaine non verbale.

> Conway, Karpicke, Esperanza, Henning, Kronenberger & Pisoni (2011) ont étudié les capacités d'enfants sourds avec IC à reproduire des séquences motrices. Les épreuves proposées appartiennent à la NEPSY[22] (Korkman, Kirk & Kemp, 1998) : séquence motrice (Taper : le subtest est composé de deux parties : *tapping* répétitif -taper un doigt- et *tapping* séquentiel-doigts tapés dans une séquence du pouce vers l'auriculaire-), réponse d'inhibition (cogner et frapper), perception tactile (discrimination de doigts), intégration visuo-motrice (copie de figures). Ils ont également présenté une tâche d'apprentissage et de mémoire visuo-spatiale (subtest « localisation de points ») de l'échelle de mémoire pour enfant (*Children Memory Scale* : CMS ; Cohen, 1997), ainsi que deux mesures considérées comme des covariants : une épreuve de MCT verbale ; la tâche d'empan de chiffres à l'endroit et envers du WISC III, et une épreuve de vocabulaire (*Peabody Picture vocabulary test*).
> Les résultats montrent que les enfants sourds IC ont des difficultés avec la tâche de séquence motrice (taper) uniquement. Leurs performances aux autres tâches non verbales, sont proches des enfants entendants du même âge qui ont un développement typique. Par ailleurs, la performance au subtest de séquences motrices est significativement corrélée au niveau de langage des enfants sourds avec IC et plus particulièrement la partie la plus complexe de *tapping* séquentiel et non la partie de *tapping* répétitif. Cette corrélation significative persiste lorsque les effets de la tâche de MDT auditivo verbale et de vocabulaire sont contrôlés. Les auteurs proposent que ce qui explique la corrélation unique avec le subtest est le fait que le langage consiste en un pattern complexe d'unités linguistiques (phonèmes, syllabes, mots) qui apparaissent elles aussi dans une séquence temporelle. En fait, la capacité à apprendre implicitement des patterns séquentiels complexes serait un prérequis important du développement des habilités de traitement du langage (Conway, Karpicke, & Pisoni, 2007; Conway & Pisoni, 2008).

La privation auditive, plutôt que le retard de langage, contribuerait aux difficultés dans les séquences motrices. Parce que le son est un signal qui par nature se déploie de façon temporelle, il est possible qu'un manque d'exposition à une entrée (*input*) séquentielle durant le développement précoce suscite un développement atypique des processus cognitifs qui sont impliqués dans l'encodage et la représentation de patterns (modèles) séquentiels. Selon cette conception, le son apporterait une sorte « d'échafaudage/ d'ossature » (un cadre support) pour le traitement d'un *input* sériel. Par conséquent, une privation auditive pourrait

[22] NEPSY (Korkman, 1997) est une batterie d'évaluation pour enfants de 3 à 12 ans

avoir des conséquences négatives pour l'encodage, la représentation et la reproduction de patterns sériels indépendamment de la modalité sensorielle (Conway & al., 2009). D'ailleurs, les données montrent la présence d'un traitement séquentiel perturbé chez les sourds dans différents domaines (Pisoni, Conway, Kronenberger, Henning & Anaya, 2010 ; Rileigh & Odom, 1972 ; Todman et Seedhouse, 1994).

La capacité en mémoire à court terme verbale est souvent mesurée à partir de tâches de rappel de listes de mots dans l'ordre. Dans une étude, Bavelier, Hall, Supalla & Boutla (2008) montrent que les sourds signants (vingt d'âge moyen vingt-deux ans) et les entendants (vingt d'âge moyen vingt ans) encoderaient l'ordre de l'information de façon différente, les entendants s'appuyant préférentiellement sur l'encodage temporel et les sourds signants préférentiellement sur l'encodage spatial. Un avantage des représentations basées sur la parole sur les représentations basées sur les signes, lors de l'encodage et le maintien de l'ordre temporel, prédit que les entendants et les sourds signants ne doivent pas se différencier dans tous les aspects de la mémoire à court terme linguistique, mais plutôt sur les tâches qui impliquent un ordre de rappel. Dans cette étude, les auteurs confirment que les sourds signants et les entendants se différencient lorsque les tâches impliquent un empan sériel linguistique mais montrent une performance similaire pour les tâches qui ne requièrent pas d'ordre temporel. Ils observent des performances de rappel équivalentes lorsque la parole et les signes sont utilisés (sans ordre temporel). De plus, en analysant dans quelle mesure l'ordre initial de présentation est maintenu durant le rappel, ils établissent que, par défaut, les sujets entendants de parents sourds signants donc natifs de l'ASL (dix-sept d'âge moyen 23,1 dont quinze avec les deux parents sourds signants) maintiennent l'ordre temporel initial plus facilement lorsqu'ils rappellent en anglais oral en comparaison avec le rappel en langue des signes. Ce résultat confirme différentes préférences dans les deux modalités de langage par rapport au maintien de l'ordre temporel.
Les personnes oralisantes dépassent les personnes signantes (la plupart sourdes) lorsqu'elles rappellent une liste d'*items* verbaux non reliés à restituer dans l'ordre. Cette différence dans l'empan sériel a été trouvée non seulement pour la langue des signes Américaine mais aussi pour d'autres langues des signes. Ce phénomène pourrait provenir du fait que l'empan de la langue des signes est visuo-spatial contrairement à la langue orale qui est séquentielle. Il est établi que l'empan visuo-spatial atteint un maximum de 4-5 dans différentes tâches (Cowan, 2001), qui est proche du même empan typiquement observé chez les personnes signantes. Cependant, il y a de nombreux travaux comme ceux de Wilson & Emmorey (1997, 1998, 2003) qui indiquent que les personnes signantes s'appuient sur un processus qui ressemblent davantage à un codage verbal qu'à un codage spatial. En supposant que les personnes

signantes utilisent un codage linguistique (plutôt que visuo-spatial), et que les facteurs connus qui influencent l'empan de la MCT linguistique, sont contrôlés, comment dans ce cas peut-on expliquer la différence d'empan sériel entre les personnes signantes et personnes oralisantes ? Afin d'examiner cette question plus précisément, Hall & Bavelier (2011) ont étudié dans quelle mesure le codage verbal ou visuo-spatial est utilisé dans chacune des trois étapes principales de traitement de la mémoire à court terme la perception, l'encodage et le rappel. Ils ont présenté les items sous une forme verbale ou signée ou bimodale, ont demandé un encodage verbal ou signé, puis un rappel verbal ou signé.

> Ils ont rencontré soixante-treize normo-entendants bilingues ASL-Anglais, et analysé les données de soixante-et-un sujets, dont la moitié d'entre eux (n=31) ont des parents sourds et ont acquis à la fois l'ASL et l'Anglais comme premier langage dans l'enfance ; l'autre moitié (n=30) sont des entendants natifs de l'Anglais qui n'ont pas appris l'ASL avant l'adolescence ou plus tard. Pour mesurer la MCT, les auteurs ont considéré deux indicateurs communément utilisés dans une tâche de rappel sériel : l'empan et le score. L'empan est mesuré par la longueur (nombre d'items à mémoriser) la plus longue à laquelle un participant rappelle correctement au moins une séquence (sur plusieurs séquences de même longueur proposées), ce qui peut être interprété comme un index brut de capacité : c'est-à-dire, combien d'*items* peuvent être maintenus en MCT. Le score, quant à lui, est mesuré par le nombre d'essais corrects que le participant a rappelés avant d'échouer les deux essais d'une longueur donnée. Il est légèrement plus sensible, mais moins simple à interpréter en termes de capacité de mémoire. Ils ont de plus évalué la vitesse de rappel est estimée en calculant le temps que les participants mettent pour rappeler une séquence, du début du premier *item* à la fin du dernier *item*. La fluence en ASL, quant à elle, a été vérifiée en demandant aux participants de remplir un questionnaire de contexte langagier qui comporte une auto-estimation séparée, sur une échelle de 1 à 4, de la compréhension de l'ASL et de la production, où 1 correspond à faiblement et 4 correspond à parfaitement.
>
> Les résultats montrent que les étapes de la MCT sont différemment influencées par le langage utilisé et révèlent une contradiction. En effet, l'utilisation de l'Anglais oral durant la présentation et/ou durant la répétition conduit à un empan de la MCT plus élevé alors que l'utilisation de l'ASL durant le rappel conduit à une empan plus élevé en MCT. De plus, la répétition en Anglais n'est pas aussi efficace pour augmenter l'empan quand la présentation était en ASL. L'effet le plus robuste est l'avantage de l'Anglais pour l'encodage. Les contributions combinées des facteurs de perception et d'encodage sont illustrées par l'interaction entre le langage de présentation et le langage de répétition. La répétition en Anglais est la plus efficace pour augmenter l'empan lorsque la présentation est en ASL. La présentation bimodale conduit à une meilleure mémorisation que la parole seule ou les signes seuls. Ainsi, il est possible que le composant le plus critique de l'avantage du langage de présentation ne soit pas ses caractéristiques acoustiques (qui pourraient encore jouer un rôle chez les sujets entendants), mais plutôt la reconnaissance d'autres représentations basées sur la parole.

Ces différents résultats suggèrent que bien que les signes et la parole partagent la même architecture mnésique, ils pourraient se différencier au niveau de l'efficacité avec laquelle les représentations linguistiques se déplaceraient dans la boucle phonologique. Un résultat

surprenant qui émerge des données de cette étude est l'avantage subtil de l'ASL durant le rappel.

Une recherche de Emmorey, Bosworth, & Kraljic (2009) suggère que le contrôle de la production des signes serait kinesthésique, alors que la perception des signes serait visuelle. En cohérence avec les résultats de Hall & Bavelier (2011), cette explication pourrait alors prédire la moindre interférence entre la perception des signes et le contrôle des signes. Les auteurs soutiennent aussi la proposition que les personnes signantes s'appuieraient de façon moins prédominante sur l'autorépétition pour le maintien sériel en MCT que les personnes oralisantes. Les entendants seraient hautement spécialisés pour l'autorépétition machinale dans des tâches de mémoire verbale, tandis que les personnes signantes invoqueraient plus probablement plusieurs codes internes. Selon cette conception, les sourds signants pourraient faire un plein usage de la redondance durant la tâche de MCT. La caractéristique la plus surprenante serait la plus forte dépendance des personnes oralisantes à un seul code lors de tâches de MCT linguistique sérielles. Il est possible qu'un haut degré de spécialisation chez les parleurs soit dû à un avantage intrinsèque d'un code de parole quand un matériel verbal doit être rappelé de façon sérielle. D'autre part, ce haut degré de spécialisation pourrait résulter d'un entraînement, en particulier de l'acquisition du maintien phonétique explicite lors de l'apprentissage de la lecture.

.2.3.3 Gestion des ressources et contrôle exécutif

La sélection des informations perçues, leur gestion lors du maintien sont des aspects du fonctionnement cognitif susceptibles d'expliquer les différences dans le rappel d'information à maintenir temporairement en mémoire. Ces aspects sont associés à la capacité d'auto-régulation qui s'exerce grâce à la mise en œuvre d'un contrôle exécutif.

Une des facettes de la cognition humaine est la capacité d'autorégulation, qui se traduit par le fait que l'individu exerce un contrôle intentionnel sur sa pensée et ses actions. Ce contrôle, assuré par les fonctions exécutives, permet la réalisation de conduites complexes et adaptatives, notamment dans des situations nouvelles pour lesquelles il n'existe pas de routines ou lorsque celles-ci sont inappropriées (Chevalier, 2010). En outre, les fonctions exécutives entretiennent des liens étroits avec la réussite scolaire, notamment en mathématiques et en lecture (St. Clair-Thompson & Gathercole, 2006). Pascual-Leone (1987) postule que le développement des fonctions exécutives aide les enfants à faire face aux situations où des informations très saillantes, mais non pertinentes pour les objectifs à atteindre, interfèrent avec les informations pertinentes. De même, Case (1987) considère

que le développement des fonctions exécutives est intrinsèquement lié à celui de la mémoire de travail.

Les fonctions exécutives sont définies comme l'ensemble des processus permettant à un individu de réguler de façon intentionnelle sa pensée et ses actions afin d'atteindre des buts (Miyake, Friedman, Emerson, Witzki, Howerter & Wager, 2000). La régulation qu'elles permettent est généralement appelée « contrôle exécutif » ou « contrôle cognitif ». Il y a une variabilité des terminologies employées (par ex., fonctionnement exécutif, contrôle attentionnel, attention exécutive, attention contrôlée) et une multitude de classifications de ces différentes fonctions. Toutefois ces différents auteurs s'accordent sur le rôle régulateur que tiennent les fonctions exécutives dans la cognition.

Les travaux sur le développement des fonctions exécutives suggèrent que celui-ci est relativement long puisqu'il couvrirait l'ensemble de l'enfance. La communauté scientifique a observé les premières manifestations vers l'âge de un an avec des progrès notables durant la période préscolaire. Après cette période, les progrès semblent moins importants, en particulier pour la fonction d'inhibition, mais ils se poursuivent, notamment pendant l'adolescence, à un rythme relativement régulier (Crone, 2009).

Outre la maturation cérébrale, d'autres facteurs influencent le développement des fonctions exécutives. Parmi ceux-ci, le langage semble tenir un rôle de premier plan. En effet, les liens entre les fonctions exécutives et le langage sont attestés par les nombreuses études montrant que la verbalisation d'informations pertinentes pour la résolution de tâches nécessitant du contrôle exécutif a un effet bénéfique sur les performances des enfants d'âge préscolaire ou scolaire (Chevalier, 2010).

Comme cela vient d'être précisé succinctement, le contrôle exécutif joue un rôle dans le développement de la MCT/MDT. Ces inter-relations expliquent l'intérêt, très récent et en augmentation, de l'étude du rôle des compétences exécutives dans le développement de la MCT/MDT chez l'enfant sourd.

Comme rappelé précédemment (cf.chapitre 1), l'implant cochléaire est un dispositif performant pour restaurer l'audition chez les enfants sourds de naissance. Mais les quelques mois entre la naissance et l'implantation, pendant lesquels le système auditif n'est pas stimulé, peuvent suffire à provoquer des retards cognitifs, ainsi que l'a démontré une équipe de chercheurs de l'université de l'Indiana (*Neurocognitive Risk in Children With Cochlear Implants*, 2014). Selon leurs résultats, 33 à 50 % des enfants porteurs d'implants cochléaires seraient exposés à un risque de retard cognitif, notamment concernant les fonctions exécutives comme l'attention, la mémoire, le processus séquentiel, l'apprentissage, etc. Ce risque est deux à cinq fois plus élevé (selon le type de fonction exécutive) que chez des enfants normo-entendants. Les plus faibles compétences des enfants sourds dans la

mise en œuvre de leurs fonctions exécutives ont été confirmées par quelques recherches réalisées auprès d'enfants implantés de différents âges et avec des outils différents.

Kronenberger, Beer, Castellanos, Pisoni, Miyamoto (2014) ont observé soixante-treize enfants implantés, divisés en deux cohortes (3-5 ans et 7-17 ans), et soixante-dix-huit enfants normo-entendants. Leurs fonctions cognitives étaient évaluées grâce à deux outils : BRIEF[23] et LEAF[24]. Le premier est un inventaire d'évaluation comportementale des fonctions exécutives ; il permet d'évaluer les différents aspects du dysfonctionnement exécutif et ses répercussions dans la vie quotidienne, ainsi que le précisent ses concepteurs. Le second est une échelle des fonctions exécutives, d'apprentissage et d'attention. Les résultats de cette étude présentent toutefois quelques limites, comme le concèdent les auteurs. Un biais possible réside dans l'objectivité des réponses lors du remplissage des questionnaires puisqu'il était réalisé par les parents des enfants sourds. De plus, une partie de l'étude est longitudinale : les observations ont été faites sur plusieurs années, pendant lesquels les progrès technologiques dont ont bénéficié les implants ont pu avoir une influence sur les résultats des enfants.

Figueras, Edwards & Langdon (2008) ont comparé vingt-deux enfants sourds profonds congénitaux avec IC, d'âge moyen 9,8 ans, à vingt-deux enfants entendants, d'âges moyens 10,2 ans, ainsi qu'à vingt-cinq enfants sourds profonds congénitaux munis d'une prothèse auditive (non implantés) d'âge moyen 10,8 ans. Les enfants sourds étaient tous nés de parents entendants avec une surdité profonde prélinguale. Les fonctions exécutives et les habilités de langage étaient étudiées à l'aide de plusieurs tests. Les tests évaluant les fonctions exécutives qui requéraient un minimum d'instructions orales et des réponses se présentant dans la mesure du possible sous une forme non verbale. Les tests des habiletés exécutives proposés étaient pour certains liés au langage, comme la planification, l'alternance, la gestion en mémoire de travail, la régulation de l'impulsion, et pour d'autres moins dépendants du langage, comme l'attention visuelle. Parmi les tests liés au langage, ils ont, en autre, utilisé des épreuves de type « *Stroop* », comme par exemple la tâche « Jour-nuit » (*Day-Night Stroop*), qui demande à l'enfant d'inhiber la réponse saillante et qui représente la réalité (dire « Jour » lorsqu'une image de lune apparaît, et « Nuit » lorsqu'on leur présente une image de soleil). La tâche « Jour-nuit » est une mesure validée pour tester la capacité d'inhibition des enfants. Parmi les tests moins dépendants du langage, ils ont utilisé une tâche de fluidité du dessin (*Design Fluency test,* Batterie NEPSY ; Korkman et al., 1998), dans laquelle l'enfant doit produire le maximum de dessins différents en 1 minute en reliant des points présents dans des carrés. Dans une première série, la configuration des points est structurée -quatre angles et milieu- et dans une seconde série, les points sont disposés au hasard. Le nombre de figures différentes est considéré comme une mesure de la créativité et le nombre de figures identiques comme une mesure de l'incapacité de l'enfant à supprimer les répétitions.

Les résultats aux tâches d'inhibition verbales montrent un temps de latence pour les enfants sourds plus longs que celui des enfants entendants : les enfants sourds ont eu besoin de fournir un plus long effort pour inhiber l'information congruente et donner l'information incongruente. Selon les auteurs, ils ont peut-être eu plus de difficulté à utiliser la récapitulation subvocale. Ces différences significatives entre le groupe des enfants sourds et

[23] BRIEF : *Behavior Rating Inventory of Executive Function*

[24] LEAF : *Learning, Executive, and Attentional Functioning Scale*

entendants dans le domaine verbal n'apparaissent pas dans le domaine non verbal avec le test de fluidité du dessin. Les performances des enfants IC étaient comparables à celles de leurs pairs entendants.

Les résultats de ces recherches, et en particulier ceux de Figueras, Edwards & Langdon (2008) suggèrent que le développement du langage chez les enfants sourds est en lien avec le développement des fonctions exécutives. En effet, les enfants sourds IC se sont retrouvés en difficultés uniquement pour des tests évaluant des compétences de fonctions exécutives qui font appel à des compétences linguistiques. Les auteurs concluent que les scores plus faibles des enfants sourds (avec ou sans IC) ne sont pas une conséquence intrinsèque de la surdité mais sont liés au retard d'acquisition de la langue.

Ces travaux attirent l'attention sur la nécessité de surveiller les capacités cognitives des enfants après l'implantation. Les auteurs recommandent de sensibiliser les parents, éducateurs et autres membres de l'entourage, au fait que ces enfants sont plus exposés à des risques de déficit cognitif ; conseillent d'évaluer régulièrement les capacités cognitives à l'aide d'outils utilisables par les parents (simples et peu coûteux); préconisent que les séances de réadaptation post-implantation ne ciblent pas uniquement l'audition et le langage mais intègrent aussi un programme visant à améliorer leurs fonctions exécutives. De plus, Figueras & al. (2008), soulignent en s'appuyant sur la différence observée entre les tests exécutifs impliquant le langage et ceux mobilisant peu le langage, la pertinence de prendre en compte ces données lors d'apprentissages scolaires (enseignement) en proposant des supports qui font appel au visuel ou en mettant l'accent sur des aspects particuliers de la langue afin de maximiser les compétences des enfants sourds.

.3 Influence du contexte enrichi sur la MCT

Comme nous l'avons vu précédemment (voir chapitre 1, paragraphe 2.2.2), l'IC ne restaure pas complètement l'audition et l'enfant implanté doit apprendre à décoder ce qu'il entend. Le langage oral, même avec l'implant cochléaire, ne dispense pas d'une éducation auditive et d'un enrichissement du flux visuel accompagnant l'enrichissement du flux sonore.

Les effets de l'utilisation d'une présentation multimodale de l'information à mémoriser ont été étudiés sur l'empan en MCT/MDT. Ces études ont permis d'approfondir la compréhension de la variabilité observée dans les performances aux tâches d'empan en MCT/MDT. Les auteurs ont manipulé la nature de l'entrée sensorielle: cette entrée peut-être uni-modale linguistique, visuelle, non-verbale ou multimodale se rapprochant ainsi du contexte enrichi proposé à certains enfants sourds associant par exemple une entrée auditive et manuelle (la LPC). Nous présentons quelques études ci-après.

.3.1 Influence du mode de communication

Le mode de communication réfère à la nature de l'expérience sensorielle et linguistique précoce de l'enfant avant et/ou après l'implantation cochléaire. Il est indexé par exemple par le degré de confrontation aux habilités du langage oral ou manuel proposé par les parents, les enseignants, les thérapeutes, à la maison et dans l'environnement éducatif de l'enfant (Geers, Nicholas, Tye-Murray, Uchanski, Brenner, Davidson & Torretta, 1998). Ce mode de communication peut être apprécié sur différentes périodes : un an ou plus avant l'implantation puis durant les années post implantation.

L'influence du mode de communication sur la capacité de MCT/MDT a été étudiée dans plusieurs études.

> Pisoni et Cleary (2003) ont apprécié le mode de communication d'enfants sourds IC prélinguaux, âgés entre huit-neuf ans ans et utilisant l'IC depuis plus de cinq ans, en attribuant un point pour l'utilisation d'une communication totale insistant sur les signes (i.e. utilisation privilégiée de la LS avec un peu d'utilisation du langage oral) et 6 lorsque l'environnement est auditivo-verbal avec un fort accent mis sur la communication auditive sans l'aide de la lecture labiale. Les modes de communications intermédiaires entre ces deux extrêmes sont cotés de 2 à 5. Le score moyen pour le groupe est de 3,9 sur l'échelle de 6 points et les extrêmes se situent entre 1,0 et 6,0. Les auteurs ont obtenu une corrélation positive (r=.39) entre l'empan de chiffres endroit et le mode de communication. Les enfants qui étaient dans des environnements où l'apprentissage du langage est essentiellement basé sur les habilités orales tendent à obtenir des empans de chiffres endroits plus longs que les enfants avec une communication totale. Cette corrélation n'apparaît pas avec l'empan de chiffre envers. En créant deux sous–groupes « oral » et « communication totale », les auteurs montrent que ces deux sous–groupes ne se distinguent significativement que sur l'empan de chiffres endroit et non sur l'empan de chiffres envers. Cette différence inter-groupes pour l'empan endroit apparaît à chaque session de l'étude. Ceci suggère que l'empan de chiffres endroit est sensible à l'expérience sensorielle et linguistique que l'enfant a immédiatement après l'implantation cochléaire.

La présence d'un effet de l'expérience sensorielle linguistique précoce sur les scores d'empan de chiffres endroit suggère que les stimuli de l'environnement et les types d'interaction spécifiques, que les enfants ont avec leurs parents, leur assistance maternelle dans l'environnement d'apprentissage du langage, opèrent de manière sélective sur un mécanisme de traitement de l'information spécifique et sur un sous-composant du système de mémoire humaine qui est utilisé pour l'encodage initial et le maintien de l'information phonologique en MCT. Parce que les enfants avec une communication totale sont moins exposés au langage oral, ils ont des difficultés dans le traitement et l'autorépétition de l'information auditive en MCT (en termes d'encodage initial et de reconnaissance). L'exposition réduite à la parole et au langage oral pourrait affecter le développement de l'attention automatique et plus

spécifiquement la vitesse avec laquelle les signaux de la parole peuvent être rapidement identifiés et codés en représentations phonologiques en MCT. Aussi ces enfants pourraient avoir des problèmes à balayer et récupérer l'information en MCT. En terme de processus d'autorépétition verbale, les enfants avec une communication totale pourraient avoir des processus d'autorépétition verbale plus lents et moins efficaces une fois l'information obtenue en MCT car ils ont moins d'expérience dans la production de la parole et la production délibérée de formes phonologiques de sortie. Waters, & Doehring (1990) ont également constaté une réduction de la taille de l'empan des enfants sourds éduqués selon l'oralisme traditionnel (c'est-à-dire sans implant et sans la LPC). Ils expliquent cet empan plus faible par le fait que la mémoire immédiate est basée sur l'existence de représentations phonologiques différenciées et de mécanismes de réactivation phonologique au sein de la boucle articulatoire.

Le déficit en mémoire de travail des individus sourds signants est pour une grande part attribuable aux caractéristiques structurelles et phonologiques de la langue des signes. En effet, les individus signants recodent l'information sous forme de codes phonologiques de la langue des signes. La récapitulation articulatoire, basé sur ce type de codes, s'effectue donc en lien avec la modalité de production de signes c'est-à-dire la modalité manuelle (Charlier, 2006). On sait que la vitesse d'exécution de la langue des signes (ASL) est de sept à onze segments par seconde (Bellugi & Fisher, 1972) ce qui correspond à un peu plus de deux signes par seconde. L'empan de mémoire des sourds signants devrait donc avoisiner quatre à cinq signes. Ceci peut expliquer que les sourds signants, avec comme langue maternelle la LS, présentent des empans de mémoire de quatre à cinq unités alors que leurs pairs entendants atteignent huit à neuf unités dans des tâches similaires. Les performances en MCT des sourds natifs de la LS sont donc plus réduites par rapport aux empans en langue oralisée (parlée) à cause de la vitesse d'exécution articulatoire.

Burkholder et Pisoni (2006) ont étudié la relation entre la vitesse de répétition de phrases et la performance à un empan de chiffres.

> Trente-sept enfants sourds profonds congénitaux avec IC âgés de huit à neuf ans avec un d'âge moyen d'implantation de trois ans ont participé à l'étude. Deux sous-groupes ont été constitués en fonction du mode de communication : un groupe avec une communication exclusivement orale et un autre avec une communication orale plus de la langue signée. Leurs performances ont été comparées à un groupe contrôle de trente-six enfants entendants. Les auteurs ont administré des tâches d'empan de chiffres à l'endroit et à l'envers ainsi qu'un test d'intelligibilité de phrases de McGarr (1981) présenté à l'oral puis à l'écrit. L'enfant devait répéter chaque phrase. Les enfants sourds avec IC ont des empans de chiffres significativement plus faibles que ceux des enfants entendants. Parmi les enfants IC, ceux exposés à une communication orale plus langue signée (totale) ont des empans inférieurs à ceux exposés à une communication exclusivement orale. Dans la tâche de répétition de

phrases, les enfants entendants témoignent de vitesses de production les plus rapides, les enfants IC du groupe «communication orale» obtiennent des vitesses intermédiaires et les enfants IC du groupe « communication totale» sont les moins rapides. Les enfants ayant un mode de communication oral obtiennent des empans à l'endroit plus élevés que les enfants exposés à un mode de communication total (orale + LS ou *cued speech*).

Il semble que la qualité et la quantité d'expérience audio orale influence l'efficience du traitement de l'information phonologique et par conséquent la rétention de cette information en mémoire de travail. L'empan de chiffres nécessitant la répétition verbale de stimuli auditifs, les auteurs se posent la question de savoir si c'est l'encodage perceptif ou les difficultés articulatoires qui contribuent aux empans plus réduits observés chez les sourds munis d'un implant, en particulier les enfants utilisant un mode de communication total. Si un enfant sourd muni d'un implant ne peut pas détecter ou percevoir de façon exacte quel chiffre est prononcé ou s'il a une parole peu intelligible, sa capacité de mémoire peut être fortement sous estimée. Une façon d'étudier le rôle des facteurs perceptif et articulatoire consiste à tester les performances de rappel pour des stimuli visuels avec un mode non verbal de réponse.

Ainsi, parmi les enfants sourds avec IC, ceux exposés à la communication totale (Orale + LPC et LSF/français signé) ont des empans à l'endroit plus faibles que ceux exposés à une communication orale (sans LPC). Toutefois, l'influence du mode de communication sur la capacité en MCT/MDT est variable selon les enfants, en témoignent les différences interindividuelles importantes (Burkholder, & Pisoni, 2006). Des facteurs explicatifs modérateurs ont été identifiés comme l'âge de l'implantation (période de surdité pré-implant) ainsi que les différents aspects (informations visuelles) de la perception de la parole. En effet, la perception multimodale (auditives, visuelles, kinesthésiques) de la parole a beaucoup d'impact pour les enfants et les adultes sourds parce qu'ils utilisent souvent l'information visuelle du visage de leur locuteur (Leybaert et Colin, 2007). Une expérience a montré que des enfants avec IC et avec une durée d'utilisation de l'implant courte (inférieure à trois ans) utilisaient des moyens complémentaires à l'apport de l'information auditive (Leybaert, Schepers, Renglet, Simon, Serniclaes, Deltenre, Marquet, Mansbach, Périer, & Ligny, 2005). Les auteurs en concluent qu'il ne faut donc pas hésiter à compléter visuellement l'information auditive par la LPC.

Les différences inter-individuelles peuvent également provenir de la nature de la récapitulation intérieure utilisée. Des études ont montré que lorsqu'ils doivent retenir des éléments (chiffres ou mots) présentés dans une modalité visuo-manuelle les enfants sourds (sans IC) utilisent une stratégie de récapitulation intérieure différentes : les enfants sourds

signants récapitulent des représentations signées (Wilson & Emmorey, 1998) et les enfants sourds oralistes avec le code LPC récapitulent des représentations basées sur le LPC (Leybaert & Lechat, 2001). Ces particularités relevées chez les enfants sourds oralistes exposés précocement au code LPC ont incité à se demander si ces enfants se basent sur des représentations internes de la parole même lorsqu'ils doivent rappeler dans l'ordre des séries d'images (maintien en mémoire de travail le temps de la présentation et du rappel : parole intérieure) ou que les items sont présentés avec le code LPC mais sans son. L'hypothèse est que l'exposition précoce à la LPC induirait une boucle articulatoire dans les tâches de mémorisation. L'utilisation de cette boucle articulatoire a été étudiée à travers les effets de similitude phonologique et de longueur des mots (Charlier, 1994 ; Leybaert & Lechat, 2001).

Charlier (1994) a comparé des enfants exposés à la LPC précocement (LPC «maison» : n=7 ; âge moyen 10;1) à des enfants éduqués à la LPC uniquement à l'école dans une tâche de mémoire (LPC «école» : n=16 ; âge moyen 10;6) et à un groupe contrôle d'enfants entendants (n=30 ; âge moyen 8; 8). Des séries d'images étaient présentées dans trois conditions : images de mots monosyllabiques qui riment, images de mots pluri syllabiques qui ne riment pas et images de mots monosyllabiques qui ne riment pas. Chaque mot était présenté par un dessin sur une carte. L'expérimentateur montrait un certain nombre de cartes, une à la fois pendant deux secondes, tout en prononçant le nom du dessin puis alignait les cartes devant le sujet en les tournant de manière à cacher les dessins. Dès que la dernière carte était présentée l'expérimentateur plaçait sur la table une bandelette sur laquelle figuraient les huit cartes correspondant à la condition testée. L'enfant devait placer chaque carte retournée devant le dessin correspondant de la bandelette. Le nombre de cartes utilisées a été déterminé au préalable de manière à ce que l'enfant atteigne une performance située entre 50% et 60% de réponses correctes dans la condition contrôle. Si un enfant atteignait 80% de réponses correctes pour une série de quatre cartes, on lui administrait cinq cartes. Le nombre de carte utilisé constitue donc un indicateur de l'empan de mémoire du sujet.
Les enfants LPC «maison» ont obtenu de moins bonnes performances de rappel de mots qui riment et de mots plus longs. Par contre, aucun effet de ces conditions n'est observé chez les enfants LPC «école». On observe chez eux un effet de similitude phonologique et un effet de longueur des mots comme pour les enfants entendants. Ceci indique que les sujets «LPC maison» recourent à ce type de code phonologique. De plus, ce groupe a réalisé l'expérience avec plus de cartes que le groupe «LPC école» ce qui confirme la relation entre l'utilisation des codes phonologiques et l'efficacité dans la rétention de l'ordre. Ces résultats posent la question de la nature précise de ce processus de récapitulation articulatoire. Les mots qui riment partagent la même image labiale et la même position des clés. L'effet de similitude phonologique peut être expliqué par l'utilisation de la boucle de récapitulation basée sur l'articulation orale (compatible avec la boucle basée sur l'articulation LPC : mouvement des lèvres, configurations et positions des mains).

Leybaert & Lechat (2001) ont apprécié les effets de rime, de similitude labiale et de similitude de position dans une tâche de mémoire immédiate de stimuli présenté en code LPC sans son. Les participants étaient des sourds exposés à la LPC avec des intensités différentes (faible, moyenne, forte). Le groupe fort était exposé à la LPC très tôt à la maison puis plus tard à l'école ; le groupe faible y a été exposé tard, seulement à l'école ; le groupe moyen avait bénéficié de la LPC à la maison mais de façon irrégulière. Pour les trois sous-groupes, le

rappel était plus faible pour des listes de mots avec rimes que pour des listes de mots phonologiquement similaires. Les auteurs interprètent ces résultats par le fait qu'entendre la parole n'est pas nécessaire pour développer une sensibilité à la rime. Les enfants sourds témoignent aussi d'un rappel plus faible pour les listes similaires en lecture labiale mais différentes sur le plan acoustique que pour des listes contrôles avec mouvements différents des lèvres. Ceci suggère que le code utilisé pour entretenir l'information comporte une dimension labiale (Alegria & al., 2007). Les listes de mots similaires du point de vue de la position des clés (par exemple, tous près de la commissure des lèvres) mais différentes sur le plan acoustique et de la lecture labiale mènent aussi à des performances plus faibles que les listes contrôles non similaires dans la position des clés.

Ces recherches indiquent que les enfants sourds signants récapitulent des représentations signées (Wilson & Emmorey, 1998) et les enfants sourds oralistes avec le code LPC récapitulent des représentations basées sur le LPC (Leybaert, & Lechat, 2001). Elles soulignent également chez les enfants sourds exposés à la LPC un certain degré d'équivalence entre la boucle phonologique et une «boucle LPC» et ceci d'autant plus que les enfants sont exposés précocement et intensément à la LPC : les performances des enfants éduqués de façon oraliste avec de la LPC sont qualitativement différentes de celles des enfants utilisant la LPC uniquement dans un cadre scolaire. Le caractère précoce de la LPC semble être une variable importante.

En résumé, l'influence du mode de communication antérieur à l'implantation apparaît à travers la présence d'un effet de l'expérience sensorielle linguistique précoce sur les scores d'empan de chiffres endroit. Cette influence est modulée par l'enrichissement du langage proposé, sa précocité et intensité. L'enrichissement précoce de la présentation du langage avec utilisation de la LPC semble permettre le développement d'une boucle LPC.

.3.2 Effet d'une présentation multimodale : Etude de Cleary, Pisoni et Geers (2001)

De par mon questionnement sur les difficultés d'apprentissage de mes élèves et de mon observation, faite en classe, selon laquelle un élève sourd IC est amené à traiter régulièrement des informations à caractère multimodal, l'étude de Cleary, Pisoni et Geers (2001) a particulièrement retenue mon attention. En effet, cette étude qui mesure les performances en MDT des enfants sourds IC dans des conditions multimodales est à l'origine de l'étude empirique que nous avons menée dans le cadre de cette thèse. Elle nous a servi de référence pour la création de notre protocole expérimental. Elle sera présentée de façon détaillée.

Les travaux sur le développement du langage post-implantation ainsi que sur l'évolution de la MCT/MDT mesurée par l'empan laissent supposer que certains enfants IC pourraient ne jamais rattraper le retard développemental ayant trait au fonctionnement de la MDT phonologique. Cependant, d'après les résultats de Willem (2003), les enfants sourds IC pourraient tirer profit des informations visuelles d'ordre phonologique. Il serait, de ce fait, pertinent d'évaluer l'impact de l'exposition au langage visuel ou de la LPC sur l'empan. Les enfants exposés à la LPC pourraient être avantagés du point de vue de la mémoire car ils ont moins de difficultés à retrouver les représentations phonologiques et à les réassembler en une réponse verbale intelligible.

Cleary, Pisoni et Geers (2001) ont étudié le traitement et le stockage en MCT/ MDT de séquences auditives et visuo-spatiales de pastilles lumineuses présentées dans plusieurs conditions. Les auteurs ont examiné les performances de quarante-cinq enfants implantés (dix-neuf filles et vingt-cinq garçons), âgés de huit ans et un mois à neuf ans et dix mois, et pour lesquels l'âge de découverte de la surdité se situe entre zéro et trente-six mois et une expérience de l'implant de plus de quatre ans. La durée moyenne de l'utilisation de l'implant était de cinq ans cinq mois. La majorité des participants était atteint d'une surdité congénitale. Le score moyen de mode de communication sur le groupe est de 3,8 sur 6 avec des extrêmes de entre 1,6 et 6,0. Le groupe se situe plutôt dans un contexte de communication totale (Oral + LSF et/ou LPC).
Ils ont comparé ces enfants IC à quarante-quatre enfants entendants appariés sur l'âge chronologique et en genre. La moyenne d'âge des deux groupes confondus est de cent-six mois soit huit ans et dix mois.

Pour étudier la MCT/MDT, les auteurs ont conçu un jeu de mémoire en s'inspirant du principe du jeu électronique populaire « Simon » de Milton Bradley (figure 11). Le stimulus auditif a été créé par une voix masculine qui parlait en américain. Cette voix a été enregistrée dans une chambre anéchoïque avec un micro de proximité SM 98, afin d'obtenir une voix avec une intelligibilité maximum (voix composée d'onde directe sans onde réfléchie). La voix était claire avec un débit de parole modéré à lent. Les mots enregistrés sont : "*red,*" "*blue,*" "*green,*" "*yellow*," (rouge, bleu, vert, jaune) "*one,*" "*three,*" "*five*," "*eight*" (un, trois, cinq, huit). Chaque mot est enregistré de façon isolée. Chaque bouton de la boîte ronde utilisée, qui émettait des couleurs et servait de boite de réponse, occupait approximativement un quart de la surface du cercle. Chaque bouton était de couleur différente et pouvait s'illuminer. La présentation des stimuli était contrôlée par un ordinateur. Chaque couleur était appariée à un nom de couleur (mot dénommé). Les boutons étaient reliés à un

ordinateur qui contrôlait le programme d'allumage des lumières quand le stimulus auditif était déclenché ou pas. L'ordinateur enregistrait tous les boutons pressés et calculait directement les performances des enfants. Les stimuli auditifs étaient présentés *via* un haut parleur situé derrière l'appareil.

Plusieurs conditions de présentation étaient proposées avec un rappel moteur des *items* dans l'ordre sériel. Chaque condition du jeu de mémoire durait approximativement quatre minutes (pour être terminée). Une condition uni-modale (affichage des couleurs seules) qui correspondait à l'affichage successif de quatre couleurs (rouge, bleu, vert et jaune) à une condition multimodale (affichage couleurs–noms) dans laquelle l'affichage des quatre couleurs apparaissait avec le nom, de ses couleurs, dénommé à l'oral. Ces conditions étaient aussi comparées à une autre condition multimodale (affichage couleurs–chiffres) dans laquelle l'information sonore était également émise mais sans lien avec la couleur. Des noms de chiffres étaient présentés oralement (1, 3, 5, 8) et arbitrairement en même temps que les couleurs. Les enfants devaient immédiatement reproduire la séquence de couleurs en appuyant sur le bouton approprié, de la boite réponses, dans le même ordre. Ce qui a motivé les auteurs à employer ce type de réponse particulier était d'obtenir une mesure d'empan de mémoire utilisant une réponse manuelle non verbale, plutôt qu'une réponse orale ou signée (verbale) comme c'est le cas dans des tâches traditionnelles d'empans de chiffres, afin d'éviter d'introduire un biais du fait des différences entre les individus dues à leurs habiletés langagières (vitesse d'articulation orale ou signée).
Ainsi, dans la condition « couleurs-noms », une séquence de sons 'dénomination des couleurs' était présentée simultanément avec l'allumage des boutons colorés. Dans la condition « couleurs-chiffres », une séquence de sons « nom d'un chiffre associé de façon arbitraire à chacune des quatre couleurs de boutons « était présentée simultanément à l'allumage des boutons colorés. Pour cette condition, les auteurs ont cherché à tester l'effet de présentation d'un stimulus auditif non congruent avec une tâche visuo-spatiale. Ils ont tenté de savoir si l'ajout d'un stimulus auditif non sémantiquement congruent avec les séquences de lumière a un effet bénéfique ou pas.

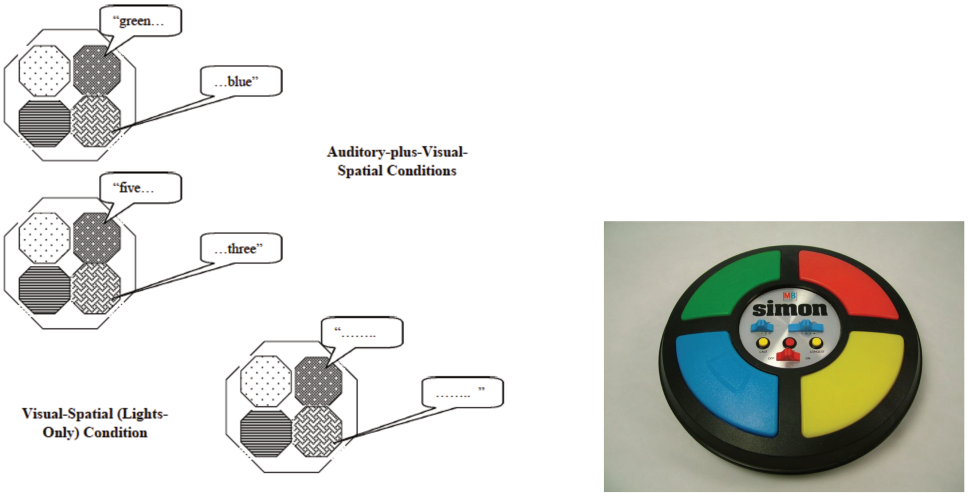


Figure 11 : Schéma du jeu utilisé pour la tâche de mémoire et les différentes conditions. Tous les stimuli auditifs ont été présentés *via* un haut parleur situé derrière l'appareil.

Deux cotations ont été utilisées, la liste la plus longue correctement reproduite mesurant l'empan et un score relatif correspondant à la somme des proportions de listes correctes pour chaque longueur de liste.

Les enfants avec IC ont obtenu des scores d'empan plus courts que les enfants NE indépendamment du format de présentation. Par ailleurs, ce groupe d'enfants IC a des performances plus faibles dans la condition visuo-spatiale seule (« affichage des couleurs seules »). Compte tenu de la nature verbalisable de l'*item*, les auteurs proposent que les enfants sourds IC ont utilisé le nom des couleurs pour encoder les séquences et leur difficulté à manipuler l'information verbale a provoqué ces plus faibles performances. Mais ce codage verbal est peu probable compte tenu du faible effet de redondance de l'information chez les enfants sourds IC. Ces enfants semblent s'appuyer principalement sur un encodage visuo-spatial pour réaliser la tâche du fait du faible avantage apporté par la condition multimodale « affichage couleurs–noms » par rapport à la condition uni-modale« affichage des couleurs seules ». Ces résultats sont obtenus malgré le fait que ces enfants sourds ont des performances correctes à la tâche auditive d'empan de chiffres du WISC et à la condition « noms des couleurs seuls » de ce jeu de mémoire. Les enfants entendants obtiennent des empans de mémoire supérieurs en moyenne pour les conditions avec le son c'est-à-dire quand l'information est redondante. Les auteurs observent un avantage pour la condition « affichage couleurs–noms » où l'information est reliée sémantiquement aux stimuli auditifs. Selon les auteurs, cet écart entre les deux groupes indique des différences dans l'encodage ou dans les stratégies d'autorépétition. Ces différences d'empan de mémoire, dans une tâche visuo-spatiale, suggèrent que le développement atypique de la MDT est indépendant de la modalité d'entrée chez les enfants sourds IC (figure 12).

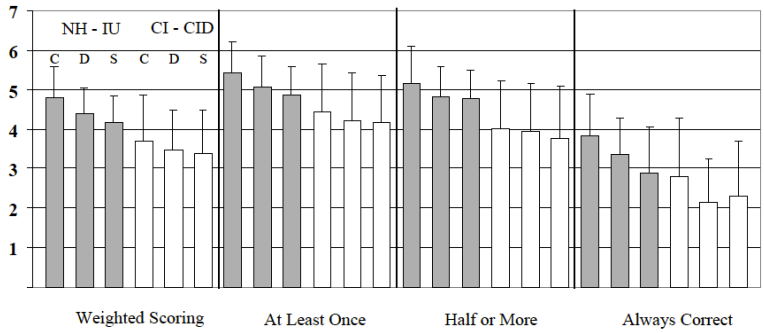


Figure 12 : Scores aux tâches de mémoire selon les différentes conditions : 'noms des couleurs'=C, 'noms des chiffres'= D et 'lumières seules'= S. (scores pondérés moyen, au moins une fois -erreur dans une liste-, la moitié ou plus, toujours correct)[25]

Dans cette première expérience les auteurs comparent les conditions « couleurs- seules », « couleurs-noms » et « couleurs-chiffres ». Les enfants sourds IC obtiennent des scores significativement inférieurs à ceux des enfants NE dans chacune des conditions. L'interaction n'est pas significative. Une ANOVA, réalisée sur un sous plan comportant uniquement les conditions « couleurs- seules » et « couleurs-noms » et vingt-deux enfants sourds IC n'ayant commis aucune erreur d'identification des noms de couleurs au pré test avec leur pairs NE appariés, montre que l'interaction entre les groupes et les conditions est significative. Le gain n'est pas significatif chez les enfants sourds avec IC alors qu'il l'est chez le enfants NE (gain lié à la redondance respectivement de *0.15 versus *0.72). Bien que les différences dans les performances entre les conditions de présentation suivent le même profil général chez les enfants IC, la variabilité intra groupe est importante. Pour savoir si le type de stimulus manipulé dépendait du niveau de compétences en réception du langage oral des enfants IC, le groupe des enfants IC a été divisé en deux en fonction du nombre d'erreurs faites lors d'un pré test d'empan de chiffres. Les auteurs ne trouvent pas de différences significatives entres les deux sous groupes malgré une grande hétérogénéité dans le sous groupe des enfants ayant commis des erreurs au pré test. Cleary & al. (2001) ont été surpris par ce résultat, ils pensaient que le sous-groupe des enfants IC n'ayant pas commis d'erreur au pré-test d'empan de chiffres aurait des performances proches du groupe des entendants.

Une corrélation positive élevée est observée entre les conditions « couleurs seules » et « couleurs-noms » chez les enfants IC indiquant l'utilisation d'une stratégie d'encodage visuo-spatiale dans les deux conditions indépendamment de l'ajout de la composante auditive. En revanche la corrélation entre ces deux conditions est faible chez les enfants NE,

[25] Graphique issu de l'article de Cleary, Pisoni et Geers (2001)

suggérant l'utilisation de stratégies d'encodage différentes dans les deux conditions. Par ailleurs, la corrélation entre le score à l'empan de chiffres endroit est seulement positive et significative avec la condition « couleurs-noms » mais pas avec la condition « couleurs seules » chez les enfants NE. L'absence de cette corrélation significative pour les enfants IC ainsi que l'absence de gain de redondance significatif dans la condition « couleurs-noms » suggèrent que les enfants IC traitent les séquences différemment en utilisant principalement les caractéristiques visuo-spatiales pour réaliser le jeu de mémoire même lorsque l'information verbale est disponible. Pour les enfants IC aucune condition du jeu de mémoire n'est corrélée au score de reconnaissance de mots. De même, le degré d'exposition à un environnement de communication seulement oral n'est pas corrélé avec les mesures du jeu de mémoire. Cette expérience indique que le jeu de mémoire correspond à des mesures d'empan essentiellement visuo-spatiales chez les enfants IC plutôt que des mesures évaluant les mécanismes de la MDT auditive verbale. Pour les auteurs, ces résultats suggèrent que la plupart des enfants IC n'ont pas profité de l'ajout d'une information auditive redondante lors de l'exécution de la tâche. En effet, même les enfants IC ayant une bonne réception auditive du langage se comportent comme des enfants IC moins performants et non comme des enfants entendants.

Les auteurs ont pu montrer que des enfants entendants d'âge scolaire étaient sensibles à l'information auditive redondante quand le son est sémantiquement lié aux pastilles lumineuses. Ils se sont demandés si ces résultats pouvaient être en lien avec la présence d'une composante visuo-spatiale dans toutes les conditions ce qui les a conduit à ajouter une condition supplémentaire purement auditive mais sans pour autant abandonner la réponse manuelle. Un nouvel échantillon d'enfants sourds IC (ceux qui ont réalisé le pré-test d'identification des noms de couleur sans erreur) et entendants a été testé (28 *vs* 27), appariés sur l'âge chronologique et le genre. Leur âge était compris entre huit ans deux mois et neuf ans onze mois.

Dans un premier temps (expérience 2), les enfants entendants sont testés puis dans un second temps (expérience 3) les enfants sourds avec IC. Pour éviter que tous les enfants utilisent un traitement purement visuo-spatial, ils leurs ont demandé de reproduire des séquences lumineuses «rouge, vert, bleu, jaune» après les avoir entendues via un haut parleur. Les auteurs s'attendent d'après les résultats de la première expérience à ce que les enfants entendants réussissent moins bien cette condition noms des couleurs seuls ou audition seule (A) par rapport à la condition « affichage couleurs-noms » ou « audition+lumière (A+L) » dans laquelle il y a une redondance. Effectivement, ils relèvent que les enfants entendants réussissent la condition « A » (un tiers d'entre eux se situent

dans une bonne moyenne en étudiant les profils individuels) mais que leurs scores sont plus bas que les scores avec la lumière (A+L). Ils observent aussi que les entendants ont des scores comparables pour les conditions «noms des couleurs seuls» ou «audition seule (A)» et « affichage couleurs seules ou lumière seule (V-S/ *silent*) ».

A la vue de ces résultats, les auteurs présentent la condition « audition seule » au groupe des enfants IC. Ils supposent que dans cette condition, pour reproduire les séquences lumineuses les enfants IC sont obligés de coder les stimuli auditifs.

La performance des enfants IC dans la condition multimodale « A+L» est supérieure à celle de la condition « lumière seule » (affichage couleurs seules) indiquant la présence d'un gain de redondance lié à l'ajout du signal auditif à la séquence visuelle. Le gain est de +0.30 unités (figure 13). La performance dans la condition « noms des couleurs seuls» est significativement plus faible que les performances dans les conditions « affichage couleurs seules » et « couleurs-noms ».

La performance à la condition «couleurs-noms» corrèle significativement avec la performance à la tâche d'empan de chiffres du WISC, confirmant que les deux tâches font appel à des processus similaires. Le degré d'exposition au mode de communication « oral seul » est corrélé positivement mais non significativement (r=+0.20) à la performance «affichage couleurs seules» mais l'est à la performance «affichage couleurs–nom» (r=+0.37) ainsi qu'à la condition «noms des couleurs seuls» (r=+0.40) indiquant que la force de la relation augmente avec le degré auquel la tâche d'empan de mémoire sollicite un traitement auditif. La performance à une tâche de reconnaissance de mots est également significativement corrélée avec la condition «noms des couleurs seuls» (r=+0.39).

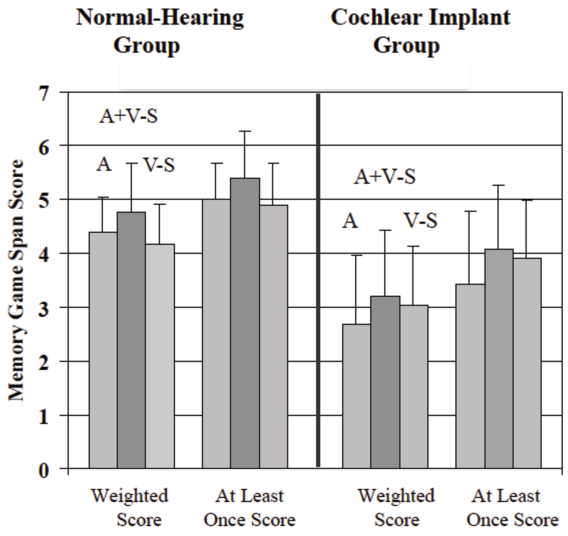


Figure 13 : Scores pour les deux groupes dans les conditions : 'audition seule'= A, 'audition + noms des couleurs'= A+V-S et 'noms des couleurs sans audition'= V-S.[26]

Cleary, Pisoni & Kirk (2000) avec cette même tâche du jeu de mémoire ont montré que 36 enfants sourds IC ne présentant aucune erreur d'identification des noms des couleurs au pré-test obtenaient en moyenne un gain significatif lié à la redondance auditive de l'information de +.43. Ainsi les enfants IC qui identifient correctement les noms des couleurs présentés de façon isolée bénéficient de la redondance. En outre, la comparaison de ce groupe avec un groupe d'enfants IC utilisant une communication totale (Oral+ LSF et/ou LPC) indique que le premier groupe a des performances supérieures pour ces deux conditions. Toutefois les variabilités intra–groupes sont trop importantes pour que les différences soient statistiquement avérées. Pour le groupe avec une communication orale, la différence (+.34) entre la condition » affichage couleurs-noms » et « affichage couleurs seules » n'atteint pas le seuil de significativité. Ce groupe utilise dans une certaine mesure le stimulus auditif redondant. Pour le groupe avec une communication totale, aucune différence n'apparaît entre les deux conditions (+.11), indiquant que les enfants ne sont pas capables d'utiliser un signal auditif redondant et s'appuient essentiellement sur un encodage visuo-spatial pour reproduire la séquence dans les deux conditions.

Des analyses de régression réalisées pour chacun des groupes indiquent que les facteurs individuels (la durée de privation auditive avant l'implantation, l'âge de début de la surdité, l'audition résiduelle avant implantation, l'âge d'implantation, la durée d'utilisation de l'implant, l'âge lors de l'évaluation, le genre, le mode de communication, le niveau

[26] Graphique issu de l'article de Cleary, Pisoni et Geers (2001)

d'éducation maternelle ou statut socio-économique élevé) contribuent pour une large part à la variance aux scores de vocabulaire en réception. Cette part est plus grande pour le groupe communication totale que pour le groupe avec communication orale. Pour le groupe avec communication orale, les scores à la condition de présentation « affichage des couleurs-noms » contribue pour une part supplémentaire à un test de reconnaissance de mots (PBK : *Phonetically Balanced Kindergarten*) et un test de vocabulaire en réception (PPVT-III Form A : *Peabody Picture Vocabulary Test*). Pour le groupe avec communication totale, cette condition de présentation n'a pas de contribution supplémentaire à ces deux tests, probablement parce que les enfants de ce groupe utilisent un encodage visuo-spatial pour réaliser la tâche du jeu de mémoire. En revanche, la condition de présentation « affichage couleurs seules» n'apporte aucune contribution supplémentaire pour le groupe avec une communication orale comme pour celui avec une communication totale ; ceci suggère que la contribution de la MDT est spécifique à un encodage auditivo-verbal en MDT et non à un composant générique indépendant d'une modalité du système de MDT. La contribution de la MDT est observée seulement pour les tâches qui impliquent un traitement phonologique des *items* d'entrée.

Finalement, les auteurs ont trouvé que les performances des enfants IC dans la condition «noms des couleurs seuls» sont intéressantes. Beaucoup d'enfants IC ont prouvé qu'ils étaient capables de réussir cette tâche avec un large gain de redondance en moyenne dans la condition multimodale. Ces résultats indiquent que, comme les enfants NE, certains enfants IC engagent

des stratégies d'encodage verbal et peuvent par conséquent utiliser l'information redondante présente dans le signal auditif pour les aider dans la condition de présentation multi modale.

La conclusion de cette série d'expériences est que les sourds avec IC effectueraient essentiellement un encodage visuo-spatial de la séquence cible. Ils ne sont pas tous capables de développer des stratégies impliquant des mécanismes de la mémoire phonologique. Par contre, les entendants effectueraient un recodage verbal des stimuli dans la condition «couleurs seules» ce qui expliquerait leurs meilleurs résultats dans cette condition. La limitation dans l'encodage phonologique des enfants avec IC serait liée au fait qu'ils n'ont profité de l'IC qu'après l'âge de deux ans.

Les auteurs soulignent aussi que de plus en plus d'enfants sourds IC atteignent des scores plafonds dans des tâches traditionnelles de perception du langage et de reconnaissance de mots mais que des difficultés persistent dans des domaines liés à leurs habilités langagières (lecture, encodage phonologique, capacités métalinguistiques….) qui correspondent à une utilisation plus complexe des informations phonologiques et de ressources attentionnelles/

mnésiques plus importantes. Par ailleurs, cette série d'expériences leur a permis de s'interroger sur le fonctionnement cognitif des enfants IC lorsque les informations à mémoriser sont présentées dans différentes modalités. De plus, ils ont relevé des différences individuelles importantes pour cette tâche de mémoire de travail phonologique.
Enfin, les auteurs indiquent que leur étude n'a pas permis de savoir si après une privation auditive et langagière de durée variable, l'IC permet de réduire les difficultés de MCT des sourds ni de s'assurer que les enfants munis d'IC ont tendance à utiliser un encodage visuo-spatial dans des situations où les enfants entendants utilisent un encodage auditivo-verbal.

A l'issue de cette sous-partie, nous venons de voir que le mode de communication peut influer sur le développement de la mémoire. En effet, les performances des enfants éduqués de façon oraliste avec de la LPC sont qualitativement différentes de celles des enfants utilisant la LPC uniquement dans un cadre scolaire. L'usage précoce de la LPC semble être une variable importante. De plus selon Cleary, Pisoni et Geers (2001), les sourds avec IC effectueraient essentiellement un encodage visuo-spatial. Ils ne sont pas tous capables de développer des stratégies impliquant des mécanismes de la mémoire phonologique. Afin de synthétiser les recherches concernant la MDT des enfants sourds avec IC, nous avons construit un tableau récapitulatif mentionnant les tâches utilisées (Tableau 4).

A la lecture du tableau, nous constatons que la plupart des recherches sur les aspects verbaux utilisent des tâches d'empans de chiffres pour examiner les performances en MCT/MDT. Par ailleurs, nous observons que peu d'auteurs s'intéressent à la question de la mémorisation de l'information visuo-spatiale et que très peu ont étudié l'impact d'une présentation multimodale. L'étude empirique que nous avons conduite s'attache ainsi à préciser l'incidence de ces déterminants (nature de l'information à mémoriser et mode de présentation de celle-ci). La présentation de cette étude est l'objet de la seconde partie de ce mémoire.

Tableau 4 : Tableau synoptique des tâches utilisées pour examiner les performances en MCT/MDT

	Tâches utilisées	Rappel de chiffres à l'endroit et à l'envers issue de la WISC-III ou WISC-IV	Rappel de mots, de textes écrits, de messages codés (LPC), de messages signés	Rappels d'emplacements/ motifs : Blocs de Corsi/ test des Motifs Visuels/ matrices de Raven/ batterie de tests NEPSY	Utilisation d'un contexte enrichi ; création de tâches
Examen du niveau global des performances en MCT/MDT et l'effet de la nature du matériel	Auteurs	Cleary, Pisoni & Kirk (2000) Pisoni & Geers (2000) Pisoni & Cleary (2003) Burkholder & Pisoni (2003, 2006) Conway, Pisoni, Kronenberger (2009) Pisoni, Conway, Kronenberger, Horn, Karpicke & Henning (2008) Harris, Pisoni, Kronenberger, Gao, Coffrey & Miyamoto (2011) Kronenberger, Pisoni, Harris, Hoen, Xu & Miyamoto (2013) Pisoni, Cleary, Geers & Tobey (2000) Harris, kronenberger, Gao, Hoen, Miyamoto & Pisoni (2013) Bharadwaj, Maricle, Green & Allman (2015)	Bellugi & Fisher (1972) Charlier (1994) Wilson & Emmorey (1998) Alegria, Charlier, & Mattys (1999) Leybaert, & Lechat (2001) Leybaert et Colin (2007) Leybaert, Schepers, Renglet, Simon, Serniclaes, Deltenre, Marquet, Mansbach, Périer & Ligny (2005)	Emmorey, Kosslyn & Bellugi (1993) Wilson & Emmorey (1997) Parasnis, Samar, Bettger & Sathe (1996) Wilson & Emmorey (1997). Mayberry (1992) Wass (2009) Marschark Morrison, Lukomski, Borgna & Convertino (2013) Bharadwaj, Maricle, Green & Allman (2015)	Cleary, Pisoni et Geers (2001) Dawson, Busby, McKay & Clark (2002)
Examen du maintien de l'ordre des items à rappeler	Auteurs	Conway Karpicke, Esperanza, Henning, Kronenberger & Pisoni (2011)	Bavelier, Hall, Supalla & Boutla (2008) Hall & Bavelier (2011) Emmorey, Bosworth, & Kraljic (2009)	Conway Karpicke, Esperanza, Henning, Kronenberger & Pisoni (2011)	

2ème partie

Les capacités verbales et visuo-spatiales en mémoire à court terme/mémoire de travail d'enfants sourds munis d'un implant cochléaire comparés à leurs pairs entendants

« Ce que nous observons, ce n'est pas la Nature en soi, mais la Nature exposée à notre méthode d'investigation. »
Werner Heisenberg, *Physique et philosophie*, 1961

Chapitre 4. Descriptif de l'étude

Résumé :
Ce chapitre a trait à la méthodologie employée pour notre étude empirique. Seront exposés les critères de recrutement des participants, l'élaboration du protocole expérimental, la conduite des analyses et l'organisation de la présentation des résultats.

.1 Participants sourds et entendants

Dix-sept enfants sourds profonds implantés et quarante cinq enfants entendants scolarisés en cycle 3 (CP-CE1-CE2) ont été impliqués dans notre étude. Notre choix s'est porté sur des enfants scolarisés en cycle 3 car c'est une période sensible pour l'apprentissage de la lecture. De plus, Gathercole & Pickering (2000), ont montré que les mesures d'empan de mémoire de travail sont associés aux habiletés en lecture des enfants.

Les enfants ont été recrutés dans des écoles primaires ou dans des établissements spécialisés avec le consentement éclairé du directeur et de l'enseignant et avec l'accord de l'inspecteur d'académie concerné quand nécessaire. Avant toute rencontre avec les enfants, les parents étaient informés au moyen d'un courrier (courrier en annexe 2) des objectifs de l'étude, et de son déroulement. Par le biais d'un coupon réponse, ils autorisaient ou non leur enfant à participer à l'étude. Enfin, les enfants étaient prévenus qu'ils pouvaient refuser de participer ou arrêter à tout moment leur participation. Nous précisions aux adultes et aux enfants que les informations recueillies seraient présentées de manière anonyme et en particulier qu'aucun résultat nominatif ne serait remis à quiconque pourrait en faire la demande (notamment les enseignants ou le directeur de l'établissement). Un retour était proposé aux écoles/établissements spécialisés, sous la forme d'un document écrit.

.1.1 Enfants sourds

Pour cette étude, nous avons rencontré dix-sept enfants sourds profonds implantés scolarisés du CP au CE2. Ces enfants sourds sont âgés de 6;3 ans à 8;9 ans, l'âge moyen est de 93;31 mois c'est à dire 7;7 ans. Notons que l'un des enfants n'a pas participé à tout le protocole. Ses résultats n'ont pas pu être exploités car ces données étaient incomplètes. De plus, pour les analyses de groupe réalisées, nous n'avons pas pris en considération deux autres enfants sourds (E15 et E5). Tous les deux ont, en effet, une surdité "acquise" et non congénitale (étiologie différente) : pour l'un, c'est à la suite d'une méningite vers quatre ans ; pour l'autre c'est une surdité évolutive devenue profonde vers trois ans et demi. Pour ces enfants,

leurs courbes d'évolution développementale concernant le langage diffèrent des enfants sourds congénitaux et cela aurait pu introduire un biais dans nos résultats. L'âge moyen des quatorze enfants sourds IC retenus (neuf filles et cinq garçons) pour l'étude est 7;7 ans (91,93 mois) avec un âge moyen d'implantation de 2;6 ans (31,79 mois). L'intelligibilité de leur parole se situe entre 2 et 5 sur l'échelle de Nottingham (sur une échelle de 1 à 5). Sur les quatorze enfants examinés, quatre utilisent un mode de communication totale c'est-à-dire utilisation du français oral avec de la langue des signes française. La langue d'enseignement pour les élèves sourds est la langue française parlée avec l'aide de la LPC et/ ou de la LSF. Certains de ces élèves sont aussi utilisateurs de la LSF ou du français signé pour communiquer entre eux pendant le temps de récréation ou au sein de leur famille.
Il existe une grande diversité parmi les enfants sourds profonds selon le milieu familial et le mode de communication. Les enfants sourds recrutés sont tous implantés et appartiennent à des familles entendantes dont le choix de langue est le français oral avec ou sans la LPC. D'autres critères ont été retenus pour participer à cette étude :

- scolarisation du CP au CE2
- surdité profonde
- exposition à la LPC (mais plus forcément utilisateur)
- pas de handicap associé
- de langue maternelle française

Les enfants (tableau 7) ont été recrutés par le biais de plusieurs établissements spécialisés. Au total, vingt-cinq familles d'enfants sourds avec IC ont été contactées. Parmi elles, dix-sept ont répondu positivement. Les familles ont alors reçu un questionnaire, concernant les caractéristiques de leur enfant (annexe 2) à compléter et à nous remettre lors de la rencontre avec l'enfant.
A la suite de ces réponses positives, plusieurs professionnels de la surdité ont accepté de travailler avec nous, notamment :

- les enseignants des écoles primaires Grégoire Bordillon et Saint Paul en collaboration avec le Centre Charlotte Blouin à Angers,
- l'équipe pluridisciplinaire du SSEFS/SSEFIS (Service de Soutien à l'Education Familiale et à la Scolarisation) de l'institut Public pour jeunes sourds et malentendants de la Persagotière à Nantes,
- les enseignants de l'école primaire Buffon en collaboration avec l'Institut National de Jeunes Sourds (INJS) à Paris,
- les orthophonistes et enseignantes spécialisées du Centre Expérimental Orthophonique et Pédagogique (CEOP) à Paris,

- les enseignants des écoles primaires de Plélan-le-Petit et de Ploumananc'h, en collaboration avec le Centre Jacques Cartier à Saint Brieuc,
- les parents et orthophonistes de la région de Tours rattachés au Centre Régional d'Audio Phonologie Infantile (CRAPI) et contactés par l'association CISIC (Centre d'Information sur la Surdité et l'Implant Cochléaire).

La localisation des participants est présentée dans la figure 14.

Au total, nous disposons de données concernant des enfants insérés dans des milieux très variés, ce qui peut être considéré comme une garantie de leur représentativité.

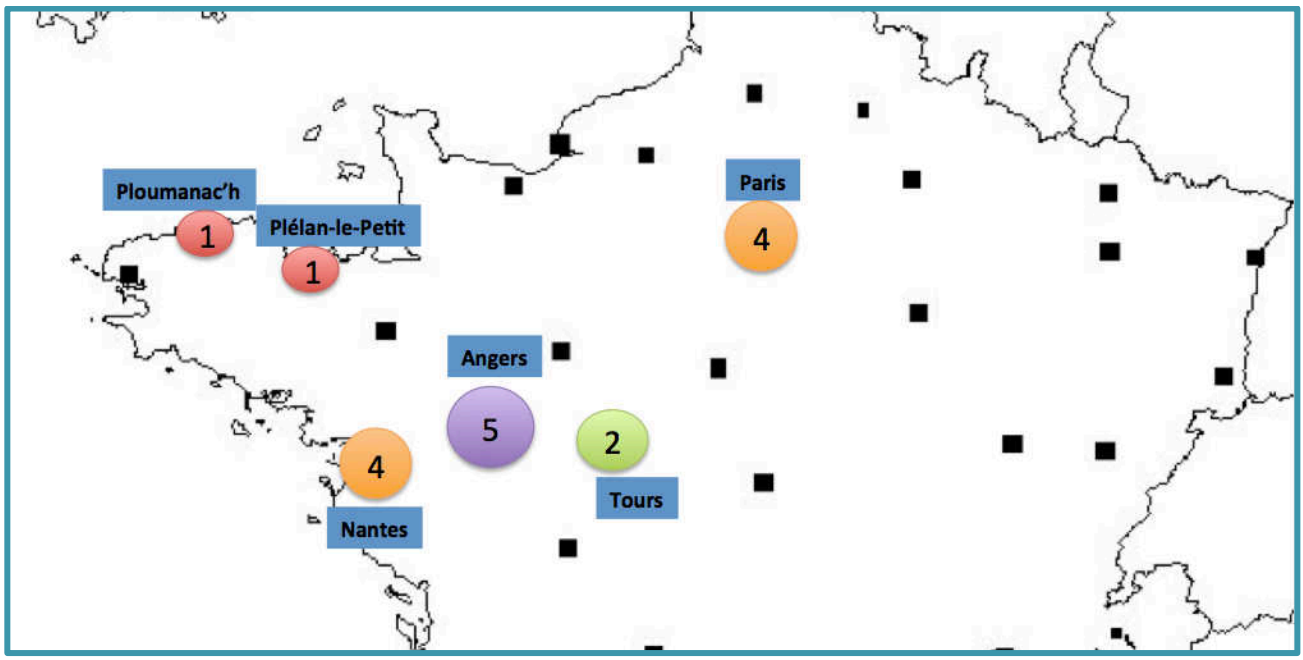


Figure 14 : Localisations et nombre d'enfants sourds rencontrés

Les caractéristiques des enfants sont présentées dans le tableau 5.

Tableau 5 : Caractéristiques des enfants sourds

enfant	sexe	âge chronologique en mois	âge de l'implantation en mois (oreille implantée)	âge découverte surdité en mois	classe	LPC classe	NNAT/38	Intelligibilité	Test réception langage oral : Termo	Période implantation & Com
1	M	96	26 (OD)	6	CE1	oui	24	5	B=C	IP-CO
2	M	95	19 (OD)	0	CE1	oui	24	4	B<C	IP+CO
3	F	87	30 (OD)	0	CP	oui	13	5	B<C	IP-CO
4	F	78	18 (OD)	0	CP	oui	23	4	B>C	IP+CO
5	F	104	61 (OG)	36	CE2	non	21	5	B=C	ITCO
6	F	84	18 (OD)	0	CE1	non	16	5	B=C	IP+CO
7	F	88	23 (OD & OG)	9	CE1	oui	22	5	B<C	IP+CO
8	F	104	32 (OD & OG)	0	CE2	oui	23	5	B<C	IP-CO
9	M	107	36 (OD & OG)	26	CE2	oui	25	3	B<C	ITCO
10	F	84	29 (OG)	0	CP	oui	14	2	B=C	IP-CT
11	F	100	64 (OD)	0	CE1	oui	15	2	B>C	ITCT
12	F	102	54 (OD)	0	CE1	oui	17	2	B=C	ITCT
13	F	93	30 (OG)	0	CE1	oui	20	5	B=C	IP-CO
14	M	93	42 (OD)	0	CP	oui	18	3	B<C	ITCT
15	M	102	77 (OG)	48	CE2	oui	21	5	B<C	ITCO
16	M	76	24 (OD)	3	CP	non	20	5	B>C	IP+CO
moyenne		93,31	36,44	8,00						
écart type		9,65	18,14	15,01						

- OD : implantation de l'oreille droite
- OG : implantation de l'oreille gauche
- OD & OG : implantation bilatérale (des deux oreilles)
- Période de l'implantation et communication : IP+CO : implant très précoce (avant 2 ans) et communication orale ; IP-CO : implant précoce (avant 3 ans) et communication orale ; IP-CT : implant précoce (avant 3 ans) et communication totale ; ITCT : implant tardif (après 3 ans) et communication totale ; ITCO : implant tardif et communication orale
- Intelligibilité - Echelle de Nottingham : Niveau 1 : absence d'intelligibilité, Niveau 2 : quelques mots sont intelligibles, Niveau 3 : l'enfant est intelligible pour un auditeur qui prête attention et qui utilise la lecture labiale, Niveau 4 : l'enfant est intelligible en contexte par des personnes averties, Niveau 5 : l'enfant est intelligible par tous.
- TERMO (Test d'Evaluation de la Réception du Message Oral) : modalité B =Auditif et Lecture Labiale (son +LL) ; modalité C= Auditif, lecture labiale et LPC (son+ LL+ LPC)
- NNAT : test d'aptitude non-verbale de Naglieri

.1.2 Enfants entendants

Quarante cinq enfants normo-entendants ont participé au recueil des données. Les enfants ont été recrutés dans trois écoles : dix enfants de CP en périphérie d'Angers (département

49), quinze enfants de CP dans une école au sud d'Angers et vingt enfants de CE1 dans une école de campagne en Mayenne (département 53).
Une étudiante en psychologie a recueilli les données auprès des enfants entendants de CE1.
Les données de quarante-deux enfants ont été retenues pour les analyses car nous avons retiré trois enfants entendants de CP (24,29 et 43). Ces trois enfants ont en effet obtenu des scores au NNAT très faibles (3, 6 et 3 sur 38). Parmi eux, une petite fille (29) redoublait et avait un profil CLIS (CLasse pour l'Inclusion Scolaire) et les deux garçons ont eu des résultats faibles aux tâches exécutives (tests des cloches et TMT (*Trail Maiking Test*)).
L'âge moyen des quarante-deux enfants entendants (vingt filles et vingt-deux garçons) est de 7;2 ans (86,05 mois) avec un score moyen au NNAT de 18,6 sur 38. (Caractéristiques des enfants entendants en annexe 3)

.2 Protocole expérimental

Nous détaillons dans cette partie la création des tâches de rappel immédiat en décrivant le matériel dans les modalités verbale et visuo- spatiale ainsi que les conditions uni-modales ou multimodales. Sont ensuite présentées, les tâches contrôles utilisées dans le but d'apprécier les aptitudes générales et langagières des enfants. Pour finir, la procédure de recueil de données est précisée.

.2.1 Tâches de rappel immédiat avec différents contextes

La méthode utilisée pour évaluer la mémoire de travail est adaptée de la procédure utilisée par Cleary, Pisoni et Geers (2001) qui ont étudié l'impact d'un contexte enrichi constitué d'un *stimulus* visuel et d'un son, sur le rappel de séquences d'*items* dans l'ordre (l'étude est décrite dans le chapitre 3 section 3.3.2).
Nous avons demandé aux enfants de mémoriser des séquences d'*items* de nature différente (verbale *versus* visuo-spatiale) pour un rappel immédiat et en respectant l'ordre de présentation des *items* (voir tableau 4). L'enfant voit s'afficher à l'écran d'un ordinateur une suite d'images ou de points dans une grille. Le nombre d'*items* progresse de deux à quatre *items*. Pour chacune de ces longueurs, trois essais étaient proposés. Le nombre maximum d'*items* correctement rappelés est de 27. La consigne est donnée oralement avec ou sans la LPC selon les besoins de l'enfant et, si nécessaire, elle était traduite en LSF par l'expérimentatrice.
À chaque nouvelle condition, les modalités de présentation étaient précisées à l'enfant (l'image peut être accompagnée ou non de son ou de la LPC). L'épreuve était arrêtée au bout

de trois échecs dans une suite donnée. Pour chaque suite, le nombre d'*items* correctement restitués dans l'ordre était relevé. Tous les enfants ont bénéficié d'une phase d'entraînement préalable (3 *items* par condition).

La consigne pour les tâches verbales était la suivante : « Regarde attentivement chaque image pour essayer de t'en souvenir. Quand je te le demande, tu me redonnes les images dont tu te souviens, dans le même ordre que celui où tu les as vues et à l'oral (avec ou sans LPC) ou en LSF. On va commencer par deux images et tu verras que le nombre d'images à mémoriser en une seule fois va augmenter. Attention, tu ne verras les images qu'une seule fois ». L'enfant devait restituer la suite oralement et était autorisé à utiliser la LPC ou la LSF, à sa convenance.

La consigne pour les tâches visuo-spatiales était la suivante : « Regarde attentivement chaque point dans la grille pour essayer de t'en souvenir. Quand je te le demande, sur la grille plastifiée, tu me montres où sont placés les points, dans le même ordre que celui où tu les as vus. On va commencer par deux points et tu verras que le nombre de points à mémoriser en une seule fois va augmenter. Attention, tu ne verras les points qu'une seule fois ». L'enfant devait rappeler l'emplacement des points sur la grille plastifiée à l'aide d'un doigt.

Les séquences d'*items* étaient présentées dans une condition uni-modale (visuelle seule) ou multimodale (avec son ou bien son + codage LPC). Les images ou les points apparaissent sur l'écran d'un ordinateur dans quatre conditions de présentation :

1. images/points présentés seuls à l'écran ;
2. images/points + son, c'est-à-dire dénomination de l'image ou de la localisation du point dans la grille ;
3. images/points + son + codage LPC de l'image ou localisation du point dans la grille ;
4. son-dénomination + codage LPC de l'image ou localisation du point dans la grille.

Le code LPC apparaît dans une fenêtre de l'écran d'ordinateur à droite des images ou des points sous un format vidéo. Le code LPC a été réalisé par l'auteur de cette étude. Les vidéos et le son ont été enregistrés avec une caméra Panasonic AG-DVX100Be et un microphone DPA 4017. Toutes les séquences vidéo ont été synchronisées et découpées à l'aide du logiciel *final cut pro*. Les vidéos avec le code LPC ont été visionnées par une codeuse expérimentée pour vérifier que l'enfant puisse bien décoder les mots.

Chaque condition est présentée sous la forme d'un diaporama converti en format *quick time* pour une utilisation plus aisée avec une lecture possible sur n'importe quel ordinateur. La durée d'affichage à l'écran des images ou des points est de quatre secondes du fait des conditions de présentations des *items* avec le codage LPC qui ralentit légèrement le débit de la parole. Généralement, la présentation des *items* se fait à un rythme de une ou deux

secondes (comme dans les études de Pisoni). Nous avons fait ce choix pour que l'enfant puisse avoir le temps de voir l'image ou le point dans la grille et le codage du mot.

.2.1.1 Description du matériel en modalité verbale

Dans la modalité verbale, la séquence d'images dénommables à mémoriser de façon ordonnée est proposée dans quatre conditions (annexe 4) :

1. images seules (images),
2. images avec mots énoncés oralement (images+ son),
3. images avec mot énoncé oralement et code LPC (images+ LPC+ son),
4. mot énoncé sans images avec la LPC (son + LPC).

Pour apprécier la capacité de l'enfant à mémoriser les *items*, des séries de 2 *items*, 3 *items* puis 4 *items* ont été présentés. Dans chaque condition, on ne retrouve pas les mêmes mots et sur l'ensemble de toutes les conditions, un mot peut être répété au maximum deux fois. Pour réaliser les différentes séquences (3x2, 3x3, 3x4), nous avons utilisé la base de données Manulex[27] pour le choix des mots et la base de données Cannard[28] pour les images. Les mots sélectionnés représentent des objets concrets ou des animaux et n'ont pas de proximité phonologique entre eux. Chaque mot est constitué de deux syllabes écrites ou codées avec un Indice standard de fréquence dans Manulex supérieur à 53,5 établi pour le niveau CP (annexe 3). Avant le début de la tâche, nous avons vérifié, auprès de chaque enfant, que les images étaient connues et qu'il pouvait les dénommer.

.2.1.2 Description du matériel de la modalité visuo-spatiale

Dans la modalité visuo-spatiale, les conditions sont les mêmes que précédemment mais l'information à mémoriser sollicite un traitement visuo-spatial. Pour l'élaboration de ce matériel, nous avons repris le principe du test des Planches de Corsi (*block tapping test*), tâche classiquement utilisée pour apprécier les capacités de la MDT visuo-spatiale, en l'adaptant à une présentation par ordinateur.

La séquence de points à mémoriser de façon ordonnée est proposée dans quatre conditions (voir annexe 5) :

1. points dans la grille seuls (points),

---

[27] Manulex est une base de données lexicales qui fournit les fréquences d'occurrences de mots calculées à partir d'un corpus de 54 manuels scolaires (1,9 millions de mots). http://www.manulex.org/fr/home.html

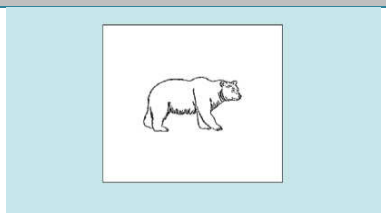
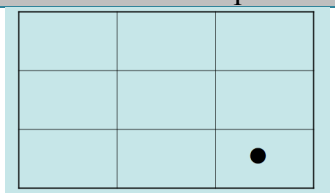
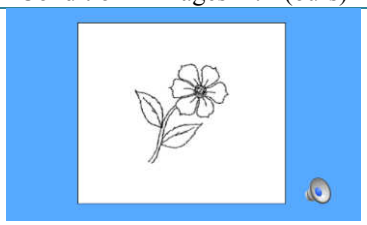
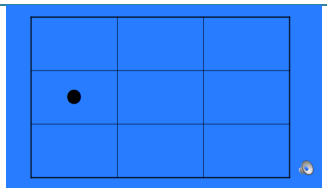
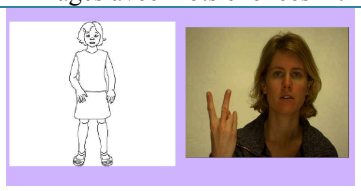
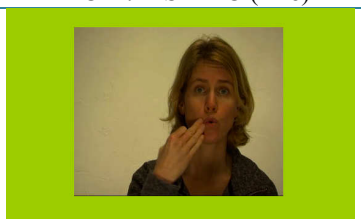
[28] BD2I ou Cannard est une base de données informatisée d'images qui fournit des données françaises pour 363 objets et 48 catégories sémantiques. http://webcom.upmf-grenoble.fr/Banque_images/

2. points avec position des points énoncée oralement (points+ son),
3. points avec position des points énoncée oralement et code LPC (points+ LPC+ son),
4. position des points énoncée oralement et code LPC (son + LPC).

Pour chaque condition, nous avons présenté différentes séquences de points (3x2, 3x3, 3x4) qui apparaissent successivement dans une grille 3x3. Ensuite, l'enfant reproduit en pointant et en situant sur une planche plastifiée vierge ce qu'il a vu et doit respecter l'ordre d'apparition des points. Pour les deux conditions avec du son et de la LPC, nous avons décidé de coder la grille à l'aide de chiffres de 1 à 9 en suivant le sens de l'écriture (horizontale et de gauche vers la droite) et ainsi permettre de situer facilement à l'oral le point spatialement. Excepté pour la dernière condition (sans images). Cette grille codée n'est pas présentée, ni expliquée à l'enfant. Chaque configuration de points est unique (annexe 4).

Le tableau 6 illustre les informations visuelles visibles dans chacune des conditions.

Tableau 6 : Exemples d'*items* dans les quatre conditions en modalité verbale et en modalité visuo-spatiale[29]

Modalité verbale	Modalité visuo-spatiale
 Condition « images » : I (ours)	 Condition « points » : P (neuf)
 Condition « images avec mots énoncés » : I+S (fleur)	 Condition « points avec emplacements énoncés » : P+S (quatre)
 Condition « images avec mots énoncés et code LPC » : I+S+LPC (fi**lle**)	Condition « points avec emplacements énoncés et code LPC »: P+S+LPC (**se**pt)
 Condition « mots énoncés et code LPC » : S+LPC (cit**ron**)	Condition « emplacements énoncés et code LPC » : S+LPC (**hui**t)

La condition 'son seul sans image' qui avait été initialement prévue, n'a pas été présentée aux enfants du fait de la longueur des épreuves et de la difficulté d'écoute 'seule' pour certains enfants IC.

.2.2 Tâches contrôles

Sont présentées successivement les différentes tâches utilisées pour évaluer les habiletés langagières et le niveau de réception du langage oral avec ou sans le codage LPC des enfants sourds ainsi qu'un test d'aptitude générale (administré aux enfants sourds et entendants).

[29] Téléchargement des épreuves V et VS complètes en cliquant sur ces liens (visionnage avec *Realplayer* 3) :
https://www.dropbox.com/sh/3p7kta4j9ucdhs3/AABNyUTS5X19tvwdiyjgUF9za?dl=0
https://www.dropbox.com/sh/c1iyoh24mscnv3w/AACkqy5opvlt9Tbu6wKYm1Sfa?dl=0

.2.2.1 Habilités langagières en production et en réception pour les enfants sourds

- L'échelle d'intelligibilité de Nottingham (échelle SIR : *Speech Intelligibility Rating*)

Elle permet de situer le niveau d'intelligibilité de la parole en production de l'enfant, sur une échelle comprenant cinq niveaux (Prang, 2006). Elle intègre différents paramètres concernant la qualité de la voix, de la production phonémique et de la prosodie.

L'expérimentatrice, avec l'aide d'un professionnel faisant partie de l'entourage quotidien de l'enfant, situe le niveau d'intelligibilité de la parole selon l'échelle suivante :

Niveau 1 : La parole n'est pas intelligible. Il existe néanmoins quelques ébauches de mots ; le premier mode de communication peut être le signe.

Niveau 2 : La parole n'est pas intelligible cependant quelques mots intelligibles apparaissent en contexte et des ébauches labiales existent.

Niveau 3 : La parole est intelligible pour un auditeur qui prête attention et qui utilise la lecture labiale.

Niveau 4 : La parole est intelligible pour un auditeur qui a une expérience de la parole des personnes sourdes.

Niveau 5 : La parole est intelligible par tout le monde. L'enfant est compris facilement dans la vie quotidienne.

La SIR est une échelle sensible dans la population sourde implantée cochléaire et est internationalement reconnue (Allen, Nikolopoulos, Dyar & O'Donoghue, 2001).

- Le TERMO

Il s'agit d'une batterie d'évaluation de la réception du message oral par l'enfant. Les subtests du TERMO ont pour but d'évaluer la qualité de la réception du message oral parlé. Ils n'évaluent pas la compréhension du message oral parlé. La situation de test étant artificielle, les résultats doivent être pondérés en fonction de la situation réelle. L'évaluation constitue une situation optimale pour objectiver les capacités de l'enfant. Il convient donc de prendre en compte les observations subjectives des différents partenaires.

Les modalités de réception chez l'enfant sourd sont variées : lorsque celui-ci est exposé à la LPC, il existe cinq modalités différentes :

A : (son), la réception se fait par la seule voie auditive ; l'enfant est appareillé mais ne peut ni s'aider de la lecture labiale ni du LPC

B : (son +LL), la réception se fait par audition + lecture labiale ; l'enfant entend et voit son interlocuteur.

C : (son+ LL+ LPC), la réception se fait par audition + lecture labiale LPC ; l'enfant entend et regarde son interlocuteur qui code en parlant à voix normale.

D : (LL), la réception se fait par lecture labiale seule ; l'enfant éteint ses appareils auditifs et regarde son interlocuteur qui lui parle normalement.

E : (LL + LPC), la réception se fait par lecture labiale + LPC ; l'enfant sans appareil regarde son interlocuteur qui parle en codant.

L'objectif de ces subtests est de mesurer les performances dans chaque modalité et de les comparer entre elles afin de déterminer laquelle est la plus efficace. Les épreuves proposées sont diverses : perception de phonèmes isolés, de syllabes, de messages courts, longs, simples et complexes (Descourtieux, 2006). Il est également important de comparer la réception de messages courts et longs, simples et complexes. Le TERMO propose donc des épreuves de répétition de phonèmes isolés, de logatomes (suite de syllabes sans sens), de mots dissyllabiques et de phrases. Quelques épreuves complémentaires de dictée et de récit sont aussi à disposition.

Ce test peut être utilisé dès que les enfants sont aptes à répéter un message parlé. Les enfants qui ont des difficultés articulatoires peuvent répondre par écrit. Descourtieux (2006) préconise de choisir les épreuves en tenant compte de l'âge de l'enfant et de son niveau de langage. L'auteur propose aussi d'en choisir certaines en particulier, en fonction de l'objectif de l'évaluation.

Lors de la présentation des épreuves, il est demandé à l'enfant d'être attentif et de répéter le plus précisément possible ce qu'il a entendu (et/ou vu). Les épreuves sont arrêtées après trois réponses consécutives ininterprétables. Les enfants avec des problèmes articulatoires peuvent répondre à l'écrit. Pour les plus jeunes, encore peu habiles à la parole et à l'écrit, des désignations d'images peuvent permettre la présentation des épreuves de réception de mots.

Le TERMO est utilisé par de nombreux professionnels de la surdité participant au projet individuel d'un enfant sourd scolarisé. Il permet de les guider dans le choix du type d'aide à apporter à l'enfant sourd dans le cadre de son intégration scolaire. Pour tous les enfants, cette information complémentaire nous a été transmise par l'institut spécialisé. Les présentations de ces tests étant longues, nous n'aurions pas pu de toute façon les faire nous-même. Les orthophonistes des enfants ou les codeurs LPC nous ont transmis leurs cotations. Deux modalités sur les cinq ont été comparées (modalités B et C), afin de savoir si l'utilisation de la LPC améliore les performances de réception de la parole. Les performances des enfants sourds à ces tests sont mentionnées dans le tableau 5.

.2.2.2 Aptitudes générales pour les enfants sourds et entendants : le NNAT

Le test d'aptitude non-verbale de Naglieri (*Naglieri Non verbal Ability Test*, 1999). Cette épreuve d'efficience intellectuelle non verbale permet d'évaluer les aptitudes de raisonnement et de compréhension non verbale mais aussi les capacités à résoudre un problème. La forme présentée aux enfants de cette étude est la forme C. Chaque enfant dispose de deux livrets : un livret comportant les différentes matrices et un autre livret en noir et blanc sur lequel il doit noter ses réponses. Chaque livret est composé de trente-huit planches (version adaptée). L'enfant doit choisir parmi cinq formes celle qui correspond à l'emplacement vide de la figure présentée au-dessus afin de la compléter. Un point est accordé par réponse correcte ; le score maximal est de 38. Cette épreuve est arrêtée après 20 minutes à partir des réponses tests.

.2.3 Procédure

Les rencontres avec les enfants ont eu lieu dans des écoles ou dans les instituts spécialisés. Une pièce a été mise à disposition.

La tâche de mémoire a été présentée de façon individuelle aux enfants durant deux sessions de 25 minutes environ. La tâche relative au matériel verbal a été présentée lors de la première session et celle relative au matériel visuo-spatial lors de la seconde session. Pour chacune de ces sessions, l'ordre des conditions expérimentales était identique pour tous les enfants. Cet ordre était le suivant : images ou points, images ou points + son, images ou points+ LPC+ son, son + LPC.

La passation du test NNAT était collective (minimum deux enfants) quand c'était possible pour certains enfants. Pour les autres, elle s'est faite de façon individuelle. Elle a eu lieu entre les tâches verbales et visuo-spatiales.

.3 Présentation de l'organisation des analyses des résultats

Comme nous l'avons vu (chapitre 2), plusieurs hypothèses ont été émises pour expliquer les performances plus faibles des enfants sourds avec IC en MCT/MDT et les différences inter-individuelles importantes. Nous en avons retenu trois en particulier :

- la nature verbale des *items* à mémoriser qui mobilise des aspects phonologiques,
- le maintien de l'ordre des *items*,
- la gestion des ressources et des *items*.

Par ailleurs, nous nous sommes également intéressées à l'effet bénéfique d'un contexte enrichi de présentation des *items* à mémoriser sur le rappel des enfants sourds avec IC, relevé par certaines recherches.

La structuration des analyses et la logique sous-jacente sont les suivantes.
- Une première série d'analyses porte sur le nombre moyen d'*items* rappelés dans l'ordre. Elles permettent d'examiner de façon globale le niveau des performances en MCT/MDT des enfants et d'étudier l'effet de la nature du matériel.
- Une deuxième série d'analyses distinguent ensuite les erreurs d'*items* et d'ordre dans le but d'étudier l'effet lié au rappel séquentiel des *items*. Il s'agit d'examiner si la capacité de rappel dépend de la capacité à maintenir l'ordre des *items*.
- Une troisième série d'analyses portent sur l'effet de la longueur des séquences d'*items* à mémoriser et sur les intrusions. Ces analyses permettent d'examiner si la capacité de rappel dépend de la charge cognitive imposée et est influencée par la capacité de gestion des ressources en MDT.

Ces trois types d'analyse sont présentés dans les trois chapitres qui suivent.
Simultanément, l'effet du contexte enrichi est étudié. Pour chaque type d'analyse, après une analyse globale intégrant toutes les conditions, des analyses sont tout d'abord effectuées sur la condition uni-modale. La condition uni-modale correspond à la situation dans laquelle est le plus souvent évaluée la MCT/MDT des enfants sourds avec IC. Les résultats obtenus pourront ainsi être comparés à ceux des études antérieures, même si dans notre étude les *items* sont présentés sous une forme imagée. Des analyses sont ensuite consacrées à l'étude de l'effet des différentes conditions multimodales de présentation des *items* sur le rappel.
Dans le premier chapitre, le chapitre 5, les performances globales des quarante-deux enfants entendants sont examinées. L'objectif de ce chapitre est de constituer un référentiel des performances obtenues par des enfants entendants pour ces nouvelles tâches et ce nouveau matériel conçus dans le cadre de notre recherche. Les mêmes analyses ont été effectuées pour les quatorze enfants sourds avec IC à des fins de comparaison. Elles figurent en annexe 7. Une synthèse en fin de chapitre offre une lecture rapide de ces résultats. Nous avons également examiné l'effet du niveau scolaire (les enfants sourds étant scolarisés en CP et CE1) et l'effet de l'ordre de présentation des tâches maintenu constant (verbale *vs* visuo-spatiale), ainsi que les relations inter-conditions étudiées avec des corrélations et des clusters.

Dans un deuxième chapitre, chapitre 6, les scores de rappel de quatorze enfants sourds avec IC sont comparés à ceux de quatorze enfants entendants appariés sur l'âge et les scores au

NNAT (Test d'aptitude non verbale de Naglieri) dans la condition uni-modale puis dans les conditions multimodales.

Dans un troisième chapitre, chapitre 7, les profils individuels des quatorze enfants sourds avec IC sont étudiés en référence aux performances moyennes des quarante-deux enfants entendants. En plus des analyses mentionnées ci-dessus, nous détaillons également l'évolution des performances pour quatre enfants sourds suivis de façon longitudinale.

Toutes les analyses statistiques ont été réalisées au moyen du logiciel Statistica (Version 6).

Chapitre 5. Validation des épreuves de Mémoire à court terme/Mémoire de travail

Résumé :
Les données expérimentales concernant la MCT/MDT chez les enfants entendants impliqués dans notre étude sont présentées dans ce chapitre.
Différentes analyses sont réalisées : une analyse du nombre moyen d'*items* rappelés, une analyse des erreurs d'*item* et d'ordre ainsi qu'une analyse de l'effet de la longueur des séquences et des erreurs d'*item* (intrusions, omissions).
Les résultats de ce chapitre nous permettent de constituer un référentiel dans une perspective comparative.

Les épreuves que nous avons conçues présentant un certain caractère de nouveauté, il nous importait d'en évaluer la recevabilité par les enfants ainsi que leurs qualités métrologiques (sensibilité et pouvoir discriminant) et leur validité théorique. C'est la raison pour laquelle nous avons conduit des analyses approfondies des données recueillies auprès d'un échantillon d'enfants normo-entendants (NE) suffisamment large (quarante-deux enfants ont été testés). Ces analyses nous ont permis, en outre, de disposer d'un référentiel de performances nous autorisant à comparer les performances des enfants sourds munis d'un implant cochléaire (IC) que nous avons pu rencontrer avec celles des enfants NE.
Dans ce chapitre, nous présentons dans le détail des analyses effectuées auprès des enfants NE et en tirons des conclusions quant aux qualités des épreuves. Les mêmes analyses ont été faites pour le groupe des enfants IC (analyses présentées en annexe 7). La comparaison des résultats des analyses des données obtenues dans les deux groupes nous éclaire sur la structuration des compétences cognitives mobilisées par les tâches utilisées.

.1 Le groupe des quarante-deux enfants entendants

Les tâches ont été conçues dans le cadre de cette thèse et destinées à des enfants sourds IC. Il nous semble, cependant, important d'étudier la sensibilité et la pertinence de celles-ci auprès d'enfants normo-entendants au développement typique (sans troubles associés).
Cette analyse nous permettra d'obtenir une référence dans une perspective comparative.

.1.1 Analyse du nombre moyen d'*items* rappelés

L'analyse porte sur le nombre moyen d'*items* rappelés dans l'ordre dans la condition uni-modale puis dans les conditions multimodales. Différents effets sont étudiés : modalité et conditions de présentation, niveau scolaire (CP *versus* CE1), ordre de présentation des modalités (verbale *vs* visuo-spatiale), relations inter-conditions.

.1.1.1 Distribution des scores de rappel en situation uni-modale

La distribution du nombre d'*items* correctement rappelés dans les conditions Images/Points seuls par les quarante-deux enfants, c'est-à-dire dans une condition uni-modale de mesure de l'empan, indique que la distribution est normale pour la modalité verbale (indicateurs Kolmogorov-Smirnov, Lilliefors, Shapiro-Wilk, ns), mais diffère d'une courbe normale pour la modalité visuo-spatiale (indicateurs Kolmogorov-Smirnov ns, mais Lilliefors $p<.01$ et Shapiro-Wilk $p<.001$). L'absence de normalité pour la modalité Points Seuls est liée aux scores élevés d'une grande partie des enfants dans cette condition : 47% des enfants environ ont un score de 25 à 27 sur 27 points maximum.

Toutefois, ces scores élevés sont moins fréquents dans certaines des conditions de présentation multimodale, comme nous le verrons ultérieurement. Notons que la moyenne globale du nombre d'*items* correctement rappelés sur l'ensemble des conditions de présentation en modalité visuo-spatiale est de 24,9. 31% des enfants environ ont un score de 25 à 27 sur 27 points maximum. La moyenne globale sur l'ensemble des conditions de présentation en modalité verbale est de 20,9. 14% des enfants environ ont un score de 25 à 26 sur 27 points maximum. Ainsi, la tâche de rappel peut être considérée comme sensible, puisqu'elle permet de différencier les enfants normo-entendants dans certaines modalités, même s'il aurait été effectivement intéressant de présenter des séquences de cinq *items* en modalité visuo-spatiale notamment.

.1.1.2 Effets de la modalité et des conditions de présentation

Après une analyse globale sur les toutes conditions, nous comparons les conditions de présentation.

.1.1.2.1 Analyse globale sur toutes les conditions

Dans cette section, nos hypothèses sont exposées suivies de nos résultats.

.1.1.2.1.1 Hypothèses

Effet de la modalité :

Nous nous attendons à ce que le nombre moyen d'*items* correctement rappelés dans l'ordre soit supérieur dans la modalité verbale par rapport à la modalité visuo-spatiale. En effet les travaux de Pross (2007) montrent que les enfants de sept ans sont plus performants dans la modalité verbale que dans la modalité visuo-spatiale.

Effet de la condition :

Selon les travaux de Cleary, Pisoni, & Kirk (2000) et Cleary, Pisoni, & Geers (2001), nous nous attendons à ce que l'ajout du son à l'image (ou présentation visuelle) conduise à une amélioration du nombre moyen d'*items* correctement rappelés.

Par ailleurs, il est possible, que l'ajout de la LPC ne conduise pas à une modification des performances de rappel par rapport aux conditions pour lesquelles la LPC n'est pas présente (*Items* seuls ou *Items*+Son). En effet, Bayard, Huyse et Colin (2012) révèlent un lien entre l'expertise de la LPC et l'attention portée aux clés. Des jeunes adultes normo entendants naïfs de la LPC ignorent l'information manuelle (non pertinente) et se focalisent quasi exclusivement sur les lèvres. Elles indiquent également que les enfants normo-entendants (et enfants sourds avec IC) donnent de l'importance au système perceptif le plus informatif pour eux : visuel (lecture labiale et/ou LPC) ou auditif. Toutefois, pour certains jeunes enfants, la présence de la LPC, peut constituer un élément perturbateur dans les deux modalités verbales et visuo-spatiales. Du point de vue des ressources du système cognitif, la présence de la LPC peut constituer une charge cognitive supplémentaire et être une source de distraction. Elle nécessite une sélection de l'information à mémoriser (verbale et/ou LPC) et demande un contrôle des traitements des informations perçues et leur gestion. Dans ce cas, la présence de la LPC devrait exercer un effet délétère sur les scores de rappel des enfants entendants comme des enfants sourds. En revanche, dans cette situation la condition Son+LPC pourrait donner lieu à des performances de rappel plus élevées par rapport à la condition *Items*+Son+LPC, du fait de l'absence de la présentation visuelle de l'*item* qui est susceptible de détourner l'attention de l'enfant et de la présence du son qui peut être utilisé pour maintenir l'information en MDT.

Effet d'interaction modalité*condition :

Nous nous attendons à un effet différent de la condition en fonction de la modalité, c'est-à-dire de la nature de l'information à mémoriser. Nous nous attendons à ce que le bénéfice de l'ajout du son par rapport à la condition *Items* seuls soit plus important lorsque l'information est de nature verbale que lorsque l'information est de nature visuo-spatiale (Cleary, Pisoni, & Geers, 2001). La récupération du mot désignant une image et l'usage de la boucle

phonologique pourraient en effet être plus aisés, par rapport à l'utilisation d'un codage verbal d'un point localisé dans une grille, et pourraient conduire à des performances de rappel plus élevées dans la modalité verbale. En revanche, la présence de la LPC pourrait être plus néfaste lorsque l'information à mémoriser est visuo-spatiale. D'une part, il est possible que la reconnaissance de l'image soit plus rapide que l'analyse de la position du point dans la grille, et que cette reconnaissance plus rapide de l'image permette plus rapidement à l'enfant de déplacer son attention vers la vidéo comportant la LPC. Cette hypothèse s'applique uniquement si l'enfant entendant regarde réellement la vidéo de la LPC. S'il a conscience que cette vidéo n'est pas utile pour la tâche à réaliser et qu'il est en mesure d'exercer un contrôle sur son attention, dans ce cas son attention restera centrée sur les *items* visuels (image ou point dans la grille). D'autre part, il est possible que l'information sonore indiquant le numéro de la cellule de la grille rentre en compétition avec l'analyse visuo-spatiale de la localisation du point dans la grille. Cette compétition pourrait conduire à une diminution plus importante de la performance de rappel dans la modalité visuo-spatiale par rapport à la modalité verbale.

.1.1.2.1.2 Effets des variables manipulées

Une ANOVA a été réalisée sur le nombre moyen d'*items* correctement rappelés dans l'ordre selon le plan S42*M2*C4 dans lequel M représente la modalité avec deux modalités verbale et visuo-spatiale et C la condition avec quatre conditions (I/P seuls, I/P+S, I/P+S+LPC, S+LPC).

L'effet principal de la modalité est significatif. Le nombre moyen d'*items* correctement rappelés est inférieur dans la modalité verbale (20,86 sur 27) par rapport à la modalité visuo-spatiale (24,09 sur 27) [$F(1,41)=60,76$, $p<.001$].

L'effet principal de la condition n'est pas significatif. Les différences entre les nombres moyens d'*items* correctement rappelés selon la condition de présentation des *items* ne sont pas significatives [$F(3,123)=2,08$, ns]. Le nombre moyen d'*items* correctement rappelés est de 22,20 dans la condition I/P seuls, 22,82 dans la condition I/P+S, 22,09 dans la condition I/P+S+LPC, 22,77 S+LPC.

En revanche, l'interaction entre modalité*condition est significative [$F(3,123)=12,89$, $p<.001$]. Sur la figure 15, nous distinguons que l'écart entre les modalités verbale et visuo-spatiale est plus important dans la condition I/P seuls par rapport aux trois autres conditions, et que l'écart entre les conditions I/P+S est également légèrement plus important que pour les deux autres conditions avec LPC (I/P+S+LPC et S+LPC). Les contrastes entre les nombres moyens d'*items* correctement rappelés dans les modalités verbale vs visuo-spatiale

indiquent que les différences sont significatives pour la condition I/P seuls [F(1,41)=112,44, p<.001], la condition I/P+S [F(1,41)=20,37, p<.001], la condition I/P+S+LPC [F(1,41)=10,67, p<.01] et la condition S+LPC [F(1,41)=19,10, p<.001].

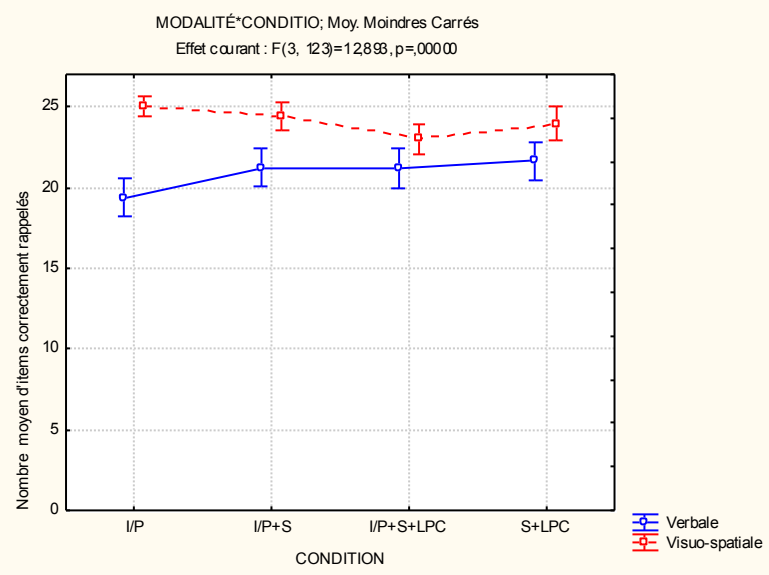


Figure 15 : Nombre moyen d'*items* correctement rappelés pour chaque condition de présentation des *items* selon la modalité verbale ou visuo-spatiale.

Le tableau 7 regroupe les contrastes, entre les conditions intra-modalité c'est à dire pour la modalité verbale puis la modalité visuo-spatiale.

Tableau 7 : Synthèse des contrastes entre les conditions pour la modalité verbale puis pour la modalité visuo-spatiale.

Modalité verbale				
	I	I+S	I+S+LPC	S+LPC
Moyenne	19,38	21,24	21,19	21,62
I	-	F=14,7 p<.001	F=10,17 p<.01	F=16,41 p<.001
I+S	-	-	F<1	F<1
I+S+LPC			-	F<1
S+LPC				-

Modalité visuo-spatiale				
	P	P+S	P+S+LPC	S+LPC
Moyenne	25,02	24,40	23,00	23,93
P	-	F=2,36 ns	F=17,86 p<.001	F=4,10 p<.05
P+S		-	F=10,29 p<.01	F<1 ns
P+S+LPC			-	F=3,11 ns
S+LPC				-

Dans la modalité verbale, le nombre moyen d'*items* correctement rappelés est significativement plus bas dans la condition Image seule par rapport aux trois autres conditions. Les différences entre le nombre d'images rappelées dans les trois autres conditions ne sont pas significatives.

Dans la modalité visuo-spatiale, le nombre moyen d'*items* correctement rappelés dans la condition Point seul est significativement supérieur au nombre de points rappelés dans les conditions dans lesquelles le code LPC a été ajouté (P+S+LPC et S+LPC). Les scores plus faibles dans ces deux dernières conditions pourraient résulter d'une concurrence entre la présentation visuelle des points dans la grille à gauche de l'écran et l'apparition de la vidéo à droite.

La performance plus basse de la condition verbale Image seule peut provenir de la nouveauté de la tâche, la condition Image seule étant la première que les enfants réalisent. Nous vérifierons cette éventualité dans une analyse présentée plus bas dans laquelle l'ordre des modalités a été modifié pour tester un possible effet de l'ordre.

.1.1.2.2 Sous-plans inter-conditions

Cette analyse porte sur les comparaisons entre les différentes conditions et selon les modalités (V *vs* VS).

.1.1.2.2.1 Uni-modale-multimodale

Cette section présente les résultats des comparaisons entre la condition uni-modale et les conditions multimodales et pour chaque modalité (V *vs* VS).

.1.1.2.2.1.1 Sous-plan correspondant à la comparaison *Items* seuls et *Items* avec son

Pour comparer les résultats avec ceux de l'étude de Cleary, Pisoni, & Geers (2001) une ANOVA a été réalisée sur les *Items* seuls et les *Items* + son, selon le plan S42*M2*C2.

L'effet principal de la modalité est significatif. Le nombre d'*items* correctement rappelés est significativement plus élevé dans la modalité visuo-spatiale (24,71 sur 27) par rapport à la modalité verbale (20,31) [F(1,41)=69,30, p<.001].

L'effet principal de la condition est significatif. Le nombre d'*items* correctement rappelés dans l'ordre est légèrement mais significativement plus élevé dans la condition avec son (I/P+son 22,82) par rapport à la condition visuelle seule (I/P 22,20 seuls) [F(1,41)=4,23, p<.05].

L'interaction Modalité*Condition, représentée dans la figure 16, est significative [F(1,41)=14,22, p<.001]. La redondance liée à l'ajout du son (ou dénomination de l'image ou de la cellule dans laquelle est localisée le point) conduit à une augmentation du score de rappel dans la modalité verbale et non dans la modalité visuo-spatiale. Les contrastes confirment que le gain lié à l'ajout du son est significatif dans la modalité verbale [F(1,41)=14,73, p<.001], mais que la diminution observée dans la modalité visuo-spatiale n'est pas significative [F(1,41)=2,36, ns].

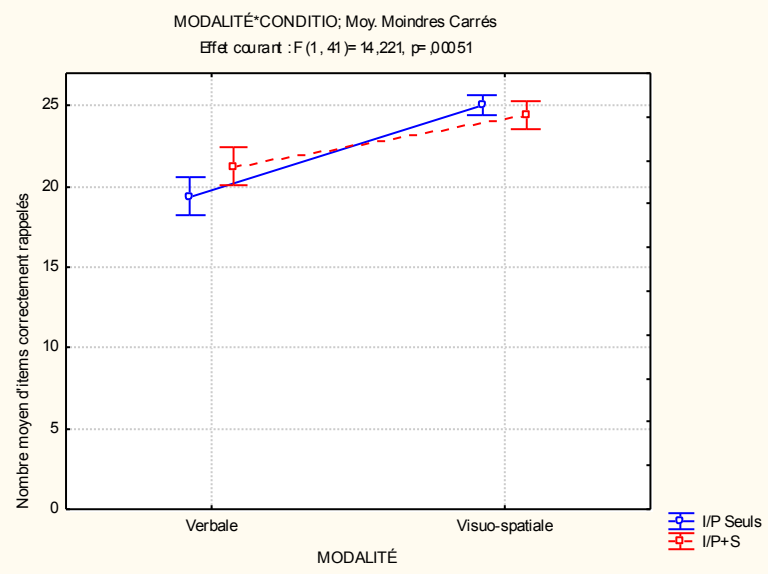


Figure 16 : Nombre moyen d'*items* correctement rappelés pour les conditions de présentation '*Items* seuls' et '*Items*+Son' selon la modalité verbale ou visuo-spatiale.

.1.1.2.2.1.2 Sous-plan correspondant à la comparaison *Items* seuls (condition uni-modale) et *Items*+Son+LPC

Afin d'examiner l'impact de l'ajout simultané du son et de la LPC, une ANOVA a été réalisée sur les *Items* seuls et les *Items*+Son+LPC, selon le plan S42*M2*C2.

L'effet principal de la modalité est significatif. Le nombre d'*items* correctement rappelés est significativement plus élevé dans la modalité visuo-spatiale (24,01 sur 27) par rapport à la modalité verbale (20,29) [F(1,41)=78,88, p<.001] .

L'effet principal de la condition est non significatif. Le nombre d'*items* correctement rappelés dans l'ordre est très légèrement mais non significativement plus élevé dans la condition avec son et LPC (I/P+Son+LPC 22,09) par rapport à la condition visuelle seule (I/P 22,20) [F<1].

L'interaction Modalité*Condition, représentée dans la figure 17, est significative [F(1,41)=30,86, p<.001]. L'effet de l'ajout du Son+LPC à l'image par rapport à la condition Images Seules conduit à une augmentation significative du score de rappel dans la modalité verbale [F(1,41)=10,17 ; p<01]. L'effet de l'ajout du son+LPC à la présentation visuelle de l'image dans la modalité verbale est bénéfique. En revanche, l'ajout de la LPC a un effet délétère dans la modalité visuo-spatiale [F(1,41)=17,86 ; p<.001].

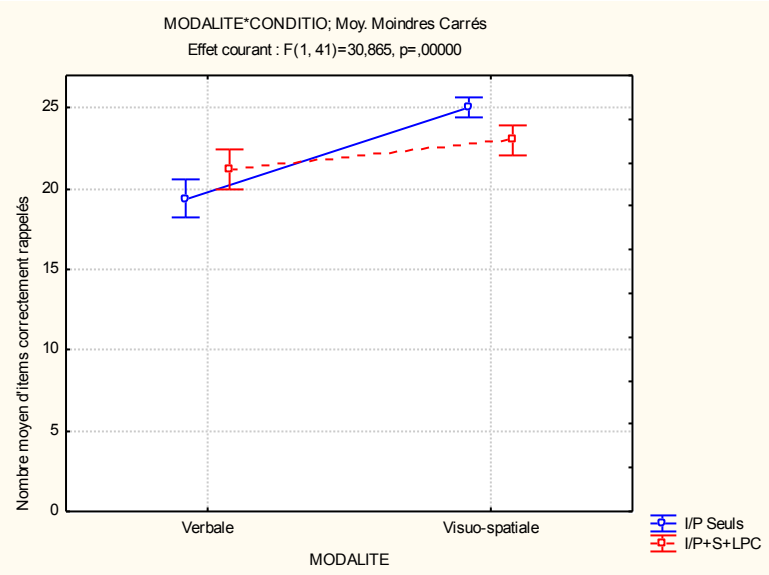


Figure 17 : Nombre moyen d'*items* correctement rappelés pour les conditions de présentation '*Items* seuls' et '*Items*+Son+LPC' selon la modalité verbale ou visuo-spatiale.

.1.1.2.2.1.3 Sous-plan correspondant à la comparaison *Items* seuls et Son +LPC

Afin d'examiner l'impact de l'ajout de la condition avec Son et LPC mais sans présentation visuelle par rapport à la condition avec présentation visuelle seule des *items*, une ANOVA a été réalisée sur les conditions *Items* Seuls et Son+LPC, selon le plan S42*M2*C2.

L'effet principal de la modalité est significatif. Le nombre d'*items* correctement rappelés est significativement plus élevé dans la modalité visuo-spatiale (24,48 sur 27) par rapport à la modalité verbale (20,5) [F(1,41)=89,56, p<.001].

L'effet principal de la condition est non significatif. Il n'y a pas de différence significative entre *Items* Seuls (22,20) et Son+LPC (22,77). [F(1,41)=1,68, ns].

L'interaction Modalité*Condition est significative [F(1,41)=26,52, p<.001]. Comme le montre la figue 18, le nombre d'*items* correctement rappelés dans la présentation verbale est supérieur dans la condition Son+LPC par rapport à la condition Image seule (écart significatif F(1,41)=16,41, p<.001). En revanche, l'effet s'inverse dans la modalité visuo-spatiale, dans laquelle le nombre d'*items* correctement rappelés est supérieur dans la condition Image seule par rapport à la condition Son+LPC (écart significatif F(1,41)=4,10, p<.05).

Nous observons un effet bénéfique du son (et de la LPC) dans la modalité verbale et un effet bénéfique de la présentation visuelle dans la modalité visuo-spatiale.

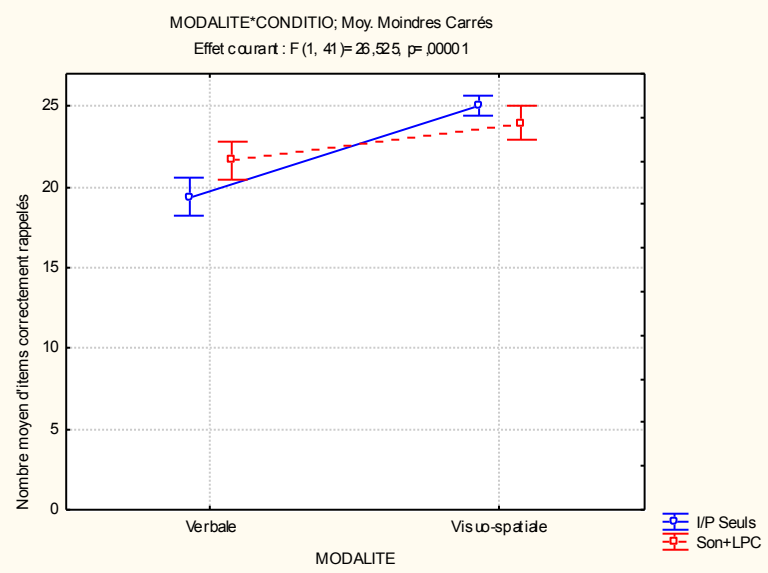


Figure 18 : Nombre moyen d'*items* correctement rappelés pour les conditions de présentation '*Items* Seuls' et 'Son+LPC' selon la modalité verbale ou visuo-spatiale.

.1.1.2.2.2 Multimodales

Cette section présente les résultats des comparaisons entre les conditions multimodales et pour chaque modalité (V *vs* VS).

.1.1.2.2.2.1 Sous-plan correspondant à la comparaison *Items*+Son et *Items*+Son+LPC

Afin d'examiner l'impact de l'ajout de la LPC par rapport à la condition *Items*+Son, une ANOVA a été réalisée sur les *Items*+Son et les *Items*+Son+LPC, selon le plan S42*M2*C2.

L'effet principal de la modalité est significatif. Le nombre d'*items* correctement rappelés est significativement plus élevé dans la modalité visuo-spatiale (23,70 sur 27) par rapport à la modalité verbale (21,21) [F(1,41)=18,69, p<.001].

L'effet principal de la condition est significatif. Le nombre d'*items* correctement rappelés dans l'ordre est légèrement significativement plus élevé dans la condition avec son (I/P+ son 22,82) par rapport à la condition son avec LPC (I/P+S+LPC 22,09) [F(1,41)=5,57, p<.05].

L'interaction Modalité*Condition, représentée dans la figure 19, est significative [F(1,41)=6,72, p<.05]. L'effet de l'ajout du code LPC par rapport à la condition I+S n'est pas significatif dans la modalité verbale. L'ajout de la LPC n'a pas d'influence sur le score de rappel (F<1). En revanche, l'ajout de la LPC a un effet délétère dans la modalité visuo-spatiale [F(1,41)=10,29 ; p<01].

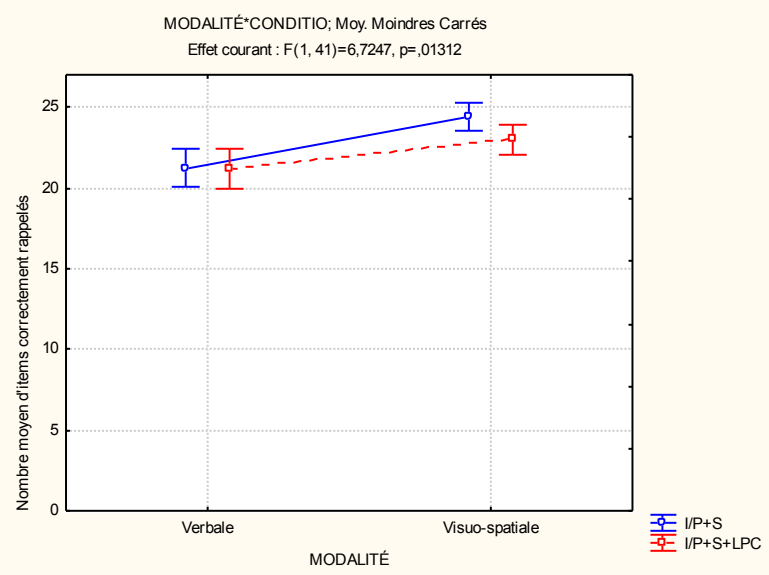


Figure 19 : Nombre moyen d'*items* correctement rappelés pour les conditions de présentation '*Items*+Son' et '*Items*+Son+LPC' selon la modalité verbale ou visuo-spatiale.

.1.1.2.2.2.2 Sous-plan correspondant à la comparaison *Items*+Son et Son+LPC

Afin d'examiner l'impact de l'ajout de la LPC avec Son mais sans présentation visuelle par rapport à la condition avec présentation visuelle des *Items* +le Son, une ANOVA a été réalisée sur les conditions *Items* +Son et Son+LPC, selon le plan S42*M2*C2.

L'effet principal de la modalité est significatif. Le nombre d'*items* correctement rappelés est significativement plus élevé dans la modalité visuo-spatiale (24,17 sur 27) par rapport à la modalité verbale (21,43/27) [F(1,41)=33,70, p<.001].

L'effet principal de la condition est non significatif. Il n'y a pas de différence significative entre *Items* +Son (22,82) et Son+LPC (22,77). [F(1,41)<1, ns].

L'interaction Modalité*Condition, représentée dans la figure 20, est non significative [F(1,41)=1,12, ns]. L'impact de l'ajout de la LPC avec Son mais sans présentation visuelle

par rapport à la condition avec présentation visuelle des *Items* +le Son n'est pas significatif quelles que soient les conditions.

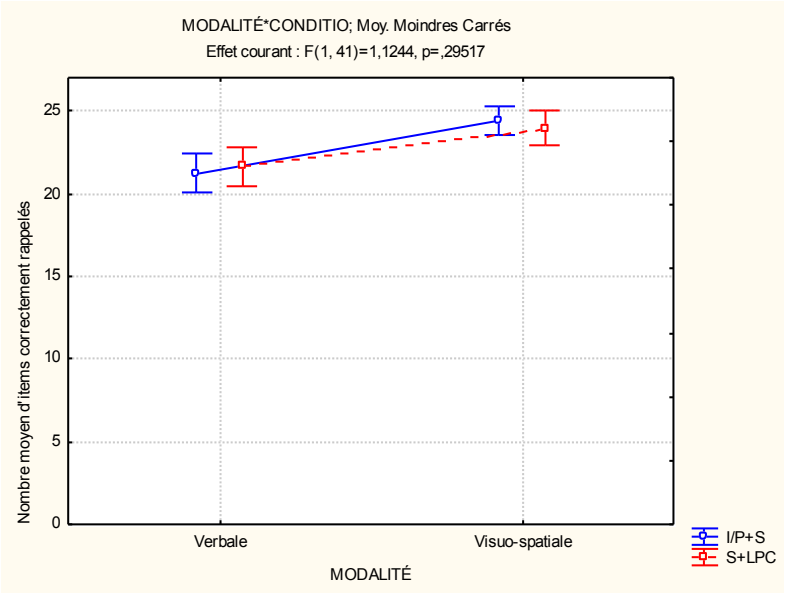


Figure 20 : Nombre moyen d'*items* correctement rappelés pour les conditions de présentation '*Items*+Son' et 'Son+LPC' selon la modalité verbale ou visuo-spatiale.

.1.1.2.2.2.3 Sous-plan correspondant à la comparaison *Items*+Son+LPC et Son+LPC

Afin d'examiner l'impact de la suppression de la présentation visuelle par rapport à la condition avec présentation visuelle des *Items* + Son + LPC, une ANOVA a été réalisée sur les conditions *Items*+Son+LPC et Son+LPC, selon le plan S42*M2*C2.

L'effet principal de la modalité est significatif. Le nombre d'*items* correctement rappelés est significativement plus élevé dans la modalité visuo-spatiale (23,46 sur 27) par rapport à la modalité verbale (21,40 sur 27) [F(1,41)=23,25, p<.001].

L'effet principal de la condition est non significatif. Il n'y a pas de différence significative entre *Items*+Son+LPC (22,10) et Son+LPC (22,77). [F(1,41)=3,64, ns].

L'interaction Modalité*Condition, représentée dans la figure 21, n'est pas significative [F(1,41)<1, ns]. L'impact de la suppression de la présentation visuelle par rapport à la condition avec présentation visuelle des *Items*+Son+LPC n'est pas significatif quelles que soient les conditions.

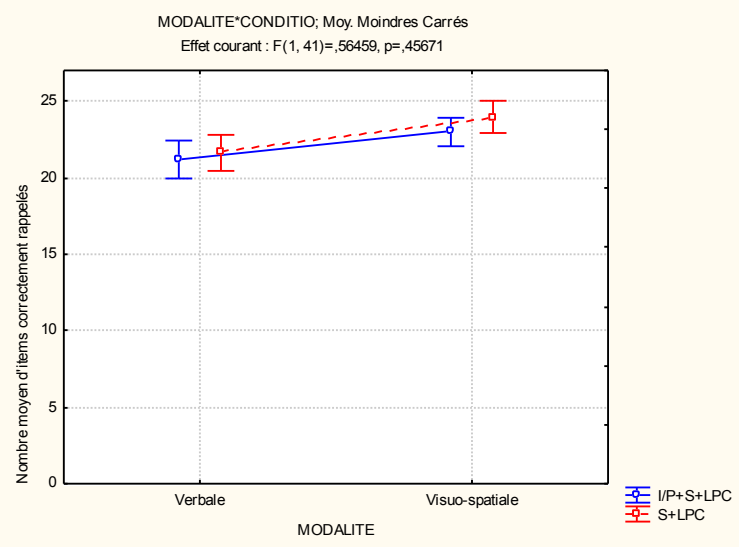


Figure 21 : Nombre moyen d'*items* correctement rappelés pour les conditions de présentation '*Items*+Son+LPC' et 'Son+LPC' selon la modalité verbale ou visuo-spatiale.

.1.1.3 Effet du niveau scolaire : CP *versus* CE1

Des travaux ont montré que les mesures d'empan de mémoire de travail sont étroitement associées aux habiletés des enfants dans le domaine de la lecture (Gathercole & Pickering, 2000). L'apprentissage de la lecture s'effectue au CP et se poursuit en CE1. Le déchiffrage de mots inconnus s'améliorerait donc avec le niveau scolaire. De ce fait, le stock lexical des enfants augmenterait avec le niveau scolaire. Les empans connaissant un accroissement avec l'âge de même que l'efficacité des traitements cognitifs (Camos & Barrouillet, 2013), on peut envisager que les performances de rappel des enfants s'améliorent avec le niveau scolaire.

.1.1.3.1 Hypothèses

Effet de la classe :

Nous nous attendons à ce que le nombre moyen d'*items* correctement rappelés dans l'ordre soit supérieur chez les enfants de CE1 par rapport aux enfants de CP (Fayol & Gaonac'h, 2007 ; Camos & Barrouillet, 2013).

Effet de la Condition*Classe :

Nous nous attendons à ce que l'ajout de la LPC conduise à une diminution des performances de rappel par rapport aux conditions pour lesquelles la LPC n'est pas présente (*Items* seuls ou *Items*+Son) pour les enfants de CP. Ils peuvent éprouver plus de difficultés que les enfants de CE1 à gérer cet effet distracteur de l'apparition de la vidéo comportant la LPC sur

la droite de l'écran. En effet, les capacités d'inhibition augmentent de l'âge de sept ans à l'âge adulte (Fayol & Gaonac'h, 2007).

Effet d'interaction classe*modalité

Nous nous attendons à ce qu'il y ait un écart entre les deux modalités verbale et visuo-spatiale entre les enfants des classes de CP et CE1. Les différentes composantes de la MDT se développent à des allures différentes et progressent avec le niveau scolaire (Barrouillet, Camos, Morlaix & Suchaut, 2008). Le développement des composantes verbales et visuo-spatiale est caractérisé par une évolution importante de stratégies d'encodage, le codage verbal se trouvant progressivement valorisé (Fayol & Gaonac'h, 2007). Les performances de rappel en modalité verbale devraient être encore plus élevées par rapport à la modalité visuo-spatiale en CE1 comparées au CP.

.1.1.3.2 Effets de la modalité et de la condition

Une ANOVA a été réalisée sur le nombre d'*items* correctement rappelés dans l'ordre selon le plan S<G2>*M2*C4 dans lequel G représente les Groupes (1 : 20 enfants de CE1 et 2 : 22 enfants de CP), M représente la Modalité (Verbale et Visuo-spatiale) et C la Condition avec quatre conditions (I/P seuls, I/P+S, I/P+S+LPC, S+LPC). (Voir Analyse descriptive dans l'annexe 6).

L'effet principal de la classe n'est pas significatif. Le nombre moyen d'*items* correctement rappelés est légèrement plus important chez les enfants de CE1 (22,97 sur 27) que chez les enfants de CP (22,02) [$F(1,40)=1,76$, ns].

L'effet d'interaction Modalité*Classe n'est pas significatif [$F<1$]. L'écart entre les deux modalités verbale et visuo-spatiale est peu différent entre les enfants des classes de CP et CE1. Cet écart du nombre d'*items* correctement rappelés est de 3,6 (24,77-21,17) pour le CE1 et 2,9 (23,47-20,57) pour le CP [$F<1$]. La figure 22 illustre cet effet d'interaction.

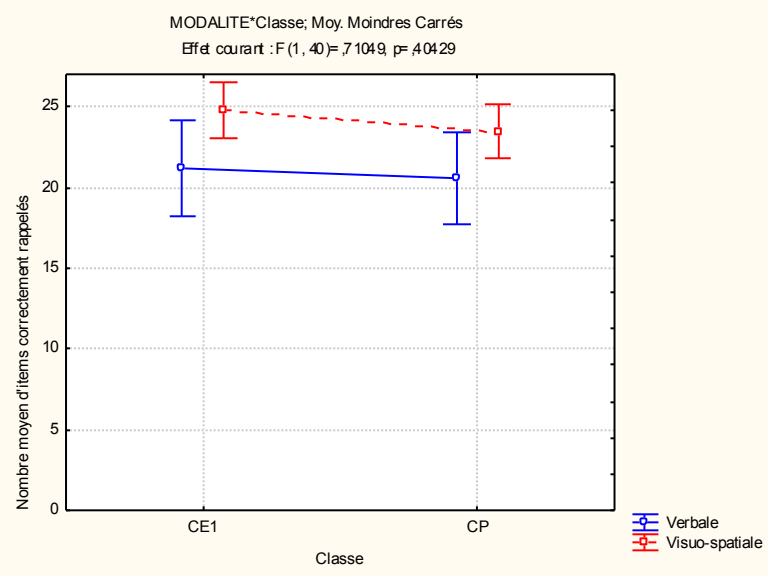


Figure 22 : Nombre moyen d'*items* correctement rappelés pour la modalité verbale ou visuo-spatiale selon la classe des enfants.

L'effet d'interaction Condition*Classe n'est pas significatif [F<1]. L'écart entre les classes de CP et CE1 est peu différent selon les conditions (Condition 1 : 22,75-21,70=1,05 ; Condition 2 : 23,17-22,50=0,67 ; Condition 3 : 22,67-21,57=1,10 ; Condition 4 : 23,30-22,30=1,0). La figure 23 illustre cet effet d'interaction.

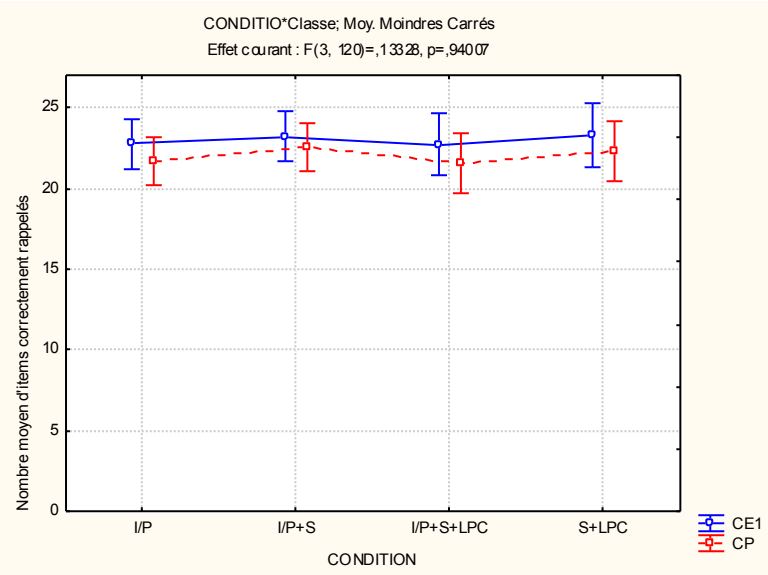


Figure 23 : Nombre moyen d'*items* correctement rappelés pour chacune des quatre conditions de présentation des *items* selon la classe des enfants.

L'effet d'interaction Modalité*Condition*Classe n'est pas significatif (F<1). L'effet d'interaction modalité*condition est similaire dans les classes de CP et CE1. La figure 24 illustre cet effet d'interaction double.

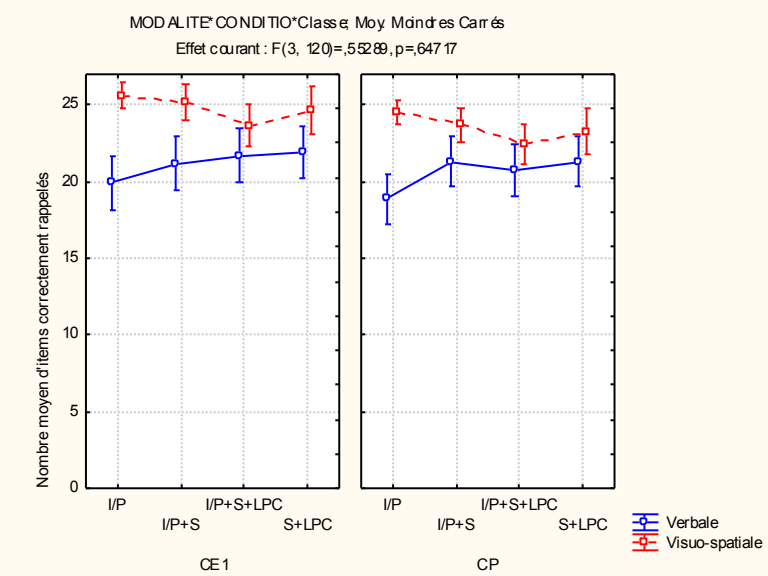


Figure 24 : Nombre moyen d'*items* correctement rappelés pour chacune des quatre conditions de présentation des *items* selon la classe des enfants et la modalité verbale ou visuo-spatiale.

.1.1.4 Etude de l'effet de l'ordre de présentation des modalités : verbale *vs* visuo-spatiale

L'effet d'ordre entre les deux modalités a été étudié chez les CP, les enfants les plus jeunes. Pour examiner l'effet éventuel de l'ordre, le nombre moyen d'*items* correctement rappelés dans l'ordre « verbal / visuo-spatial » a été comparé au nombre moyen d'*items* dans l'ordre « visuo-spatial / verbal ». Chaque groupe comportait onze enfants.

L'effet de l'ordre n'est pas significatif. La différence entre le nombre moyen d'*items* correctement rappelés dans l'ordre « verbal / visuo-spatial » (V-VS) et puis l'ordre « visuo-spatial / verbal » (VS-V) n'est pas significative. Dans la condition Images seules, le nombre moyen d'*items* correctement rappelés est de 20,45 pour l'ordre V-VS et 17,36 pour l'ordre VS-V [$t(20)=1,99$, $p=.06$]. Dans la condition Points seuls, le nombre moyen d'*items* correctement rappelés est de 24,73 pour l'ordre V-VS et 24,27 pour l'ordre VS-V [$t(20)<1$, ns]. De même, ces différences ne sont pas significatives lorsque les moyennes des performances sur l'ensemble des conditions sont considérées pour la modalité verbale comme pour la modalité visuo-spatiale. Dans les conditions verbales, la moyenne des nombres d'*items* correctement rappelés est de 21,98 pour l'ordre V-VS et 19,16 pour l'ordre VS-V [$t(20)=2,04$, $p=.06$]. Dans la condition Points seuls, le nombre moyen d'*items* correctement rappelés est de 23,79 pour l'ordre V-VS et 23,14 pour l'ordre VS-V [$t(20)<1$, ns]. En outre, cette différence entre les deux ordres de présentation n'est pas significative pour chacune des conditions de présentation des *items* lorsqu'elles sont considérées séparément, à l'exception de la condition Image+Son de la modalité verbale. Dans cette

condition, le nombre moyen d'*items* correctement rappelés est de 23,64 pour l'ordre V-VS et de 19,00 pour l'ordre VS-V [t(20)=3,15, p<.01]. Ces résultats sont similaires lorsque le test non-paramétrique du U de Mann Withney est appliqué.

.1.1.5 Analyses des relations entre conditions

Pour étudier les relations entre les performances de rappel dans les différentes conditions de présentations, nous avons utilisé le coefficient de corrélation de Spearman (R). Celui-ci permet de préciser l'existence d'une liaison entre deux variables et également son intensité. Il repose sur les rangs des données et non les données elles-mêmes, ce qui le rend insensible aux valeurs extrêmes.

Nous considérons dans un premier temps les corrélations entre les conditions de présentation des *items* pour les modalités verbales et visuo-spatiales. Puis dans un second temps, nous examinons le dendrogramme représentant l'analyse en cluster du nombre d'*items* correctement rappelés, dans chacune des conditions de présentation des *items,* pour chaque modalité.

.1.1.5.1 Corrélations intra-modalité

Les corrélations ont été réalisées sur le nombre moyen d'*items* correctement rappelés dans l'ordre. Elles apparaissent dans le tableau 8.

Au sein des conditions de la modalité verbale, les corrélations entre les conditions deux à deux sont toutes positives et significatives. Notons que le coefficient de corrélation est plus élevé entre la condition uni-modale 'I seules' et la condition dans laquelle le son est ajouté 'I+Son' par rapport aux deux autres conditions dans lesquelles le code LPC est ajouté. Ceci peut indiquer la présence de processus différents ou supplémentaires dans les conditions avec LPC.

Au sein des conditions de la modalité visuo-spatiale, la configuration des inter-corrélations est différente. La condition uni-modale 'P seuls' corrèle positivement et significativement avec la condition dans laquelle le son a été ajouté 'P+S' mais ne corrèle pas significativement avec les conditions dans lesquelles le codage LPC a été ajouté. Ceci souligne que les traitements effectués dans ces deux conditions diffèrent de ceux impliqués dans la première condition. La corrélation entre les conditions avec information visuelle (Points) et information sonore (Son) est positive et significative (entre conditions, P+S et P+S+LPC). En revanche, la corrélation entre la condition P+S et la condition S+LPC, dans laquelle l'information visuelle n'est pas disponible, n'est pas significative. Enfin, la corrélation entre les deux conditions avec LPC est positive et significative (P+S+LPC et S+LPC). Il semble ainsi que les

relations entre les conditions reposent en partie sur l'information visuelle présente ou sur l'introduction de la LPC.

.1.1.5.2 Corrélations inter-modalités verbales et visuo-spatiales

La corrélation entre les moyennes globales verbale et visuo-spatiale est positive et significative (r=.57, p<.001). La corrélation entre les conditions uni-modales verbale et visuo-spatiale est positive et significative (I seules et P seuls : r=.42, p<.01). Par ailleurs, la valeur de la corrélation de 'I seules' avec 'P seuls' diminue par rapport à celle entre 'I seules' et 'P+S'. Ceci laisse supposer que des processus différents sont mobilisés. Peut-être parce que le visuel est moins utilisé pour la condition P+S car le son apparaît et perturbe l'attention portée à l'information visuelle. Toutefois, la valeur de la corrélation de 'P seuls' augmente lorsque la LPC est ajoutée (P+S+LPC).
Les corrélations inter-modalités pour chacune des conditions sont positives et significatives, excepté pour la corrélation I+Sv et P+Svs.

Les corrélations des conditions verbales 'I+S', 'I+S+LPC' et 'S+LPC' ne sont pas significatives avec les deux conditions 'P seuls' et 'P+S', alors qu'elles sont significatives avec les deux autres conditions visuo-spatiales ('P+S+LPC' et 'S+LPC'). Deux interprétations sont possibles : 1/ Ceci suggère que la stratégie d'encodage ne reposerait pas sur l'aspect verbal pour les conditions visuo-spatiales 'P seuls' et 'P+S', mais que cette stratégie serait utilisée dans les conditions dans lesquelles le LPC est ajouté ('P+S+LPC' et 'S+LPC'). La distraction visuelle/attentionnelle suscitée par l'apparition du LPC à l'écran, ou bien la suggestion d'utiliser un codage verbal apporté par le son, dans la condition précédente 'P+S', pourrait conduire les enfants à utiliser un codage verbal de la localisation des points dans la grille. 2/ Ceci suggère que la stratégie d'encodage en 'I seules' est visuelle, ce qui explique la corrélation significative avec toutes les conditions visuo-spatiales. En revanche, dans les autres conditions verbales, l'encodage serait verbal, ce qui expliquerait les corrélations non significatives avec les conditions 'P seuls' et 'P+S', dans lesquelles un codage visuel serait privilégié. La distraction suscitée par l'apparition de la LPC à l'écran empêcherait ensuite les enfants d'utiliser un codage verbal.
Les corrélations entre les conditions verbales et visuo-spatiales avec LPC sont significatives. On peut y voir ici la mise en œuvre de processus communs attentionnels et de contrôle afin d'écarter l'information non pertinente apportée par la LPC pour les enfants entendants.

Tableau 8 : Corrélations entre les conditions de présentation des *items* pour les modalités verbales et visuo-spatiales (R de Spearman).

	Iv	I+Sv	I+S+LPCv	S+LPCv	MoyV	Pvs	P+Svs	P+S+LPCvs	S+LPCvs	MoyVs
Iv	1,0000	,6618	,5477	,5406	,8004	,4189	,3108	,5029	,3218	,5343
	p= ---	p=,000	p=,000	p=,000	p=,000	p=,006	p=,045	p=,001	p=,038	p=,000
I+Sv		1,0000	,8145	,5912	,8971	,1858	,0722	,3482	,3870	,3659
		p= ---	p=,000	p=,000	p=,000	p=,239	p=,649	p=,024	p=,011	p=,017
I+S+LPCv			1,0000	,7181	,9015	,2219	,1427	,4965	,5356	,5177
			p= ---	p=,000	p=,000	p=,158	p=,367	p=,001	p=,000	p=,000
S+LPCv				1,0000	,8283	,2761	,2662	,4327	,5386	,5501
				p= ---	p=,000	p=,077	p=,088	p=,004	p=,000	p=,000
MoyV					1,0000	,3202	,2289	,5191	,5200	,5729
					p= ---	p=,039	p=,145	p=,000	p=,000	p=,000
Pvs						1,0000	,4134	,2830	,2431	,5953
						p= ---	p=,007	p=,069	p=,121	p=,000
P+Svs							1,0000	,5147	,1978	,7177
							p= ---	p=,000	p=,209	p=,000
P+S+LPCvs								1,0000	,4443	,8092
								p= ---	p=,003	p=,000
S+LPCvs									1,0000	,7197
									p= ---	p=,000
Moyvs										1,0000
										p= ---

Légende : v indique la modalité verbale et vs la modalité visuo-spatiale ; Rangs de Spearman r significatif à p<.05

.1.1.5.3 Analyse des clusters

L'analyse d'une classification ascendante hiérarchique des scores dans chacune des conditions (regroupement par agglomération progressive d'éléments les plus proches deux à deux), nous permet d'estimer dans quelle mesure les éléments sont «proches» ou «éloignés» les uns des autres. Le dendrogramme, ou arbre hiérarchique, montre les liaisons entre les éléments mais aussi la longueur des branches nous indique leur niveau de proximité.

L'examen du dendrogramme (figure 25) de l'analyse en cluster des scores de rappel pour les modalités et conditions indique que les conditions verbales se distinguent des conditions visuo-spatiales. Plus la relation entre les variables (trait vertical entre deux variables ou groupes de variables) se situe à gauche plus la relation est forte.

La lecture du dendrogramme présenté dans la figure 25 indique également que les inter-relations entre les conditions sont différentes dans les deux modalités. Dans la modalité verbale, la condition Images seules se différencie des trois autres conditions. Il est possible que dans la condition Images seules, les enfants s'appuient sur un codage visuel ce qui ne serait pas le cas dans les trois autres conditions. Puis, les conditions comportant les images et le son sont associées (I+S et I+S+LPC). Il est possible que dans ces conditions les enfants utilisent les informations visuelle et sonore. Enfin, la condition S+LPC se différencie des deux conditions précédentes dans lesquelles l'image est encore présente. Ici, les enfants utiliseraient uniquement l'information sonore.

Dans la modalité visuo-spatiale, les conditions Points seuls et Points avec son sont associées plus qu'avec les deux autres conditions. On peut y voir ici l'utilisation commune dans ces deux conditions de l'information visuelle essentiellement. La condition P+S+LPC est plus faiblement associée aux trois autres conditions. On peut y voir ici soit l'effet de l'utilisation d'un codage verbal, mais dans ce cas cette condition serait associée à la condition P+S, soit l'effet distracteur de l'ajout du codage LPC. Enfin, la dernière condition sans support visuel, S+LPC, se distingue plus nettement encore des trois autres. L'absence d'information visuelle indiquant la localisation des points pourrait être la source de cette distance. Dans cette condition, les enfants sont contraints de retenir l'information verbale puis de la transposer en localisation des points lors du rappel des points dans la grille ou de transformer mentalement l'information verbale en localisation spatiale pour maintenir la séquence de point dans la grille puis utiliser cette information pour le rappel.

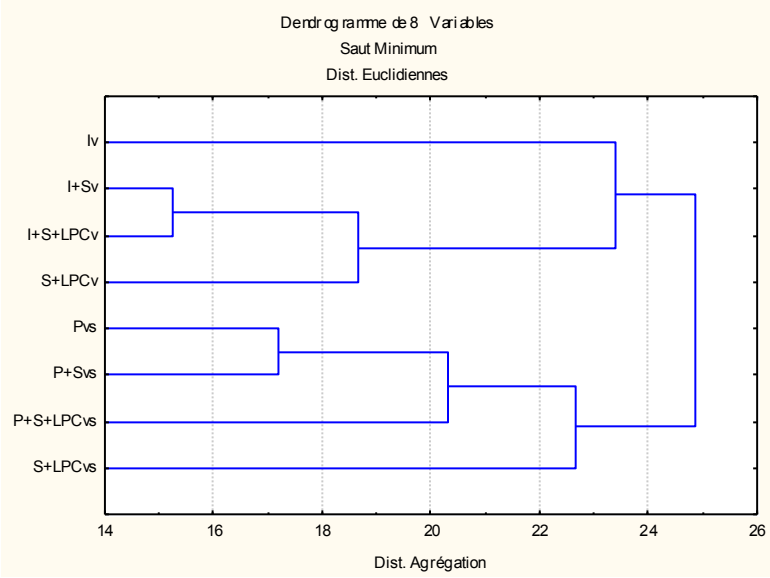


Figure 25 : Dendrogramme représentant l'analyse en cluster du nombre d'*items* correctement rappelés dans chacune des conditions de présentation des *items* pour chaque modalité.

En conclusion, ces analyses des inter-relations entre les conditions soulignent l'intérêt de travailler avec ces différentes conditions de présentation de l'information parce qu'elles mesurent des processus sous-jacents différents. Ces analyses montrent également que les tâches mesurent des processus différents selon la modalité verbale ou visuo-spatiale et que le codage LPC a un impact différent selon la modalité.

.1.2 Analyse des erreurs d'*item* et d'ordre

Des études antérieures ont montré que la distinction entre information «*item*» et information «ordre sériel» est capitale pour mieux comprendre la nature des processus sous-jacents aux tâches de mémoire à court terme verbale (Bjork & al., 1974; Majerus, 2010). Elles ont montré que les effets des connaissances langagières sont les plus importants pour le rappel de l'information «*item*» par rapport au rappel de l'information «ordre sériel». Le rappel de l'information «*item*» est mesuré par le nombre d'erreurs d'*item* (omissions, paraphasies, intrusions) et le rappel de l'information «ordre sériel» est mesuré par le nombre d'erreurs d'ordre (*items* de la liste rappelés dans des positions sérielles incorrectes).

.1.2.1 Hypothèses

Le stockage de l'information *item* dépend directement de la qualité des représentations phonologiques et sémantiques. Par contraste, le stockage de l'ordre sériel est réalisé via un système spécifique et indépendant des représentations langagières (Majeurs, 2010).

Conformément à cette proposition, des jeunes apprenants lecteurs ayant des connaissances langagières en cours d'apprentissage peuvent présenter un nombre d'erreurs *items* plus important qu'un nombre d'erreurs d'ordre. Nous nous attendons donc à ce que les enfants au développement typique produisent plus d'erreurs d'*item* que d'erreurs d'ordre quelle que soit la modalité. Cependant Bjork & al. (1974) rapportent que la mémoire de l'ordre s'estompe plus rapidement que la mémoire de l'*item*. Pour des séquences d'*items* plus longues (3 ou 4 *items* à rappeler), l'enfant peut peut-être commettre plus d'erreurs d'ordre que d'erreurs d'*item*.

Pour ce qui est de la modalité visuo-spatiale, la probabilité de se tromper au niveau de l'information «*item*» paraît plus faible. En effet, le choix des emplacements se répète à partir d'un ensemble limité constitué de neuf positions différentes. Au fur et à mesure des *items* dans une séquence le nombre des localisations possibles diminue et il doit surtout retenir leur ordre d'apparition.

De ce fait, nous nous attendons à ce que les enfants commentent plus d'erreurs d'*item* en modalité verbale qu'en modalité visuo-spatiale. Par contre, nous nous attendons à ce que le

nombre moyen d'erreurs d'ordre en modalité verbale et en modalité visuo-spatiale soit comparable. En effet, Hurlstone et al. (2014) suggèrent que les mécanismes responsables de l'ordre sériel pour des *items* verbaux, visuels et spatiaux sont planifiés et contrôlés par un système similaire.

.1.2.2 Comparaisons entre les types d'erreurs pour chaque condition dans chacune des modalités

La première section présente le nombre moyen d'erreurs selon le type d'erreur (*Item* ou Ordre) et la modalité (verbale ou visuo-spatiale) dans les conditions *Items* seuls, contexte classique de mesure de la MCT. La seconde section intègre les quatre conditions de présentation des *items*.

.1.2.2.1 Pour la condition uni-modale - *Items* seuls

Cette analyse a été réalisée sur les données recueillies dans les conditions *Items* seuls (Images Seules et Points seuls).

Compte-tenu des écarts types importants et de l'absence de normalité de la distribution du nombre d'erreurs dans certaines conditions, le test statistique utilisé est le test de Wilcoxon.

Comme l'illustre la figure 26, le nombre moyen d'erreurs d'*item* est supérieur au nombre moyen d'erreurs d'ordre dans la modalité verbale comme visuo-spatiale. Cette différence est significative pour la modalité verbale et tendancielle pour la modalité visuo-spatiale (Voir tableau 9). Le nombre moyen d'erreurs d'*item* est particulièrement important dans la modalité verbale. Le même effet est observé pour les erreurs d'ordre. Ces différences sont significatives (voir tableau 9).

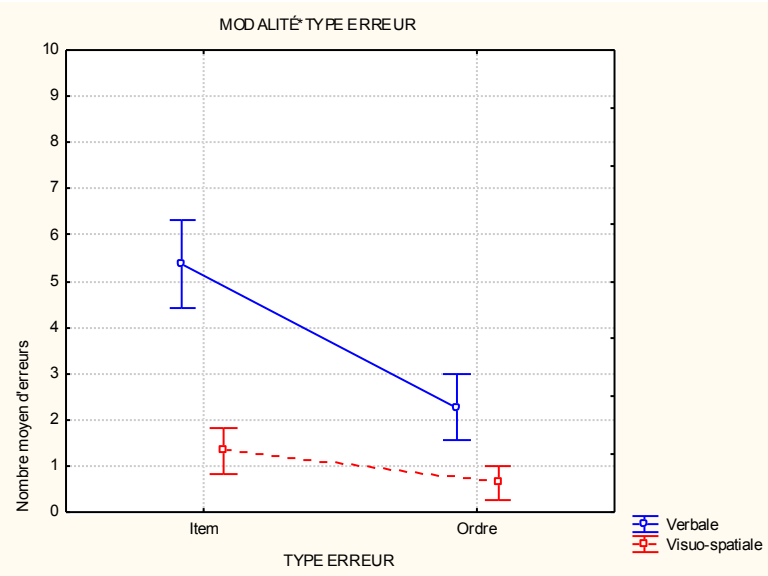


Figure 26 : Nombre moyen d'erreurs selon le type d'erreur (*Item* ou Ordre) et la modalité (verbale ou visuo-spatiale) dans les conditions *Items* seuls.

Tableau 9 : Synthèse des comparaisons entre les types d'erreur pour la modalité verbale puis pour la modalité visuo-spatiale, puis entre modalités pour chaque type d'erreur.

	Modalité			**Type d'erreur**	
	Verbale	Visuo-spatiale		*Item*	Ordre
Test de Wilcoxon	Moy *Item*/ Moy Ordre	Moy *Item*/ Moy Ordre		Verbale /Visuo-spatiale	Verbale /Visuo-spatiale
	5,36/ 2,26	1,33/ 0,64		5,36/ 1,33	2,26/ 0,64
	Z = 4,13 p<.001	Z = 1,82 ns		Z = 5,23 p<.001	Z = 3,87 p<.001

.1.2.2.2 Pour toutes les conditions de présentation

Cette analyse intègre les quatre conditions de présentation des *items*. Le test utilisé est le test de Wilcoxon.

.1.2.2.2.1 Comparaisons selon le type d'erreurs d'*item* et d'ordre

Tableau 10 : Synthèse des comparaisons entre les types d'erreur pour chacune des conditions de la modalité verbale puis chacune des conditions de la modalité visuo-spatiale.

	Modalité Verbale				**Modalité Visuo-spatiale**			
	I	I+S	I+S+LPC	S+LPC	P	P+S	P+S+LPC	S+LPC
	Moy *Item* / Moy Ordre				Moy *Item* / Moy Ordre			
Test de Wilcoxon	5,36 /2,26	3,17 /2,59	3,36 /2,29	2,95 /2,48	1,33 /0,64	1,21 /1,33	2,02 /1,98	1,93 /1,00
	Z = 4,13 p<.001	Z = 1,46 ns	Z = 2,05 p<.05	Z = 1,16 Ns	Z = 1,82 p=0,068	Z<1 ns	Z<1 ns	Z = 2,16 p<.05

Dans la modalité verbale, le nombre moyen d'erreurs d'*item* est significativement plus élevé que celui des erreurs d'ordre pour les conditions I seules et I+S+LPC. Il est particulièrement important dans la condition Images seules qui est la première condition présentée. Dans la modalité visuo-spatiale, le nombre moyen d'erreurs d'*item* est significativement plus élevé que celui du nombre d'erreurs d'ordre dans les conditions Points seuls et S+LPC. Ces conditions correspondent à la première condition visuo-spatiale présentée et à la condition dans laquelle la présentation visuelle de la localisation des points n'est pas apparente mais uniquement l'énonciation de leur localisation dans la grille accompagnée de la LPC. Ces différences sont illustrées dans la figure 27.

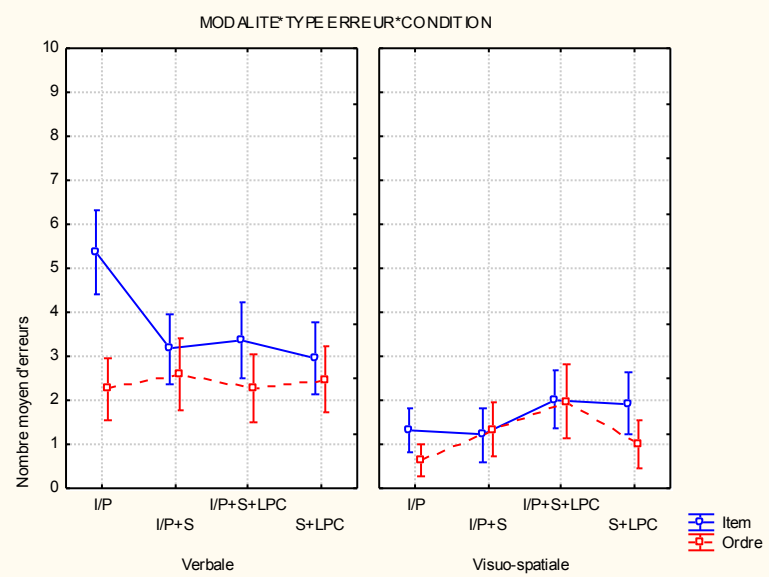


Figure 27 : Nombre moyen d'erreurs selon le type d'erreur (*Item* ou Ordre) et la modalité (verbale ou visuo-spatiale) dans toutes les conditions.

Les analyses descriptives avec les moyennes pour chaque condition de chaque modalité avec les moyennes verbales et visuo-spatiales se trouvent en Annexe 6.

.1.2.2.2.2 Variations de chaque type d'erreurs selon la condition

- Modalité verbale

Le nombre d'erreurs d'*item* est plus important dans la modalité Image Seule par rapport aux trois autres conditions de présentation.

Le nombre d'erreurs d'ordre ne varie pas significativement selon la condition de présentation.

Le tableau 11 donne une synthèse des comparaisons réalisées avec le test de Wilcoxon.

Tableau 11 : Synthèse des comparaisons entre les conditions pour les erreurs d'*item* puis pour les erreurs d'ordre pour la modalité verbale.

Modalité verbale									
Erreurs d'*Item*					**Erreurs d'Ordre**				
	I	I+S	I+S+LPC	S+LPC		I	I+S	I+S+LPC	S+LPC
Moyenne	5,36	3,17	3,36	2,95	Moyenne	2,26	2,59	2,29	2,48
Test de Wilcoxon Z					**Test de Wilcoxon Z**				
I	-	Z=4,18 p<.001	Z=4,04 p<.001	Z=4,72 p<.001	I	-	Z<1 ns	Z<1 ns	Z<1 ns
I+S	-	-	Z<1 ns	Z<1 ns	I+S		-	Z<1 ns	Z<1 ns
I+S+LPC			-	Z=1,17 ns	I+S+LPC			-	Z<1 ns
S+LPC				-	S+LPC				-

- Modalité visuo-spatiale

Le nombre d'erreurs d'*item* est significativement plus élevé dans la condition P+S+LPC par rapport à la condition P. Les erreurs d'*item* pourraient résulter d'une distraction de l'attention visuelle, l'enfant ne parvenant pas à garder son regard sur la grille dans laquelle les points apparaissent, ou bien d'une compétition entre l'information visuelle de la localisation des points dans la grille et l'information sonore.

Le nombre d'erreurs d'ordre augmente également significativement avec l'ajout conjoint du son et de la LPC (P+S+LPC). Les erreurs d'ordre dans cette condition sont significativement plus élevées que dans les conditions P et S+LPC. Le tableau 12 regroupe les comparaisons réalisées avec le test de Wilcoxon.

Ainsi, la compétition entre informations visuelle et sonore pourrait susciter l'augmentation des erreurs d'*item* et d'ordre.

Tableau 12 : Synthèse des comparaisons entre les conditions pour les erreurs d'*item* puis pour les erreurs d'ordre pour la modalité visuo-spatiale.

Modalité visuo-spatiale									
Erreurs d'*Item*						**Erreurs d'Ordre**			
	P	P+S	P+S+LPC	S+LPC		P	P+S	P+S+LPC	S+LPC
Moyenne	1,33	1,21	2,02	1,93	Moyenne	0,64	1,33	1,98	1,00
Test de Wilcoxon Z					**Test de Wilcoxon Z**				
P	-	Z<1 ns	Z=2,27 p<.05	Z=1 ,48 ns	P	-	Z=1,79 ns	Z=2,83 p<.01	Z=1,23 ns
P+S	-	-	Z=3,11 p<.01	Z=1,82 ns	P+S		-	Z=1,60 ns	Z<1 ns
P+S+LPC			-	Z<1 ns	P+S+LPC			-	Z=2,23 p<.05
S+LPC				-	S+LPC				-

.1.2.3 Analyses des corrélations et en clusters

- Corrélations entre les types d'erreurs

Comme le souligne les résultats du tableau 13, les corrélations entre les erreurs d'*item* et d'ordre ne sont pas significatives pour la modalité verbale comme pour la modalité visuo-spatiale.

La corrélation entre les erreurs d'*item* des modalités verbale et visuo-spatiale est significative, alors que la corrélation entre les erreurs d'ordre des modalités verbale et visuo-spatiale ne l'est pas.

Tableau 13 : Corrélations entre les nombres d'erreurs d'*item* et d'ordre intra-modalité et inter-modalités (verbales et visuo-spatiales), réalisées avec le test des rangs de Spearman.

	Modalité verbale		Modalité visuo-spatiale	
	Image seule *Item*	Image seule Ordre	Point seul *Item*	Point seul Ordre
Image seule *Item*	-	0,029	0,456*	0,141
Image seule Ordre		-	0,054	0,223
Point seul *Item*			-	0,051

Rangs de Spearman * r significatif à p<.05

- Analyse en cluster des erreurs d'*items* et d'ordre

L'examen du dendrogramme de l'analyse en cluster portant sur le nombre d'erreurs d'*items* et d'ordre dans chacune des modalités, présenté dans la figure 28, indique que les erreurs d'*items* dans la modalité verbale se distinguent des erreurs d'ordre dans cette même modalité ainsi que des erreurs d'*items* et d'ordre de la modalité visuo-spatiale.

Les nombres d'erreurs d'*items* et d'ordre de la modalité visuo-spatiale se regroupent. Il est possible que ces regroupements soient liés au plus faibles nombres d'erreurs d'ordre dans la modalité verbale et d'erreurs d'*item* et d'ordre dans la modalité visuo-spatiale.

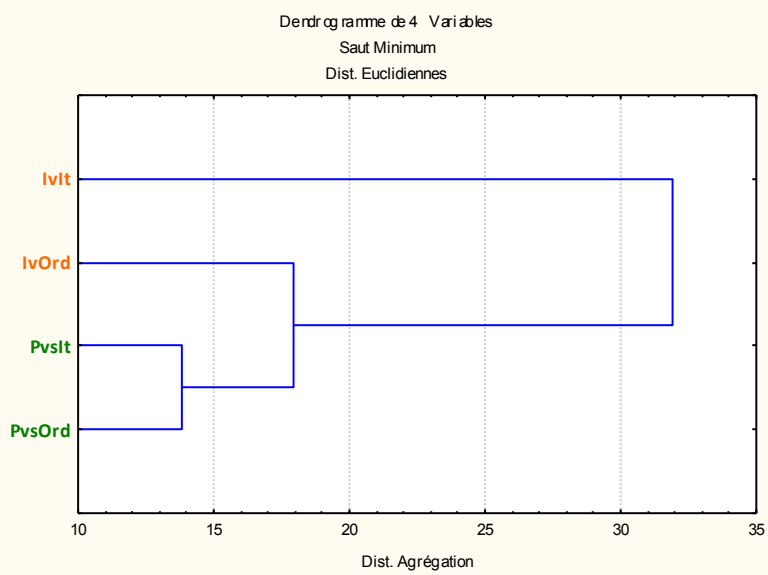


Figure 28 : Dendrogramme représentant l'analyse en cluster du nombre d'erreurs d'*Item* ou d'Ordre dans chacune des modalités de présentation (verbale et visuo-spatiale).

.1.3 Analyse de l'effet de la longueur des séquences et des erreurs d'*item*

La présentation simultanée de plusieurs informations et de différentes sources d'informations peut conduire à une surcharge cognitive. L'effet de cette surcharge peut être apprécié en examinant si les scores de rappels varient en fonction du nombre d'*items* à rappeler. Les listes comportent 2, 3 ou 4 *items* à rappeler. L'observation d'une diminution du rappel avec l'augmentation du nombre d'*items* à mémoriser peut révéler une difficulté de gestion en MDT ou de mise en œuvre du contrôle exécutif. Cette difficulté peut aussi être appréciée à travers l'analyse des erreurs.

L'analyse des erreurs d'*item*, en particulier des omissions et des intrusions, permet d'étudier l'impact des difficultés de gestion de l'information en mémoire immédiate.

.1.3.1 Effet de la longueur des séquences sur les *items* correctement rappelés

Après la présentation de nos hypothèses, nous effectuons une analyse des résultats pour la condition uni-modale puis pour toutes les conditions.

.1.3.1.1 Hypothèses

Effet de la longueur :

Nous nous attendons tout d'abord à ce que les pourcentages d'*items* correctement rappelés dans l'ordre diminuent au fur et à mesure de l'augmentation du nombre d'*items* à rappeler quelles que soient, les modalités et les conditions.

Effet Modalité*Longueur :

Nous nous attendons à une diminution des scores plus importante en modalité verbale par rapport à la modalité visuo-spatiale. En plus de la longueur des listes, le fait de rappeler des mots de deux syllabes en modalité verbale peut avoir une influence négative sur le rappel par rapport à un rappel de position de points (associé à un chiffre -mot d'une syllabe-) en modalité visuo-spatiale.

Effet Modalité*Condition

Nous nous attendons également à ce que cette diminution des pourcentages de rappel soit plus importante dans les conditions où plusieurs sources d'informations sont proposées et en particulier en modalité verbale. Pour certains enfants, la présence de la LPC peut constituer un élément perturbateur en plus de la longueur des listes. Du point de vue des ressources du système cognitif, la présence de la LPC peut constituer une charge cognitive supplémentaire. Le contrôle exécutif est donc plus sollicité pour la régulation et la gestion des différentes informations et pour le traitement de celles -ci.

Effet d'interaction Modalité*Longueur*Condition

En conséquences de nos premières hypothèses, nous nous attendons à ce que l'effet de longueur des listes soit plus important en modalité verbale par rapport à la modalité visuo-spatiale et s'observe davantage pour les conditions de présentation avec LPC.

.1.3.1.2 Pour la condition uni-modale : *Items* seuls

Une première analyse a été réalisée sur les données recueillies dans les conditions *Items* seuls (Images Seules et Points seuls), contexte classique de mesure de la MCT (Analyse descriptive en annexe 6).

Une ANOVA a été réalisée sur le pourcentage d'*items* correctement rappelés, selon le plan S42*M2*L3 dans lequel M correspond à la modalité (verbale vs visuo-spatiale) et L correspond à la longueur des séquences à mémoriser (2 *items*, 3 *items* et 4 *items*). Le

pourcentage d'*items* correctement rappelés dans l'ordre a été calculé sur six *items* pour les séquences de deux *items* (2*items* x 3séquences), sur neuf *items* pour les séquences de trois *items* (3*items* x 3séquences) et sur douze *items* pour les séquences de quatre *items* (3*items* x 4 séquences).

L'effet principal de la **modalité** est significatif. Le pourcentage d'*items* correctement rappelés est supérieur dans la modalité visuo-spatiale (93,80%) par rapport à la modalité verbale (75,90%) [$F(1,41)=116,79$, $p<.001$].

L'effet principal de la **longueur** est significatif. Le pourcentage d'*items* correctement rappelés diminue avec l'augmentation de la longueur de la séquence à rappeler : les pourcentages sont de 97,42% pour les séquences de deux *items*, de 84,92% pour les séquences de trois *items* et de 72,22% pour les séquences de quatre *items* [$F(2,82)=68,44$, $p<.001$].

L'effet d'interaction **Modalité*Longueur** est significatif [$F(2,82)=25,17$, $p<.001$]. Le pourcentage d'*items* correctement rappelés diminue plus fortement avec l'augmentation du nombre d'*items* à rappeler par séquence dans la modalité verbale par rapport à la modalité visuo-spatiale. Les pourcentages d'*items* correctement rappelés sont de 96,43% pour les séquences de deux mots ; 75,13% pour les séquences de trois mots et de 56,15% pour les séquences de quatre mots pour la modalité verbale, puis de 98,41% pour les séquences de deux mots ; 94,71% pour les séquences de trois mots ; 88,29% pour les séquences de quatre mots pour la modalité visuo-spatiale.

Comme l'illustre la figure 29, dans la modalité verbale, la diminution du pourcentage d'*items* correctement rappelés est constante sur les trois longueurs des séquences. Les différences entre les pourcentages d'*items* correctement rappelés à chaque longueur sont significatives (Verbale 2/3 [$F(1,41)=41,77$, $p<.001$] ; Verbale 2/4 [$F(1,41)=129,00$, $p<.001$] ; Verbale 3/4 [$F(1,41)=23,59$, $p<.001$]). En revanche, dans la modalité visuo-spatiale, l'inclinaison de la diminution du pourcentage d'*items* correctement rappelés est moins marquée. Les différences entre les pourcentages d'*items* correctement rappelés à chaque longueur sont significatives (Visuo-spatiale 2/3 [$F(1,41)=4,86$, $p<.05$] ; Visuo-spatiale 2/4 [$F(1,41)=17,75$, $p<.001$] ; Visuo-spatiale 3/4 [$F(1,41)=5,22$, $p<.05$]).

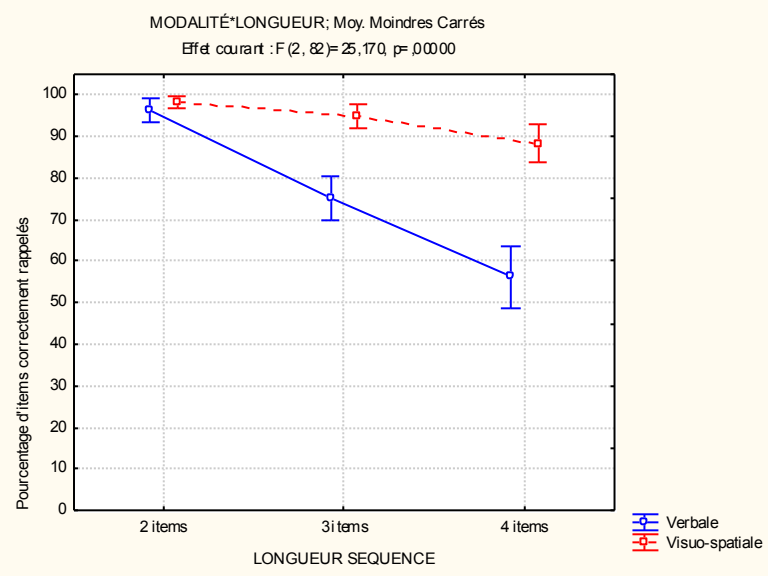


Figure 29 : Pourcentage moyen d'*items* correctement rappelés dans la condition '*Items* seuls' pour chacune des longueurs des séquences (2 *items*, 3 *items*, 4 *items*) dans chacune des modalités (verbale vs visuo-spatiale).

L'écart entre les pourcentages d'*items* correctement rappelés pour les modalités verbale et visuo-spatiale n'est pas significatif pour les séquences d'une longueur de deux *items* [F(1,41)=1,32, ns], est significatif pour les séquences de trois *items* [F(1,41)=46,23, p<.001] et de quatre *items* [F(1,41)=67,93, p<.001]. Pour chacune de ces longueurs, le pourcentage d'*items* correctement rappelés est moins élevé pour la modalité verbale que pour la modalité visuo-spatiale.

.1.3.1.3 Pour toutes les conditions de présentation

Dans une première section nous examinons les résultats sur l'ensemble des données puis dans une seconde section nous distinguons les résultats selon les modalités.

.1.3.1.3.1 Analyse sur l'ensemble des données

Cette deuxième analyse porte sur les données recueillies dans chacune des conditions de présentation des *items* et les deux modalités. L'ANOVA a été réalisée sur le pourcentage d'*items* correctement rappelés, selon le plan S42*M2*L3*C4 dans lequel M correspond à la modalité (verbale vs visuo-spatiale), L à la longueur des séquences à mémoriser (2 *items*, 3 *items* et 4 *items*) et C aux quatre conditions de présentation (I/P seuls, I/P+Son, I/P+Son+LPC, Son+LPC).

L'effet principal de la **modalité** est significatif. Le pourcentage d'*items* correctement rappelés est supérieur dans la modalité visuo-spatiale (90,72%) par rapport à la modalité verbale (81,45%) [F(1,41)=48,08, p<.001].

L'effet principal de la **longueur** est significatif. Le pourcentage d'*items* correctement rappelés diminue avec l'augmentation de la longueur de la séquence à rappeler : les pourcentages sont de 97,32% pour les séquences de deux mots, de 89,22% pour les séquences de trois mots et de 71,73% pour les séquences de quatre mots [F(2,82)=124,14, p<.001].

L'effet principal de la **condition** est significatif. Le pourcentage d'*items* correctement rappelés est de 84,85% pour I/P Seul, de 87,25% pour I/P+Son, de 85,07% pour I/P+Son+LPC, et de 87,18% pour S+LPC [F(3,123)=2,70, p<.05].

L'effet d'interaction **Modalité*Longueur** est significatif [F(2,82)=52,19, p<.001]. Cet effet est illustré dans la figure 30.

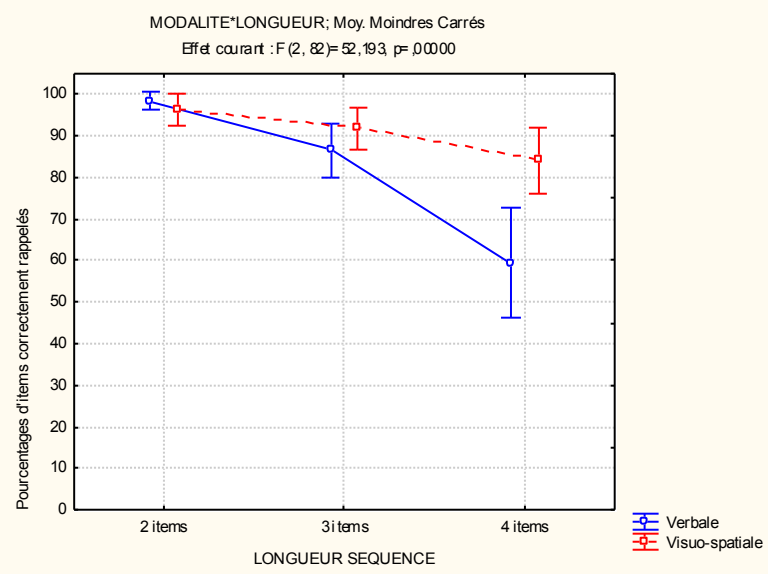


Figure 30 : Pourcentage moyen d'*items* correctement rappelés pour chacune des longueurs des séquences (2 *items*, 3 *items*, 4 *items*) dans chacune des modalités (verbale vs visuo-spatiale), sur l'ensemble des conditions de présentation des *items*.

Le pourcentage d'*items* correctement rappelés diminue plus fortement avec l'augmentation du nombre d'*items* à rappeler par séquence dans la modalité verbale par rapport à la modalité visuo-spatiale. Les pourcentages d'*items* correctement rappelés sont pour la modalité verbale de 98,41% pour les séquences de deux mots, de 86,57% pour les séquences de trois mots et de 59,37% pour les séquences de quatre mots, puis pour la modalité visuo-spatiale, ils sont de 96,23% pour les séquences de deux mots, de 91,86% pour les séquences de trois mots, et de 84,08% pour les séquences de quatre mots.

L'effet d'interaction **Modalité*Condition** est significatif [F(3,123)=16,57, p<.001]. Cet effet est illustré dans la figure 31. Le pourcentage d'*items* correctement rappelés diminue avec l'ajout du son et de la LPC aux Points dans la modalité visuo-spatiale, alors que ce pourcentage d'*items* correctement rappelés augmente dans la modalité verbale. Les pourcentages d'*items* correctement rappelés sont précisés dans le tableau correspondant à cette interaction dans l'annexe 6.

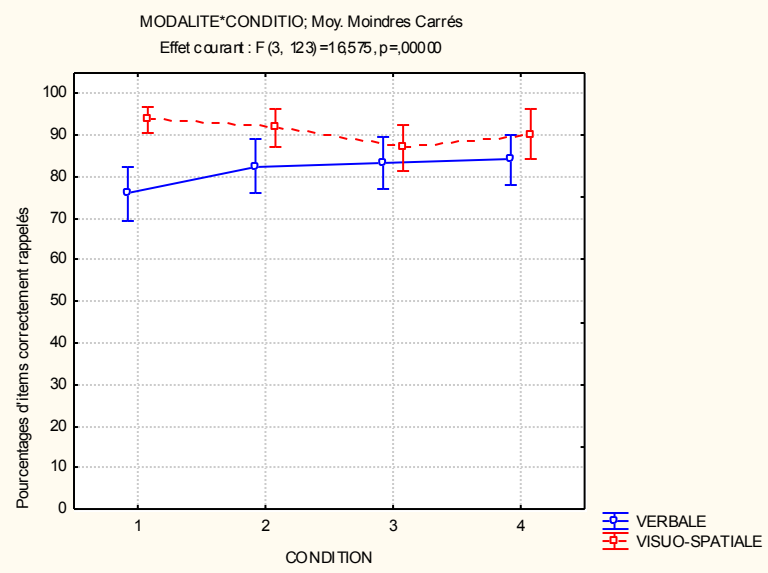


Figure 31 : Pourcentage moyen d'*items* correctement rappelés pour chacune des conditions de présentation dans chacune des modalités (verbale vs visuo-spatiale).

L'effet d'interaction **Longueur*Condition,** illustré dans la figure 32, n'est pas significatif [F(6,246)=1,91, ns]. Le pourcentage d'*items* correctement rappelés reste à peu près constant lorsque les listes d'*items* comportent 2 *items* et 4 *items*, et varie légèrement pour les listes de 3 *items*. Les pourcentages d'*items* correctement rappelés sont précisés dans le tableau correspondant à cette interaction dans l'annexe 6.

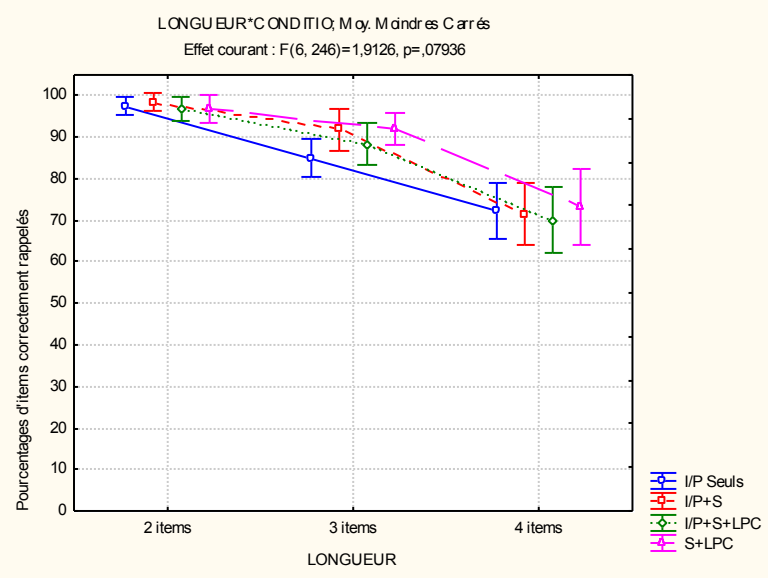


Figure 32 : Pourcentage moyen d'*items* correctement rappelés pour chacune des longueurs des séquences (2 *items*, 3 *items*, 4 *items*) dans chacune des conditions de présentation des *items*.

L'effet d'interaction **Modalité*Longueur*Condition** est significatif [F(6,246)=2,15, p<.05]. Cet effet est illustré dans la figure 33. L'effet préjudiciable de l'augmentation de la longueur de la liste des *items* à mémoriser est plus marqué pour chacune des conditions de présentation dans la modalité verbale que dans la condition visuo-spatiale. Dans la modalité verbale, cet effet délétère de la longueur est important dès trois *items* pour la condition Image Seule, alors qu'il est moins marqué pour les trois autres conditions de présentation à cette longueur. Il est possible que le son présent dans ces trois dernières conditions facilite le rappel lorsque les listes comportent trois *items*. Dans la modalité visuo-spatiale, l'effet de la longueur apparaît comme plus marqué pour la condition P+S+LPC. L'apparition de la LPC dans cette condition semble pouvoir expliquer la diminution du pourcentage de rappel. Ces interprétations font l'objet d'analyses statistiques plus fines dans l'analyse en sous-plans réalisée dans le prochain paragraphe. Les pourcentages d'*items* correctement rappelés sont précisés dans le tableau correspondant à cette interaction dans l'annexe 6.

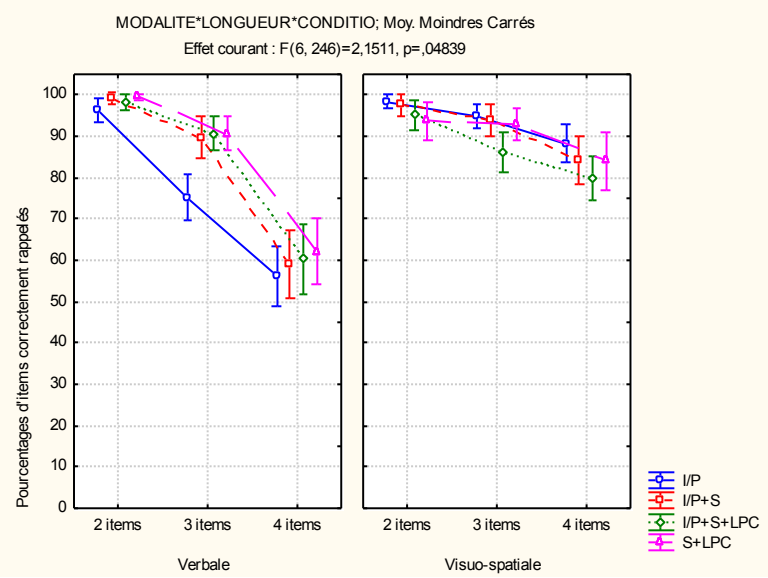


Figure 33 : Pourcentage moyen d'*items* correctement rappelés pour chacune des longueurs des séquences (2 *items*, 3 *items*, 4 *items*) dans chacune des modalités (verbale vs visuo-spatiale), sur l'ensemble des conditions de présentation des *items*.

.1.3.1.3.2 Analyse en sous-plans sur chaque modalité

Cette analyse en sous-plans par modalité va permettre d'affiner les commentaires et interprétations relatifs à l'effet conjoint de la longueur des listes et de la condition de présentation des *items*. Elle portera tout d'abord sur la modalité verbale, puis sur la modalité visuo-spatiale.

- Modalité verbale

L'ANOVA a été réalisée sur le pourcentage d'*items* correctement rappelés dans la modalité verbale, selon le plan S42*L3*C4 dans lequel L correspond à la longueur des séquences à mémoriser (2 *items*, 3 *items* et 4 *items*) et C4 aux quatre conditions de présentation (I seules, I+Son, I+Son+LPC, Son+LPC).

L'effet principal de la **longueur** est significatif. Le pourcentage d'*items* correctement rappelés diminue avec l'augmentation de la longueur de la séquence à rappeler : les pourcentages sont de 98,41% pour les séquences de deux mots, de 86,57% pour les séquences de trois mots et de 59,37% pour les séquences de quatre mots [$F(2,82)=130,38$, $p<.001$].

L'effet principal de la **condition** est significatif. Le pourcentage d'*items* correctement rappelés est de 75,90% pour I Seule, de 82,61% pour I+Son, de 83,16% pour I+Son+LPC, et de 84,15% pour S+LPC [$F(3,123)=12,48$, $p<.001$].

L'effet d'interaction **Longueur*Condition**, illustré dans la figure 34, est significatif [$F(6,246)=2,92$, $p<.01$]. Les résultats des comparaisons entre les conditions pour chaque

longueur de liste sont précisés dans le tableau 14. Pour les listes de deux *items*, le pourcentage d'*items* correctement rappelés est légèrement plus bas dans la modalité I Seule par rapport aux conditions I+S et S+LPC. Pour les listes de trois *items*, ce pourcentage est plus bas dans la condition I Seul par rapport aux trois autres conditions. Pour les listes de quatre *items*, le pourcentage reste à peu près constant quelle que soit la condition.

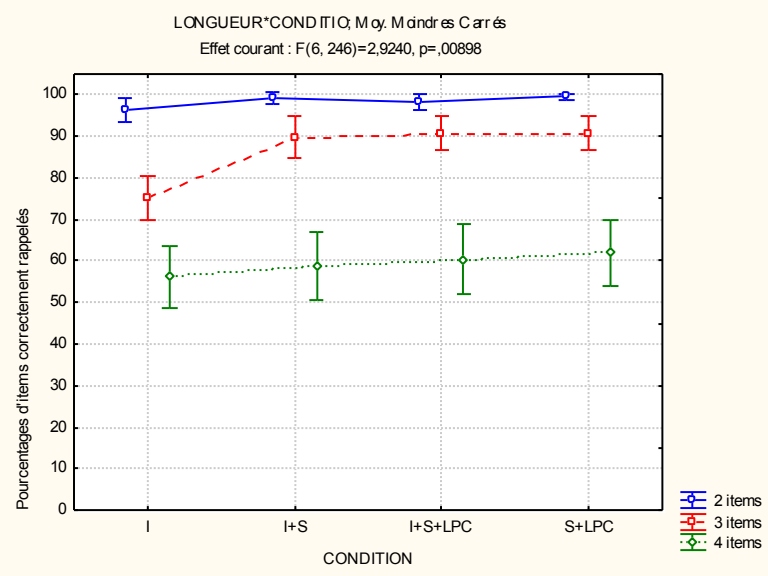


Figure 34 : Pourcentage moyen d'*items* correctement rappelés dans la modalité verbale pour chacune des longueurs des séquences (2 *items*, 3 *items*, 4 *items*) dans chacune des conditions de présentation des *items*.

Tableau 14 : Synthèse des contrastes entre les conditions de présentation des *items* pour chacune des longueurs de liste pour la modalité verbale et pourcentages moyens d'*items* correctement rappelés dans chacune des conditions.

Modalité verbale												
Ddl (1,41)	2 *items*				3 *items*				4 *items*			
	I	I+S	I+S+LPC	S+LPC	I	I+S	I+S+LPC	S+LPC	I	I+S	I+S+LPC	S+LPC
	96,43	99,21	98,41	99,60	75,13	89,68	90,74	90,74	56,15	58,93	60,32	62,10
I	-	F=4,86 p<.05	F=1,49 ns	F=4,32 p<.05	-	F=22,55 p<.001	F=28,29 p<.001	F=22,34 p<.001	-	F<1 ns	F=1 ns	F=2,47 ns
I+S	-	-	F<1 ns	F<1 ns	-	-	F<1 ns	F<1 Ns	-	-	F<1 ns	F<1 ns
I+S +LPC	-	-	-	F=1,29 ns	-	-	-	F<1 Ns	-	-	-	F<1 ns

Les résultats du tableau 15 confirment l'effet de la longueur de la liste dans chacune des conditions de présentation des *items*.

Tableau 15 : Synthèse des contrastes entre les longueurs de listes pour chacune des conditions de présentation des *items* pour la modalité verbale.

Modalité verbale			
	2/3 *items*	2/4 *items*	3/4 *items*
I	F=41,77 p<.001	F=129,00 p<.001	F=23,59 p<.001
I+S	F=13,30 p<.001	F=103,72 p<.001	F=60,29 p<.001
I+S+LPC	F=10,88 p<.01	F=77,51 p<.001	F=58,95 p<.001
S+LPC	F=18,10 p<.001	F=98,36 p<.001	F=60,03 p<.001

- Modalité visuo-spatiale

L'ANOVA a été réalisée sur le pourcentage d'*items* correctement rappelés dans la modalité visuo-spatiale, selon le plan S42*L3*C4 dans lequel L correspond à la longueur des séquences à mémoriser (2 *items*, 3 *items* et 4 *items*) et C4 aux quatre conditions de présentation (I seules, I+Son, I+Son+LPC, Son+LPC).

L'effet principal de la **longueur** est significatif. Le pourcentage d'*items* correctement rappelés diminue avec l'augmentation de la longueur de la séquence à rappeler : les pourcentages sont de 96,23% pour les séquences de deux mots, de 91,86% pour les séquences de trois mots et de 84,08% pour les séquences de quatre mots [F(2,82)=24,79, p<.001].
L'effet principal de la **condition** est significatif. Le pourcentage d'*items* correctement rappelés est de 93,80% pour I Seule, de 91,89% pour I/P+Son, de 86,99% pour I/P+Son+LPC, et de 90,21% pour S+LPC [F(3,123)=6,54, p<.001].

L'effet d'interaction **Longueur*Condition**, illustré dans la figure 35, n'est pas significatif [F(6,246)=1,03, ns]. Les résultats des comparaisons entre les conditions pour chaque longueur de liste sont précisés dans le tableau 16. Pour les listes de deux *items*, les différences entre les conditions ne sont pas significatives. Pour les listes de trois *items*, le pourcentage est plus bas dans la condition P+S+LPC par rapport aux trois autres conditions. Pour les listes de quatre *items*, le pourcentage est plus élevé dans la condition P Seul par rapport à la condition P+S+LPC, les autres différences inter-conditions ne sont pas significatives.

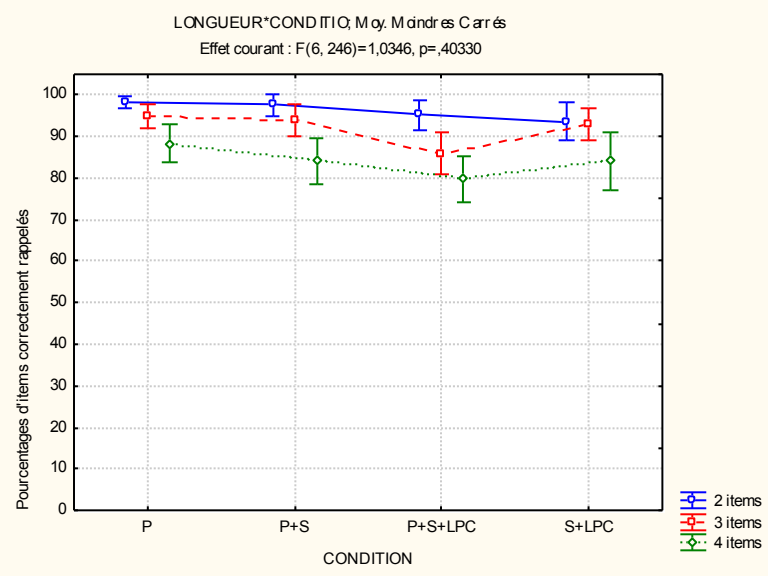


Figure 35 : Pourcentage moyen d'*items* correctement rappelés dans la modalité visuo-spatiale pour chacune des longueurs des séquences (2 *items*, 3 *items*, 4 *items*) dans chacune des conditions de présentation des *items*.

Tableau 16 : Synthèse des contrastes entre les conditions de présentation des *items* pour chacune des longueurs de liste pour la modalité visuo-spatiale, et pourcentages moyens d'*items* correctement rappelés dans chacune des conditions.

Modalité visuo-spatiale												
Ddl (1,41)	2 *items*				3 *items*				4 *items*			
	P	P+S	P+S+LPC	S+LPC	P	P+S	P+S+LPC	S+LPC	P	P+S	P+S+LPC	S+LPC
	98,41	97,62	95,24	93,65	94,71	93,91	85,98	92,86	88,29	84,13	79,76	84,13
P	-	F<1 ns	F=2,36 ns	F=3,64 ns	-	F<1 ns	F=11,18 p<.01	F=1,14 ns	-	F=1,95 ns	F=7,13 p<.05	F=1,23 ns
P+S	-	-	F=1,29 ns	F=2,90 ns	-	-	F=7,54 p<.01	F<1 ns	-	-	F=1,95 ns	F<1 ns
P+S +LPC	-	-	-	F<1 ns	-	-	-	F=7,03 p<.05	-	-	-	F=1,63 ns

Les résultats du tableau 17 confirment l'effet de la longueur de la liste dans chacune des conditions de présentation des *items*, à l'exception des comparaisons entre les longueurs de deux *items* et trois *items* pour les conditions P+S et S+LPC.

Tableau 17 : Synthèse des contrastes entre les longueurs de listes pour chacune des conditions de présentation des *items* pour la modalité visuo-spatiale.

Modalité visuo-spatiale			
	2/3 *items*	2/4 *items*	3/4 *items*
P	F=4,86 p<.05	F=17,75 p<.001	F=5,22 p<.05
P+S	F=2,54 ns	F=16,60 p<.001	F=10,14 p<.01
P+S+LPC	F=10,50 p<.01	F=30,13 p<.001	F=4,00 P=.052
S+LPC	F<1 ns	F=6,30 p<.05	F=5,01 p<.05

.1.3.2 Analyse sur les erreurs d'intrusion et d'omission

Parmi les erreurs d'*item*, nous pouvons distinguer les erreurs d'omission et les erreurs d'intrusion. Tout *item* non rappelé, omis, est considéré comme une erreur d'omission et le rappel d'un *item* non présent dans la liste est considéré comme une erreur d'intrusion. Les moyennes des erreurs d'intrusion et d'omission figurent en annexe 6.

.1.3.2.1 Hypothèses

Pour la modalité verbale :

Nous faisons l'hypothèse que les enfants commettront moins d'erreurs d'intrusions que d'erreurs d'omissions car les listes présentées sont sans lien sémantique (Perrin, 2009). L'enfant ne peut pas faire d'association sémantique entre les mots d'une même liste et donc préfèrera laisser un blanc plutôt que de donner un mot au hasard pour compléter la liste.

Pour la modalité visuo-spatiale :

Nous faisons l'hypothèse qu'il y aura une légère différence entre les erreurs d'intrusions et d'omissions. L'enfant doit choisir parmi neuf emplacements possibles, il proposera peut être plus facilement un emplacement à la place d'un autre plutôt qu'un blanc.

Nous nous attendons également à ce que les conditions multimodales aient un impact différentiel sur les nombres d'erreurs :

1/ Les erreurs d'omission pourraient être plus nombreuses que les erreurs d'intrusion car les informations supplémentaires pourraient constituer des sources de distraction de l'attention entravant la perception de certains *items*. Ces *items* non perçus ne pourraient pas être rappelés.

2/ Les erreurs d'intrusion pourraient être plus nombreuses que les erreurs d'omission car les informations multiples des conditions multimodales pourraient provoquer une augmentation de la sollicitation des ressources attentionnelles/mnésiques et de la charge cognitive. Cette augmentation pourrait occasionner des difficultés de gestion en MDT, difficultés qui pourraient conduire à un défaut de suppression des *items* des listes précédentes, devenus non pertinents, et qui seraient rappelés à tort, formant des intrusions.

.1.3.2.2 Pour la condition uni-modale - *Items* seuls

Cette analyse porte sur les données recueillies dans les conditions *Items* seuls (Images Seules et Points seuls), contexte classique de mesure de la MCT. Compte-tenu des écarts types importants et de l'absence de normalité de la distribution du nombre d'erreurs dans certaines conditions, le test statistique est le test de Wilcoxon.

Comme l'illustre la figure 36, le nombre moyen d'erreurs d'omission est supérieur au nombre moyen d'erreurs d'intrusion dans la modalité verbale mais pas dans la modalité visuo-spatiale. La différence entre les deux types d'erreur est significative dans la modalité verbale mais non significative dans la modalité visuo-spatiale (Voir tableau 18).

Le nombre moyen d'erreurs d'omission est significativement plus élevé dans la modalité verbale que dans la modalité visuo-spatiale. La différence entre le nombre d'erreurs d'intrusion produites dans les modalités verbale et visuo-spatiale n'est pas significative (Voir tableau 18).

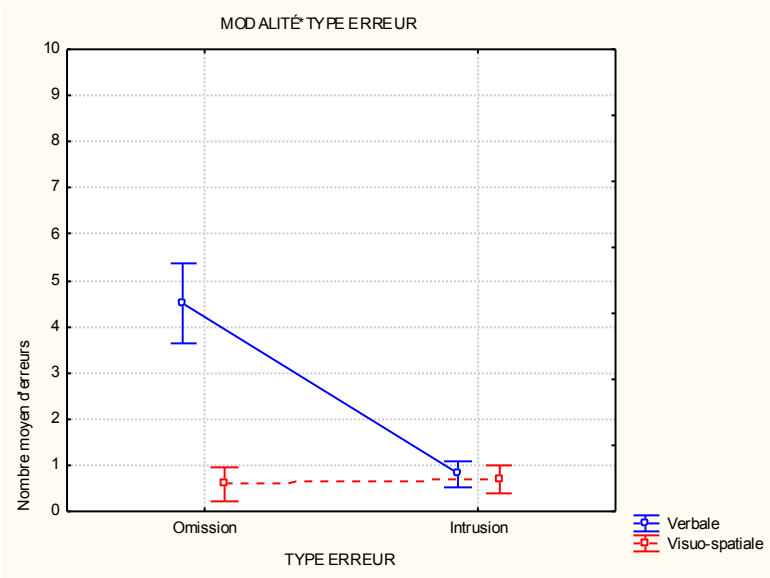


Figure 36 : Nombre moyen d'erreurs selon le type d'erreur (Omission ou Intrusion) et la modalité (verbale ou visuo-spatiale) dans les conditions *Items* seuls.

Tableau 18 : Synthèse des comparaisons entre les types d'erreur pour la modalité verbale puis pour la modalité visuo-spatiale, puis entre modalités pour chaque type d'erreur.

	Modalité			**Type d'erreur**	
	Verbale	Visuo-spatiale		Omission	Intrusion
Test de Wilcoxon	Moy Omission/ Moy Intrusion	Moy Omission/ Moy Intrusion		Verbale /visuo-spatiale	Verbale /visuo-spatiale
	4,52/ 0,81	0,59/ 0,69		4,52/ 0,59	0,81/ 0,69
	Z =5,40 p<.001	Z <1 ns		Z = 5,44 p<.001	Z <1 ns

.1.3.2.3 Pour toutes les conditions de présentation

Cette analyse intègre les quatre conditions de présentation des *items*. Le test statistique utilisé est le test de Wilcoxon.

.1.3.2.3.1 Comparaisons selon le type d'erreurs d'omission et d'intrusion

Dans la modalité verbale, le nombre moyen d'erreurs d'omission est significativement plus élevé que le nombre des erreurs d'intrusion pour chacune des quatre conditions de présentation des *items*. Il est particulièrement important dans la condition Images seules qui est la première condition présentée. Dans la modalité visuo-spatiale, le nombre moyen d'erreurs d'omission est significativement plus élevé par rapport à celui du nombre d'erreurs d'intrusion uniquement dans la condition Point+S, ceci en raison d'une diminution des intrusions dans cette condition dans laquelle la localisation du point est énoncée en plus de son apparition dans la grille. L'ajout du son dans cette condition semble contribuer à la diminution des intrusions. Ces différences sont illustrées dans la figure 37. Les résultats des tests non-paramétriques sont résumés dans le tableau 19.

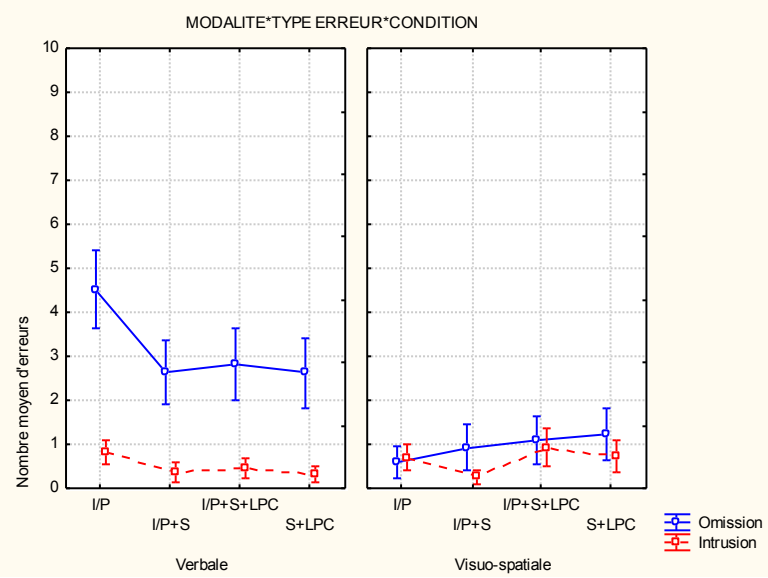


Figure 37 : Nombre moyen d'erreurs selon le type d'erreur (Omission ou Intrusion) et la modalité (verbale ou visuo-spatiale) dans toutes les conditions.

Tableau 19 : Synthèse des comparaisons entre les types d'erreur pour chacune des conditions de la modalité verbale puis chacune des conditions de la modalité visuo-spatiale.

	Modalité Verbale				**Modalité Visuo-spatiale**			
	I	I+S	I+S+LPC	S+LPC	P	P+S	P+S+LPC	S+LPC
	Moy Omission / Moy Intrusion				Moy Omission / Moy Intrusion			
Test de Wilcoxon	4,52/ 0,81	2,64 /0,36	2,83 /0,45	2,62 /0,33	0,59/ 0,69	0,93 /0,26	1,09 /0,93	1,21 /0,71
	Z=5,40 p<.001	Z=4,74 p<.001	Z=4,46 p<.001	Z=4,39 p<.001	Z<1 ns	Z=2,50 p<.05	Z<1 ns	Z=1,42 ns

.1.3.2.3.2 Variations de chaque type d'erreurs selon la condition

- Modalité verbale

Le nombre moyen d'erreurs d'omission est plus important dans la modalité Image Seule par rapport aux trois autres conditions de présentation. Les différences entre les trois autres conditions ne sont pas significatives.

De même, le nombre moyen d'erreurs d'intrusion est plus important dans la modalité Image Seule par rapport aux trois autres conditions de présentation. Les différences entre les trois autres conditions ne sont pas significatives.

Le tableau 20 propose une synthèse des analyses statistiques réalisées avec le test de Wilcoxon.

Tableau 20 : Synthèse des comparaisons entre les conditions pour les erreurs d'*item* puis pour les erreurs d'ordre pour la modalité verbale.

Modalité verbale									
Erreurs d'Omission						**Erreurs d'Intrusion**			
	I	I+S	I+S+LPC	S+LPC		I	I+S	I+S+LPC	S+LPC
Moyenne	4,52	2,64	2,83	2,62	Moyenne	0,81	0,36	0,45	0,33
Test de Wilcoxon Z					**Test de Wilcoxon Z**				
I	-	3,73 p<.001	3,80 p<.001	4,17 p<.001	I	-	2,59 p<.01	2,02 p<.05	2,36 p<.05
I+S	-	-	z<1 ns	z<1 ns	I+S		-	z<1 ns	z<1 ns
I+S+LPC			-	z<1 ns	I+S+LPC			-	z<1 ns
S+LPC				-	S+LPC				-

- Modalité visuo-spatiale

Le nombre moyen d'erreurs d'omission est significativement plus élevé dans la condition P+S+LPC par rapport à la condition P. Les omissions pourraient résulter d'une distraction de l'attention visuelle, l'enfant ne parvenant pas à garder son regard sur la grille dans laquelle les points apparaissent, ou bien d'une compétition entre l'information visuelle de la localisation des points dans la grille et l'information sonore.

Le nombre moyen d'erreurs d'intrusion est significativement plus élevé avec l'ajout du son (P+S) par rapport à la condition P Seule (P). Le nombre moyen d'erreurs d'intrusion est significativement plus élevé avec l'ajout conjoint du son et du LPC (P+S+LPC) par rapport à la condition P+S. Enfin, le nombre moyen d'erreurs d'intrusion est significativement plus élevé dans la condition S+LPC par rapport à la condition P+S. La présence du LPC et/ou l'absence de présentation visuelle des points dans la grille semblent provoquer un plus grand nombre d'intrusions. Le tableau 21 regroupe les analyses statistiques réalisées avec le test de Wilcoxon.

Tableau 21 : Synthèse des comparaisons entre les conditions pour les erreurs d'*item* puis pour les erreurs d'ordre pour la modalité visuo-spatiale.

Modalité visuo-spatiale									
Erreurs d'Omission					**Erreurs d'Intrusion**				
	P	P+S	P+S+LPC	S+LPC		P	P+S	P+S+LPC	S+LPC
Moyenne	0,59	0,93	1,09	1,21	Moyenne	0,69	0,26	0,93	0,71
Test de Wilcoxon Z					**Test de Wilcoxon Z**				
P	-	1,76 ns	2,18 p<.05	1,55 ns	P	-	2,41 p<.05	1,06 ns	z<1 ns
P+S	-	-	z<1 ns	z<1 ns	P+S		-	2,76 p<.01	2,39 p<.05
P+S+LPC			-	z<1 ns	P+S+LPC			-	z<1 ns
S+LPC				-	S+LPC				-

.1.3.2.4 Analyses des corrélations et en clusters

- Corrélations entre les types d'erreurs

Comme le souligne les données du tableau 22, les corrélations entre les erreurs d'omission et d'intrusion ne sont pas significatives pour la modalité verbale comme pour la modalité visuo-spatiale.

La corrélation entre les erreurs d'omission des modalités verbale et visuo-spatiale, tout comme la corrélation entre les erreurs d'intrusion des modalités verbale et visuo-spatiale ne sont pas significatives.

Tableau 22 : Corrélations entre les nombres d'erreurs d'omission et d'intrusion intra-modalité et inter-modalités (verbales et visuo-spatiales), réalisées avec le test des rangs de Spearman.

	Modalité verbale		**Modalité visuo-spatiale**	
	Image seule Omission	Image seule Intrusion	Point seul Omission	Point seul Intrusion
Image seule Omission	-	0,241	0,217	0,205
Image seule Intrusion		-	0,131	0,106
Point seul Omission			-	0,058

Rangs de Spearman * r significatif à p<.05

- Analyse en cluster des erreurs d'omission et d'intrusion

L'examen du dendrogramme de l'analyse en cluster portant sur le nombre d'erreurs d'omission et d'intrusion dans chacune des modalités, présenté dans la figure 38, indique que les erreurs d'omission dans la modalité verbale se distinguent du nombre d'erreurs

d'intrusion dans cette même modalité ainsi que des erreurs d'omission et d'intrusion de la modalité visuo-spatiale.

Les nombres d'erreurs d'intrusion des modalités verbale et visuo-spatiale se regroupent.

Il est possible que la distinction des omissions de la modalité verbale par rapport aux autres erreurs soit liée au plus grand nombre d'erreurs d'omission dans cette modalité, qui constitue la première condition présentée dans cette tâche de rappel d'*item* dans l'ordre. Le regroupement des erreurs d'intrusion produites dans les deux modalités pourrait en revanche être lié à la nature de l'erreur, l'intrusion.

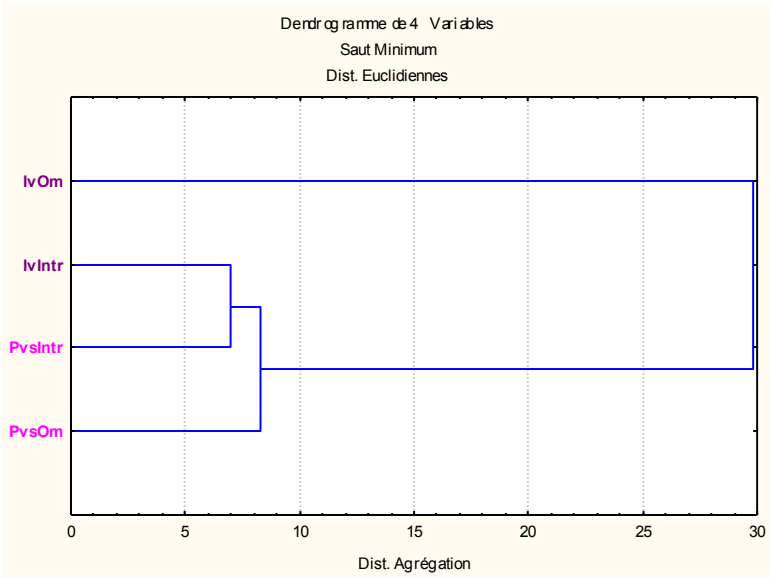


Figure 38 : Dendrogramme représentant l'analyse en cluster du nombre d'erreurs d'Omission ou d'Intrusion dans chacune des modalités (verbale et visuo-spatiale).

Les inter-relations observées indiquent que l'examen de la nature des erreurs est susceptible d'apporter des éléments d'interprétation de l'origine des difficultés des enfants dans cette tâche de rappel immédiat.

.2 Synthèse

Nous présentons dans cette partie une synthèse permettant d'étudier et de comparer les effets des variables de nos épreuves chez les enfants entendants et chez les enfants sourds (résultats détaillés en annexe 7).

- **Analyse du nombre moyen d'*items* rappelés sur 27**

La première série d'analyses porte sur le nombre moyen d'*items* rappelés dans l'ordre. Elles permettent d'examiner de façon globale le niveau des performances en MCT/MDT des enfants et d'étudier l'effet de la nature du matériel.

- Les enfants entendants

Nous observons que l'effet principal de la modalité est significatif pour le nombre moyen d'*items* rappelés. En effet, le nombre moyen d'*items* correctement rappelés est inférieur dans la modalité verbale (20,86 sur 27) par rapport à la modalité visuo-spatiale (24,09 sur 27).
De plus, dans la modalité verbale, le nombre moyen d'*items* correctement rappelés est significativement plus bas dans la condition Image seule par rapport aux trois autres conditions. Par contre, dans la modalité visuo-spatiale, le nombre moyen d'*items* correctement rappelés dans la condition Point seul est significativement supérieur au nombre de points rappelés dans les conditions dans lesquelles le LPC a été ajouté (P+S+LPC et S+LPC).
Pour la population d'enfants entendants, nous constatons que l'effet de l'ajout du son, accompagné ou pas de la LPC, à la présentation visuelle de l'image dans la modalité verbale semble bénéfique. En revanche, il semble que l'ajout de la LPC a un effet délétère dans la modalité visuo-spatiale.
Nous remarquons, aussi, que l'interaction Modalité*Condition est significative. La redondance liée à l'ajout du son (ou dénomination de l'image ou de la cellule dans laquelle est localisée le point) conduit à une augmentation du score de rappel dans la modalité verbale et non dans la modalité visuo-spatiale.
En modalité verbale, notons que le coefficient de corrélation est plus élevé entre la condition uni-modale 'I seules' et la condition dans laquelle le son est ajouté 'I+Son' par rapport aux deux autres conditions dans lesquelles le code LPC est ajouté. Ceci peut indiquer la présence de processus différents ou supplémentaires dans les conditions avec LPC. En modalité visuo-spatiale, la condition uni-modale 'P seuls' corrèle positivement et significativement avec la condition dans laquelle le son a été ajouté 'P+S' mais ne corrèle pas significativement avec les conditions dans lesquelles le codage LPC a été ajouté. Ceci souligne que les traitements effectués dans ces deux conditions diffèrent de ceux impliqués dans la première condition. Et la corrélation entre les deux conditions avec LPC est positive et significative (P+S+LPC et S+LPC). Il semble ainsi que les relations entre les conditions reposent en partie sur l'information visuelle présente ou sur l'introduction de la LPC.

- Les enfants sourds IC

Nous notons que le nombre moyen d'*items* correctement rappelés est inférieur dans la modalité verbale (16,07 sur 27) par rapport à la modalité visuo-spatiale (23,23 sur 27). Les différences entre les nombres moyens d'*items* correctement rappelés dans les modalités verbale et visuo-spatiale sont significatives pour chacune des conditions.

Dans la modalité verbale, le nombre moyen d'*items* correctement rappelés par les enfants sourds avec IC est significativement plus faible dans la condition où le son est ajouté (I+S) par rapport à la condition image seule (I). Le son ne permet pas d'améliorer la performance de rappel. De même, le nombre moyen d'*items* correctement rappelés par les enfants sourds avec IC est significativement plus faible lorsque le son et le codage LPC sont ajoutés (I+S+LPC) par rapport à la condition image seule (I).

Dans la modalité visuo-spatiale, la condition S+LPC suscite une diminution significative du nombre d'*items* correctement rappelés par rapport à la condition Point seul (P). L'absence de présentation des points dans la grille est préjudiciable au rappel. L'enfant sourd IC doit alors utiliser une information verbale ou coder mentalement la localisation du point dans la grille donnée par le son et la LPC. La condition S+LPC suscite une diminution significative du nombre d'*items* correctement rappelés par rapport à la condition P+S. L'absence de présentation des points dans la grille semble préjudiciable au rappel.

Dans la modalité verbale, nous observons que le coefficient de corrélation est plus élevé entre la condition uni-modale I seuls et les deux conditions dans lesquelles l'image est présente (I+S ou I+S+LPC) par rapport à la condition dans laquelle l'image n'est pas présente (S+LPC). Ceci peut indiquer l'utilisation de l'image dans les trois premières conditions avec image. Dans la modalité visuo-spatiale, la valeur du coefficient de la corrélation entre les conditions P+S+LPC, S+LPC est moins élevée. L'absence de présentation visuelle des points dans la condition S+LPC pourrait être en mesure d'expliquer cette corrélation moins élevée. Il semble ainsi que les relations entre les conditions visuo-spatiales reposent en partie sur les informations visuelle et sonore et que l'introduction de la LPC n'a que peu d'impact sur les relations étudiées.

- **Analyse des erreurs d'item et d'ordre**

La deuxième série d'analyses distingue les erreurs d'*items* et d'ordre dans le but d'étudier l'effet lié au rappel séquentiel des *items*. Il s'agit d'examiner si la capacité de rappel dépend de la capacité à maintenir l'ordre des *items*.

- Les enfants entendants

Nous observons, chez les enfants entendants, dans la modalité verbale, que le nombre moyen d'erreurs d'*item* (*items* non rappelés ou erronés) et d'ordre (*items* rappelés dans un autre ordre) est significativement plus élevé que celui des erreurs d'ordre pour les conditions Images seules et I+S+LPC. Il est particulièrement important dans la condition Images seules. Dans la modalité visuo-spatiale, le nombre moyen d'erreurs d'*item* est significativement plus élevé que celui du nombre d'erreurs d'ordre dans les conditions Points seuls et S+LPC.

- Les enfants sourds IC

Nous constatons que dans la modalité verbale, la différence entre le nombre moyen d'erreurs d'*item* et d'ordre est significative pour la condition Image seules ainsi que pour la condition I+S. Le nombre moyen d'erreur d'*item* est plus élevé que celui des erreurs d'ordre. Notons que pour les erreurs d'*item* les écart-types sont particulièrement importants et notamment pour la condition S+LPC. Dans la modalité visuo-spatiale, les différences entre les nombres moyens d'erreurs d'*item* et d'ordre ne sont pas significatives.

En modalité verbale, le nombre moyen d'erreurs d'ordre est significativement plus élevé dans la condition I+S+LPC par rapport aux conditions Image seule (I) et Image et son (I+S). L'apparition de la vidéo comportant la LPC semble associée à l'augmentation des erreurs d'ordre. Il est possible que la vidéo de la LPC provoque une distraction de l'attention visuelle. En modalité visuo-spatiale, le nombre d'erreur d'*item* est significativement plus élevé dans la condition S+LPC par rapport aux conditions Point seul (P) et Point et son (P+S). L'absence de présentation visuelle des points dans la grille semble être à l'origine de cette augmentation des erreurs d'*items*. Le nombre d'erreur d'ordre est significativement plus élevé dans la condition Son et LPC (S+LPC) par rapport à la condition Point et son (P+S). L'absence de présentation visuelle des points dans la grille semble être à l'origine de cette augmentation des erreurs d'*items*.

De plus, la corrélation entre les erreurs d'*item* de la modalité verbale et les erreurs d'ordre de la modalité visuo-spatiale est positive et significative. Les enfants sourds qui ont un nombre élevé d'erreurs d'*item* dans la modalité verbale ont aussi un nombre élevé d'erreurs d'ordre dans la modalité visuo-spatiale.

Pour les deux groupes, l'examen du dendrogramme de l'analyse en cluster des scores de rappel pour les modalités et conditions indique que les conditions verbales se distinguent des conditions visuo-spatiales. Par ailleurs, les regroupements entre les conditions sont différents

dans les deux modalités et les conditions qui se distinguent par rapport aux autres ne sont pas les mêmes en fonction du groupe (E *vs* S).

- **Analyse de l'effet de la longueur des séquences et analyse des erreurs d'intrusion**

La troisième série d'analyses porte sur l'effet de la longueur des séquences d'*items* à mémoriser et sur les intrusions. Ces analyses permettent d'examiner si la capacité de rappel dépend de la charge cognitive imposée et est influencée par la capacité de gestion des ressources en MDT.

- Les enfants entendants

Nos résultats montrent que l'interaction Modalité*Longueur*Condition est significative. L'effet préjudiciable de l'augmentation de la longueur de la liste des *items* à mémoriser est plus marqué pour chacune des conditions de présentation dans la modalité verbale que dans la condition visuo-spatiale. Nous constatons, également, dans la modalité verbale, que cet effet défavorable de la longueur est important dès trois *items* pour la condition Image Seule, alors qu'il est moins marqué pour les trois autres conditions de présentation à cette longueur. Il est possible que le son présent dans ces trois dernières conditions facilite le rappel lorsque les listes comportent trois *items*. Dans la modalité visuo-spatiale, l'effet de la longueur apparaît comme plus marqué pour la condition P+S+LPC. L'apparition de la LPC dans cette condition semble pouvoir expliquer la diminution du pourcentage de rappel.

Dans la modalité verbale, le nombre moyen d'erreurs d'omission est significativement plus élevé que le nombre des erreurs d'intrusion pour chacune des quatre conditions de présentation des *items*. Il est particulièrement important dans la condition Images seules qui est la première condition présentée. Dans la modalité visuo-spatiale, le nombre moyen d'erreurs d'omission est significativement plus élevé par rapport à celui du nombre d'erreurs d'intrusion uniquement dans la condition Point+S, ceci en raison d'une diminution des intrusions dans cette condition dans laquelle la localisation du point est énoncée en plus de son apparition dans la grille. L'ajout du son dans cette condition semble contribuer à la diminution des intrusions.

- Les enfants sourds

Nos données pour les enfants sourds IC indiquent que le pourcentage d'*items* correctement rappelés pour l'ensemble des quatre conditions de présentation diminue plus fortement avec

l'augmentation du nombre d'*items* à rappeler par séquence dans la modalité verbale par rapport à la modalité visuo-spatiale. Les comparaisons entre les pourcentages moyens d'*items* montrent que les diminutions des pourcentages d'*items* correctement rappelés avec l'augmentation du nombre d'*items* sont significatives en modalité verbale comme en modalité visuo-spatiale.

En considérant les erreurs d'omission et les erreurs d'intrusion, nous remarquons que dans la modalité verbale, le nombre moyen d'erreurs d'omission est significativement plus élevé que le nombre des erreurs d'intrusion pour chacune des quatre conditions de présentation des *items*. Par contre, dans la modalité visuo-spatiale, les différences entre le nombre moyen d'erreurs d'omission et d'intrusion ne sont pas significatives quelle que soit la condition de présentation des *items*.

En conclusion, ces analyses soutiennent l'intérêt de travailler avec différentes conditions de présentation de l'information parce qu'elles mesurent des processus sous-jacents différents. Nous observons également que les tâches mesurent des processus différents selon la modalité verbale ou visuo-spatiale et que le codage LPC a un impact différent selon la modalité et selon les groupes. Les résultats des analyses des données obtenues dans les deux groupes nous renseignent sur la structuration des compétences cognitives mobilisées par les tâches utilisées.

Chapitre 6. Comparaison d'enfants sourds et entendants appariés sur l'âge et le score au NNAT

Résumé :
Ce chapitre présente une étude comparative impliquant quatorze enfants sourds profonds munis d'un IC et quatorze enfants entendants appariés sur l'âge réel (âge moyen 7 ans et demi) et le résultat au NNAT (Test d'aptitude non verbale de Naglieri).
Les scores de rappel des quatorze enfants sourds avec IC sont comparés à ceux des quatorze enfants entendants dans la condition uni-modale puis dans les conditions multimodales.

Dans un premier temps une série d'analyses porte sur le nombre moyen d'*items* rappelés dans l'ordre. Elles permettent d'examiner de façon globale le niveau des performances en MCT/MDT des enfants et d'étudier l'effet de la nature du matériel. Puis une deuxième série d'analyses distinguent les erreurs d'*items* et d'ordre dans le but d'étudier l'effet lié au rappel séquentiel des *items*. Il s'agit d'examiner si la capacité de rappel dépend de la capacité à maintenir l'ordre des *items*. Enfin une troisième série d'analyses portent sur l'effet de la longueur des séquences d'*items* à mémoriser et sur les intrusions. Ces analyses permettent d'examiner si la capacité de rappel dépend de la charge cognitive imposée et est influencée par la capacité de gestion des ressources en MDT.

.1 Caractéristiques des groupes

Le groupe des quatorze enfants sourds profonds implantés est constitué de huit filles et six garçons âgés de six à huit ans (âge chronologique moyen : 91,93 mois soit 7;7 ans; écart-type : 9,53). Leur langue maternelle est le français. La moyenne de l'âge d'implantation est de 31,79 mois soit deux ans et sept mois. Les critères d'inclusion dans cette étude étaient les suivants : pas de troubles associés, exposition à la LPC mais plus forcément utilisateur, scolarisés en classe de CP (5) ou CE1 (7) ou CE2 (2 : leur classe d'âge est le CE2 mais leur niveau scolaire relève d'un CE1), avec un mode de communication plutôt oral mais certains enfants étaient utilisateurs de la LSF ou du français signé (voir le tableau 5 du chapitre 4 pour des informations plus détaillées).

Les quatorze enfants entendants, huit filles et six garçons sont âgés de six à huit ans (âge chronologique moyen : 89,64 mois soit 7;5 ans; écart-type : 6,02) et scolarisés en classe de CP (5) ou CE1 (9). Cette cohorte d'enfants entendants est extraite de l'échantillon plus large (42 enfants) qui a servi à valider les épreuves (Voir chapitre 5).

La comparaison des âges moyens des groupes d'enfants entendants et sourds, respectivement de 89,64 mois et 91,93 mois, indique que la différence entre les deux groupes n'est pas significative ($t(26)<1$, ns). De même, la comparaison des scores au test d'aptitude générale non-verbale du NNAT obtenus par les enfants entendants (20,71 sur 38) et sourds (19,57) indique que la différence n'est pas significative ($t(26)<1$, ns).

Les moyennes, distributions et le test de Student se trouvent en annexe 9.

.2 Analyse du nombre moyen d'*items* rappelés

Nous avons examiné de façon globale le niveau des performances en MCT/MDT des enfants et étudié l'effet de la nature du matériel dans la condition uni-modale puis dans les conditions multimodales.

.2.1 Distribution des scores de rappel en situation uni-modale

L'analyse des distributions du nombre d'*items* correctement rappelés dans les conditions Images seuls puis Points seuls par les quatorze enfants sourds avec IC, c'est-à-dire dans une condition uni-modale de mesure de l'empan, indique que les distributions sont normales pour la modalité verbale (indicateurs Kolmogorov-Smirnov, Lilliefors, Shapiro-Wilk, ns) et pour la modalité visuo-spatiale (indicateurs Kolmogorov-Smirnov et Lilliefors mais distribution non normale pour Shapiro-Wilk $p<.05$). La courbe est assez asymétrique pour la modalité Points Seuls en raison de scores élevés pour une grande partie des enfants dans cette condition : 57% environ des enfants sourds avec IC ont un score de 25 à 27 sur 27 points maximum. Toutefois, ces scores élevés sont moins fréquents dans certaines des conditions de présentation multimodale, comme nous le verrons ultérieurement.

L'analyse des distributions du nombre d'*items* correctement rappelés dans les conditions Images seules puis Points seuls par les quatorze enfants entendants appariés indique que la distribution est normale pour la modalité verbale (indicateurs Kolmogorov-Smirnov, Lilliefors, Shapiro-Wilk, ns) mais ne l'est pas pour la modalité visuo-spatiale (indicateurs Kolmogorov-Smirnov ns, mais distribution non normale pour Lilliefors pour Shapiro-Wilk $p<.05$). La courbe est assez asymétrique pour la modalité Points Seuls en raison de scores élevés pour une grande partie des enfants dans cette condition : 71,43% des enfants entendants appariés ont un score de 25 à 27 sur 27 points maximum. Toutefois, ces scores élevés sont moins fréquents dans certaines des conditions de présentation multimodale, comme nous le verrons ultérieurement.

.2.2 Effet de la modalité et des conditions de présentation

Après une présentation de nos hypothèses, nous exposons les résultats des comparaisons entre les enfants sourds IC et les enfants entendants ainsi que les effets des modalités et des conditions.

.2.2.1 Hypothèses

Après avoir spécifié les hypothèses relatives à l'effet du groupe dans chacune des modalités, nous précisons ces hypothèses pour chaque condition de présentation des items dans chacune de ces modalités. Nous énonçons ensuite les hypothèses correspondant aux comparaisons entre les conditions pour chaque groupe et chaque modalité et terminons par celles relatives à l'amplitude des variations du rappel suivant les conditions, c'est-à-dire du gain ou de la détérioration du rappel.

.2.2.1.1 Effet du groupe pour chaque modalité

Nous nous attendons à ce que dans la modalité verbale, le nombre moyen d'*items* correctement rappelés soit moins élevé chez les enfants sourds avec IC que chez les enfants entendants appariés. Nous supposons en effet que l'implantation cochléaire ne permet pas aux enfants sourds avec IC d'obtenir un niveau de perception/compréhension du langage comparable à celui des enfants entendants appariés et que leur capacité à maintenir l'information verbale à court terme est moindre par rapport aux enfants entendants qui ont une plus grande expérience de l'utilisation de la boucle phonologique et du maintien de l'information verbale en mémoire de travail.

Nous nous attendons en revanche à ce que dans la modalité visuo-spatiale, les enfants sourds avec IC obtiennent un nombre moyen d'*items* correctement rappelés supérieur à celui des enfants entendants appariés, en raison de l'expérience et la pratique supposées plus importantes de l'analyse visuo-spatiale des stimuli chez les enfants sourds.

.2.2.1.2 Effet du groupe pour chacune des conditions de présentation dans chaque modalité

<u>En modalité verbale</u>

Nous nous attendons à ce que les enfants sourds avec IC obtiennent un nombre moyen d'*items* correctement rappelés inférieur à celui des enfants entendants dans les conditions Image seule, mais que cette différence ne soit pas significative lorsque le son et/ou la LPC sont ajoutés et lèvent l'ambiguïté relative à la perception du langage. L'ajout du son et/ou de la LPC qui réduit l'ambiguïté de la lecture labiale devrait favoriser l'encodage verbal (Leybaert, Schepers, Renglet, Simon, Serniclaes, Deltenre, Marquet, Mansbach, Périer, & Ligny, 2005). Les conditions avec son et/ou LPC devraient permettre aux enfants sourds IC d'obtenir un score comparable à celui des enfants entendants. En outre, les enfants sourds avec IC devraient être moins sensibles à l'effet distracteur de l'apparition de la LPC ce qui devrait réduire l'effet délétère supposé chez les enfants entendants.

En modalité visuo-spatiale

Nous nous attendons à ce que les enfants sourds avec IC obtiennent un nombre moyen d'*items* correctement rappelés supérieur à celui des enfants entendants dans les conditions Points seuls mais qu'ils obtiennent un nombre moyen d'*items* correctement rappelés inférieur lorsque le son est ajouté car ces deux informations peuvent entrer en compétition et susciter une diminution du rappel de la localisation des points. Les enfants entendants pourraient être plus performants dans l'utilisation du codage numérique des cellules de la grille et l'utilisation de l'information verbale si l'on considère qu'ils ont une plus grande pratique de l'utilisation du codage verbal et de l'utilisation de la boucle phonologique pour le maintien temporaire d'information sous une forme verbale. Tout comme dans la condition verbale, les enfants sourds avec IC devraient être moins sensibles à l'effet distracteur de l'apparition de la LPC ce qui devrait réduire l'effet délétère supposé chez les enfants entendants.

.2.2.1.3 Effet des conditions de présentation pour chaque groupe dans chacune des modalités

Dans la modalité verbale

- Effet lié à l'ajout du son

Selon les résultats de l'étude de Clearly et al. (2001), nous nous attendons à ce que l'ajout du son à l'image (ou présentation visuelle) ne conduise pas à une amélioration du nombre moyen d'*items* correctement rappelés chez les enfants sourds IC et conduise à une augmentation des performances chez les enfants entendants.

- Effet lié à l'ajout de la LPC

- Pour les enfants sourds IC :

Selon l'étude de Leybaert et al. (2005), nous nous attendons à ce que l'ajout de la LPC à l'image et au son conduise à une augmentation du nombre moyen d'*items* correctement rappelés par rapport aux conditions pour lesquelles la LPC n'est pas présente. Il est possible toutefois que l'ajout de la LPC conduise à une diminution des performances de rappel en raison du possible effet distracteur de l'apparition de la vidéo comportant la LPC à droite de l'écran (Burkholder & Pisoni, 2006).

- Pour les enfants entendants

Selon Bayard, Huyse et Colin (2012), il est possible, que l'ajout de la LPC ne conduise pas à une modification des performances de rappel par rapport aux conditions pour lesquelles la LPC n'est pas présente (*Items* seuls ou *Items*+Son). Pour certains jeunes enfants la présence de la LPC peut, toutefois, constituer un élément perturbateur dans les deux modalités verbales et visuo-spatiales. Cette présence de la LPC peut être une source de distraction. Dans ce cas, la présence de la LPC devrait exercer un effet délétère sur les scores de rappel des enfants entendants.

- Effet lié à la présence du son avec la LPC avec ou sans image

- Pour les enfants sourds IC

Nous nous attendons à ce que le nombre moyen d'*items* correctement rappelés soit supérieur dans la condition Image seule par rapport à la condition Son+LPC, cette dernière condition ne permettant pas à l'enfant sourd avec IC de voir les images mais seulement d'entendre de façon plus ou moins dégradée leur nom et de voir leur codage en LPC. Nous supposons en effet que la présentation visuelle de l'information verbale est plus efficace que la présentation sonore qui nécessite une analyse phonologique.

Nous nous attendons à ce que la condition Son+LPC donne lieu à des performances de rappel moins élevées par rapport à la condition Image+Son+LPC en raison de l'absence de présentation visuelle des images. Cependant, la coexistence de l'image à gauche et de la vidéo de la LPC à droite dans la condition Image+Son+LPC pourrait aussi conduire à un nombre moins élevé d'*items* rappelés en raison de la présentation visuelle de l'*item* à gauche de l'écran et de la vidéo de la LPC à droite de l'écran qui est susceptible de détourner l'attention de l'enfant.

- Pour les enfants entendants :

Nous nous attendons à ce que le nombre moyen d'*items* correctement rappelés soit inférieur dans la condition Image seule par rapport à la condition Son+LPC. De plus, dans la situation de la condition Son+LPC, on peut penser que les performances de rappel seront plus élevées par rapport à la condition *Items*+Son+LPC, du fait de l'absence de la présentation visuelle de l'*item* qui est susceptible de détourner l'attention de l'enfant et de la présence du son qui peut être utilisé pour maintenir l'information en MDT.

Dans la modalité visuo-spatiale

- Effet lié à l'ajout du son

Nous nous attendons, à ce que l'ajout du son à la présentation du point (ou présentation visuelle) ne conduise pas à une amélioration du nombre moyen d'*items* correctement rappelés chez les enfants sourds IC et conduise à une augmentation des performances chez les enfants entendants.

- Effet lié à l'ajout de la LPC

- Pour les enfants sourds IC

Nous nous attendons, à ce que l'ajout de la LPC à la présentation du point et/ou du son conduise à une diminution du nombre moyen d'*items* correctement rappelés ; les enfants sourds IC privilégiant l'encodage visuel et/ou les informations visuelles et sonores entrant en compétition.

- Pour les enfants entendants

La présence de la LPC pourrait être néfaste lorsque l'information à mémoriser est visuo-spatiale. D'une part, il est possible que la localisation du point dans la grille soit rapide et permette à l'enfant de déplacer son attention vers la vidéo comportant la LPC. D'autre part, il est possible que cette information rentre en compétition avec l'analyse visuo-spatiale de la localisation du point dans la grille. Cette compétition pourrait conduire à une diminution plus importante de la performance de rappel dans cette modalité.

- Effet lié à la présence du son avec la LPC avec ou sans image

- Pour les enfants sourds IC

Nous nous attendons à ce que le nombre moyen d'*items* correctement rappelés soit supérieur dans la condition Point seul par rapport à la condition Son+LPC, cette dernière condition ne permettant pas à l'enfant sourd avec IC de voir les *items* mais seulement d'entendre leur localisation et de voir le codage de cette localisation en LPC. Si les enfants sourds privilégient

habituellement l'encodage visuel, et qu'ils ont des difficultés à utiliser l'information verbale, l'énonciation de la localisation des points ne leur permettra qu'une mémorisation partielle de la localisation des points dans la grille. De plus, la coexistence de l'image à gauche et de la vidéo de la LPC à droite dans la condition Image+Son+LPC est susceptible de provoquer un déplacement de l'attention visuelle sur la vidéo.

- Pour les enfants entendants

Nous nous attendons à ce que le nombre moyen d'*items* correctement rappelés soit supérieur dans la condition Point seul par rapport à la condition Son+LPC. L'enfant se trouvant dans une situation où il doit privilégier un encodage visuo-spatial, il peut être perturbé par l'absence de l'image. Cependant l'énonciation de la localisation des points peut s'apparenter à une tâche de rappel de chiffre et l'enfant peut alors changer sa stratégie de mémorisation et utiliser une analyse verbale. Dans ce cas le nombre moyen d'*items* correctement rappelés peut être semblable à celui de la condition Points seuls.

Variation du bénéfice ou de la détérioration du rappel inter-conditions selon la modalité

La comparaison entre deux conditions de présentation de l'information à mémoriser peut conduire à un gain dans le rappel ou au contraire à une détérioration de ce rappel. Ces différences inter-conditions sont comparées entre les modalités. Les hypothèses relatives à ces différences sont les suivantes. Le tableau 23 correspond à une synthèse de ces hypothèses. Les hypothèses relatives aux enfants sourds sont formulées dans le détail avec leur argumentaire en annexe 7. Par exemple, pour les enfants sourds IC, une stabilité du rappel est attendue entre la condition 'I seule' et 'I+SON' alors qu'une détérioration est attendue entre la condition 'P seul' et 'P+Son'. L'écart en modalité verbale sera supérieur à l'écart en modalité visuo-spatiale (écart négatif en raison de la détérioration).

Tableau 23 : Synthèse des hypothèses relatives aux comparaisons entre les différences (gain ou détérioration du rappel) entre les modalités verbales et visuo-spatiales pour chacune des comparaisons inter-conditions pour les enfants sourds IC puis entendants.

		I - I+S / P - P+S	I - I+S+LPC / P - P+S+LPC	I - S+LPC / P - S+LPC	I+S - I+S+LPC / P+S - P+S+LPC	I+S - S+LPC / P+S - S+LPC	I+S+LPC - S+LPC / P+S+LPC - S+LPC
E sourds IC	Diff	Stable //détér VStable>VS Détér	Gain // détér VGain>VS Détér	Détér // détér VDétér<VS Détér	Gain/détér // détér VGain ou Détér<VS Détér	Détér // détér V Détér < VS Détér	Détér/gain //détér V Détér > ou Gain > VS Détér V détér
E Entendants	Diff	Gain //détér VGain>VS Détér	Gain // détér VGain>VS Détér	Gain // détér VGain<VS Détér	Gain/détér // détér VGain ou Détér<VS Détér	Détér // détér V Détér < VS Détér	Gain //détér VGain >VS Détér

.2.2.2 Résultats des comparaisons entre enfants sourds avec IC et entendants

Sont présentées les résultats des comparaisons entre les groupes pour chaque modalité puis les analyses des différences entre les groupes pour chaque condition et dans chaque modalité.

.2.2.2.1 Comparaison entre groupes pour chaque modalité

Il s'agit ici d'examiner si le nombre moyen d'*items* correctement rappelés par les enfants sourds avec IC et les enfants entendants appariés diffère pour chacune des modalités verbale et visuo-spatiale. Les moyennes du nombre moyen d'*items* correctement rappelés pour chacune des conditions dans chaque modalité sont précisées en Annexe 9.

.2.2.2.1.1 Comparaison des groupes pour les conditions *Items* seuls dans les modalités verbale puis visuo-spatiale

Pour la modalité verbale, le nombre moyen d'*items* correctement rappelés par les enfants sourds est significativement inférieur à celui des enfants entendants (respectivement 21,36 et 17,79 sur 27 ; U de Mann-Whitney, Z=2,32, p<.05). Dans la modalité visuo-spatiale, la différence entre les deux groupes n'est pas significative. Le nombre moyen d'*items* correctement rappelés est de 24,07 pour les enfants sourds et de 25,93 pour les enfants entendants [Z=1,22, ns].

.2.2.2.1.2 Comparaison des groupes dans les modalités verbale puis visuo-spatiale pour les moyennes des conditions

Le profil des résultats est le même lorsque les comparaisons des groupes portent sur le nombre global d'*items* correctement rappelés en moyenne sur toutes les conditions.

Les enfants sourds ont obtenu un nombre moyen d'*items* correctement rappelés sur toutes les conditions inférieur à celui des enfants entendants pour la modalité verbale (moyennes globales respectivement de 16,07 et de 21,84 ; $Z=2,94$, $p<.01$). Cette différence n'est pas significative pour la modalité visuo-spatiale. Le nombre moyen d'*items* correctement rappelés est de 23,23 pour les enfants sourds et de 24,87 pour les enfants entendants [$Z<1$, ns].

.2.2.2.2 Analyses des différences entre les groupes pour chaque condition dans chaque modalité

Comme le souligne la figure 39, le nombre moyen d'*items* correctement rappelés par les enfants sourds est significativement inférieur à celui des enfants entendants dans chacune des conditions de la modalité verbale. En revanche, ces différences les deux groupes ne sont pas significatives dans chacune des conditions pour la modalité visuo-spatiale. Les moyennes, écart-types et résultats des comparaisons réalisées avec le test non paramétrique de Mann-Whitney sont précisés dans le tableau 24.

Plus précisément, dans la modalité verbale, la différence entre les groupes est plus importante dans les conditions pour lesquelles la LPC s'ajoute. La différence est de 6,96 *items* correctement rappelés dans la condition I+S+LPC et de 6,50 dans la condition S+LPC alors qu'elle n'est que de 5,71 dans la condition I+S. Dans la modalité visuo-spatiale, la différence est légèrement plus grande dans la condition S+LPC dans laquelle les points ne sont pas présentés visuellement dans la grille.

Tableau 24 : Synthèse des comparaisons réalisées avec le test non paramétrique U de Mann-Whitney entre les groupes d'enfants sourds avec IC et entendants appariés dans chacune des conditions de présentation des *items* pour les modalités verbale puis visuo-spatiale.

	Modalité verbale /27					**Modalité visuo-spatiale /27**				
	I	**I+S**	**I+S+ LPC**	**S+ LPC**	**Moy V**	**P**	**P+S**	**P+S+ LPC**	**S+ LPC**	**Moy Vs**
Sourds										
Moyenne	**17,79**	**16,29**	**14,75**	**15,79**	**16,07**	**24,07**	**23,86**	**23,14**	**21,86**	**23,23**
écart type	*4,61*	*5,76*	*5,43*	*7,46*	*5,27*	*3,24*	*3,48*	*5,54*	*4,17*	*3,65*
Entendants										
Moyenne	**21,36**	**22,00**	**21,71**	**22,29**	**21,84**	**25,93**	**25,07**	**24,29**	**24,21**	**24,87**
écart type	*3,25*	*3,04*	*3,62*	*3,20*	*2,56*	*1,27*	*2,46*	*2,13*	*3,24*	*1,69*
Z du test de Mann-Whitney	2,32 *	2,76 **	3,19 **	2,34 *	2,94 **	1,22 ns	<1 ns	<1 ns	1,58 ns	<1 ns
Valeur de la différence	3,57	5,71	6,96	6,50	5,77	1,86	1,21	1,14	2,36	1,64

Légende : I ou P : images ou points ; I ou P +S : images ou points avec mots ou emplacements énoncés ; I ou P+S+LPC : images ou points avec mots ou emplacements énoncés et code LPC ; S+LPC : mots ou emplacements énoncés et code LPC. * p<.05 ; ** p<.01 ; *** p<.001.

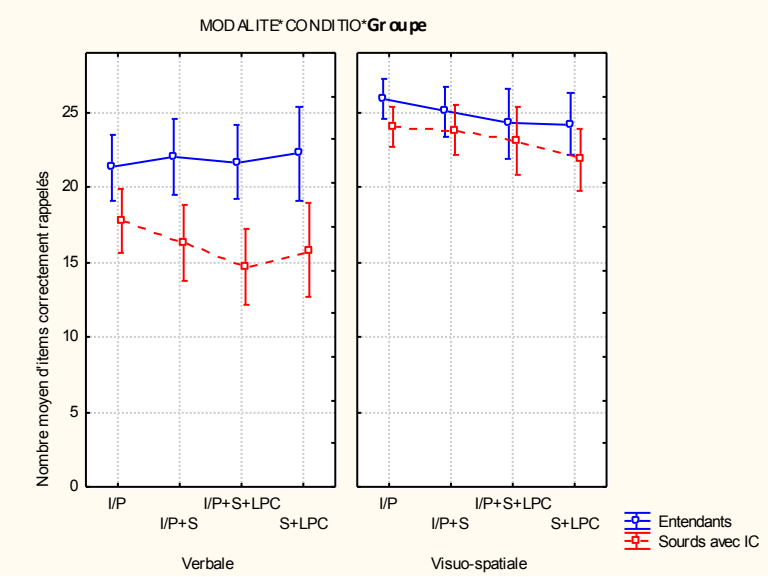


Figure 39 : Nombre moyen d'*items* correctement rappelés par les enfants sourds avec IC et les enfants entendants appariés pour chaque condition de présentation des *items* selon la modalité verbale ou visuo-spatiale.

.2.2.2.3 Analyses des différences entre les conditions pour chaque modalité

Dans le but d'examiner les différences entre les conditions dans chaque modalité pour chacun des groupes, nous avons comparé les moyennes inter-conditions puis la taille des différences inter-conditions (gain ou détérioration) entre les groupes pour chaque modalité.

.2.2.2.3.1 Comparaisons des moyennes inter-conditions pour chacun des groupes

Une synthèse des comparaisons est proposée dans le tableau 25.

Dans la modalité verbale, les comparaisons inter-conditions indiquent que pour les enfants entendants les différences entre les nombres moyens d'*items* correctement rappelés dans les conditions comparées deux à deux ne sont pas significatives alors que certaines différences sont significatives pour les enfants sourds avec IC, plus précisément lorsque les conditions I et I+S puis I et I+S+LPC sont comparées.

Dans la modalité visuo-spatiale, pour les enfants entendants les différences entre les nombres moyens d'*items* correctement rappelés dans les conditions comparées deux à deux ne sont pas significatives à l'exception de la comparaison P et P+S+LPC, pour laquelle le nombre d'*items* correctement rappelés diminue lorsque la LPC est ajoutée. En revanche, pour les enfants sourds avec IC, une diminution du nombre d'*items* correctement rappelés apparaît lorsque le point n'est pas présenté visuellement (comparaisons des conditions P et S+LPC, ainsi que P+S et S+LPC).

Dans les deux modalités et pour chacun des groupes d'enfants, l'ajout du son et/ou de la LPC ou l'absence de présentation du point ne conduit pas en moyenne à une augmentation de la performance de rappel.

Tableau 25 : Synthèse des comparaisons entre les conditions deux à deux dans la modalité verbale puis dans la modalité visuo-spatiale, pour les enfants entendants puis pour les enfants sourds avec IC (test non paramétrique de Wilcoxon).

Enfants Entendants									
Modalité verbale						**Modalité visuo-spatiale**			
	I	I+S	I+S+LPC	S+LPC		P	P+S	P+S+LPC	S+LPC
Moyenne	21,36	22,00	21,75	22,29	Moyenne	25,93	25,07	24,29	24,21
I	-	Z=1,15 ns	Z<1 ns	Z=1,16 ns	P	-	Z=1,19 ns	Z=2,04 p<.05	Z=1,84 ns
I+S	-	-	Z<1 ns	Z<1 ns	P+S		-	Z=1,25 ns	Z<1 ns
I+S+LPC			-	Z<1 ns	P+S+LPC			-	Z<1 ns
Enfants sourds									
Modalité verbale						**Modalité visuo-spatiale**			
	I	I+S	I+S+LPC	S+LPC		P	P+S	P+S+LPC	S+LPC
Moyenne	17,79	16,29	14,75	15,79	Moyenne	24,07	23,86	23,14	21,86
I	-	Z=2,00 p<.05	Z=2,97 p<.01	Z=1,29 ns	P	-	Z<1 ns	Z<1 ns	Z=2,43 p<.05
I+S	-	-	Z=1,92 ns (.055)	Z<1 ns	P+S		-	Z<1 ns	Z=2,59 p<.01
I+S+LPC			-	Z<1 ns	P+S+LPC			-	Z=1,49 ns

.2.2.2.3.2 Comparaisons de la taille des différences inter-conditions (gain ou détérioration) entre les groupes pour chaque modalité

Afin d'examiner plus précisément l'effet bénéfique ou délétère de l'ajout du son et/ou de la LPC à l'information visuelle, image ou point (conditions I/P+S et I/P+S+LPC comparées à I/P) ou bien encore de la présentation sonore et de la LPC en l'absence de la présentation visuelle des *items* à mémoriser (conditions S+LPC), l'analyse qui suit porte sur les différences calculées pour chaque individu entre ses performances à chacune des conditions.

Le tableau 26 présente les différences (gain ou détérioration) inter-conditions pour chaque groupe (enfants sourds avec IC puis entendants) pour la modalité verbale puis pour la modalité visuo-spatiale. Il indique également les résultats des comparaisons entre les groupes d'enfants sourds avec IC et entendants appariés pour chacune de ces différences. Ces comparaisons ont été réalisées avec le test non paramétrique U de Mann-Whitney. La figure 40 représente ces différences.

Tableau 26 : Différences entre le nombre d'*items* correctement rappelés à deux conditions de présentation pour la modalité verbale puis pour la modalité visuo-spatiale et résultats des comparaisons entre les deux groupes d'enfants (test non paramétrique U de Mann-Withney).

Modalité verbale						
	a I - I+S	b I - I+S+LPC	c I - S+LPC	d I+S - I+S+LPC	e I+S - S+LPC	f I+S+LPC-S+LPC
Sourds avec IC	-1,50	-3,04	-2,00	-1,54	-0,50	1,04
Entendants	0,64	0,36	0,93	-0,29	0,29	0,57
U de Mann-Whitney	Z=2,23, p<.05	Z=2,66, p<.01	Z=1,61, ns	Z=1,49, ns	Z<1, ns	Z<1, ns
Modalité visuo-spatiale						
	a P - P+S	b P - P+S+LPC	c P - S+LPC	d P+S - P+S+LPC	e P+S - S+LPC	f P+S+LPC-S+LPC
Sourds avec IC	-0,21	-0,93	-2,21	-0,71	-2,00	-1,29
Entendants	-0,86	-1,64	-1,71	-0,79	-0,86	-0,07
U de Mann-Whitney	Z<1, ns	Z<1, ns	Z<1, ns	Z<1, ns	Z=1,42, ns	Z=1,54, ns

L'écart entre deux conditions a été calculé selon la formule suivante : nombre moyen d'*items* correctement rappelés dans la deuxième condition - le nombre moyen d'*items* correctement rappelés dans la première condition. Par exemple, pour I - I+S, l'opération réalisée est Nombre moyen d'*items* correctement rappelés en I+S – Nombre moyen d'*items* correctement rappelés en I.

Les comparaisons des différences entre les deux groupes pour chacune des conditions indiquent en moyenne que dans la modalité verbale, les seules différences significatives entre les deux groupes apparaissent pour les conditions a et b, c'est-à-dire pour les différences entre les conditions I-I+S et entre les conditions I-I+S+LPC. Pour ces deux différences, les enfants entendants bénéficient en moyenne d'un gain lié à la présence du son (comparaison I-I+S positive) et à la présence du son et de la LPC (comparaison I-I+S+LPC)

alors que les enfants sourds avec IC voient en moyenne leur nombre d'*items* correctement rappelés diminuer avec l'apparition du son ou du son avec la LPC. Les autres différences entre les deux groupes ne sont pas significatives. Il est possible toutefois de relever que les enfants sourds ne bénéficient pas en moyenne de l'ajout du son ou de la LPC.

Dans la modalité visuo-spatiale, les comparaisons des différences entre les deux groupes pour chacune des conditions indiquent que ces différences inter-groupes ne sont pas significatives.

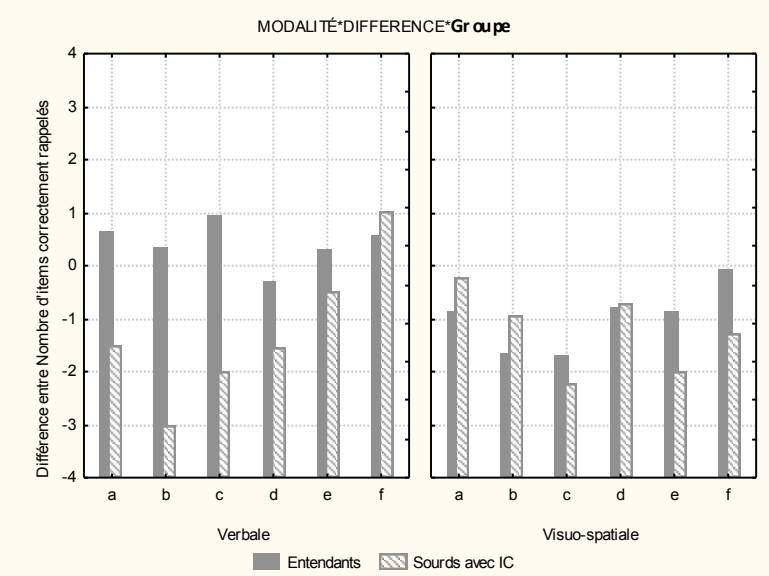


Figure 40 : Différences entre le nombre d'*items* correctement rappelés à deux conditions de présentation pour chacun des groupes d'enfants, pour la modalité verbale puis pour la modalité visuo-spatiale.

Légende : Modalité verbale : a : I - I+S ; b : I - I+S+LPC ; c : I - S+LPC ; d : I+S - I+S+LPC ; e : I+S - S+LPC ; f : I+S+LPC - S+LPC. Modalité visuo-spatiale : a : P - P+S ; b : P - P+S+LPC ; c : P - S+LPC ; d : P+S - P+S+LPC ; e : P+S - S+LPC ; f : P+S+LPC - S+LPC.
Une différence positive indique que la deuxième condition suscite un gain dans le nombre d'*items* correctement rappelés. Une différence négative indique que la deuxième condition conduit à une détérioration du rappel.

.3 Analyse des erreurs d'*item* et d'ordre

Comme nous l'avons décrit dans les chapitres 3 & 5, selon Majerus (2010), la distinction entre information «*item*» et information «ordre sériel» semble essentielle pour mieux comprendre la nature des processus sous-jacents aux tâches de mémoire à court terme verbale. Ces études montrent que les connaissances langagières sont plus importantes pour le rappel de l'information «*item*» que pour le rappel de l'information «ordre sériel». Cette distinction nous paraît importante pour approfondir notre connaissance des processus mnésiques des enfants sourds avec IC en comparaison avec des enfants entendants.

La mesure du nombre d'erreurs d'*item* (omission, intrusions) correspond au rappel de l'information «*item*» et la mesure du nombre d'erreurs d'ordre (*items* de la liste rappelés dans des positions sérielles incorrectes) correspond au rappel de l'information «ordre sériel».
Après l'introduction de nos hypothèses, nous présentons les comparaisons entre les groupes du nombre d'erreurs d'*item* et d'ordre pour chaque modalité.

.3.1 Hypothèses

En ce qui concerne les erreurs d'*items*, nous nous attendons à ce que dans la modalité verbale, les enfants sourds avec IC commettent davantage d'erreurs d'*items* que les enfants entendants appariés. Nous supposons en effet que l'implantation cochléaire ne permet pas aux enfants sourds avec IC d'obtenir un niveau de perception/compréhension du langage comparable à celui des enfants entendants appariés et que leur capacité à maintenir l'information verbale à court terme est moindre par rapport aux enfants entendants qui ont une plus grande expérience de l'utilisation de la boucle phonologique et du maintien de l'information verbale en mémoire de travail.
Nous nous attendons en revanche à ce que dans la modalité visuo-spatiale, les enfants sourds avec IC commettent moins d'erreurs que les enfants entendants appariés, en raison de l'expérience et la pratique supposées plus importantes de l'analyse visuo-spatiale des stimuli chez les enfants sourds.
En ce qui concerne les erreurs d'ordre, nous nous attendons à ce que les enfants sourds avec IC commettent davantage d'erreurs d'ordre que les enfants entendants appariés si le langage est impliqué dans le développement de la capacité à tenir compte de l'ordre (Perrin, 2009 ; Pisoni & al., 2010), et ceci dans les deux modalités.

.3.2 Comparaisons entre les groupes du nombre d'erreurs d'*item* puis d'ordre pour chaque modalité

Nous procédons au préalable à une analyse des résultats pour la condition uni-modale puis pour toutes les conditions.

.3.2.1 Pour la condition uni-modale - *Items* seuls

Une première analyse a été réalisée sur les données recueillies dans les conditions *Items* seuls (Images Seules et Points seuls), contexte classique de mesure de la MCT. Compte tenu des écarts types importants et de l'absence de normalité de la distribution du nombre

d'erreurs dans certaines conditions, le test statistique utilisé est non-paramétrique, le U de Mann-Whitney.

Comme l'illustre la figure 41, les enfants sourds avec IC produisent un nombre moyen d'erreurs d'*item* et d'ordre plus élevé. Toutefois, les différences entre les deux groupes ne sont pas significatives (Voir Tableau 27 pour les moyennes et résultats des tests de Mann-Whitney).

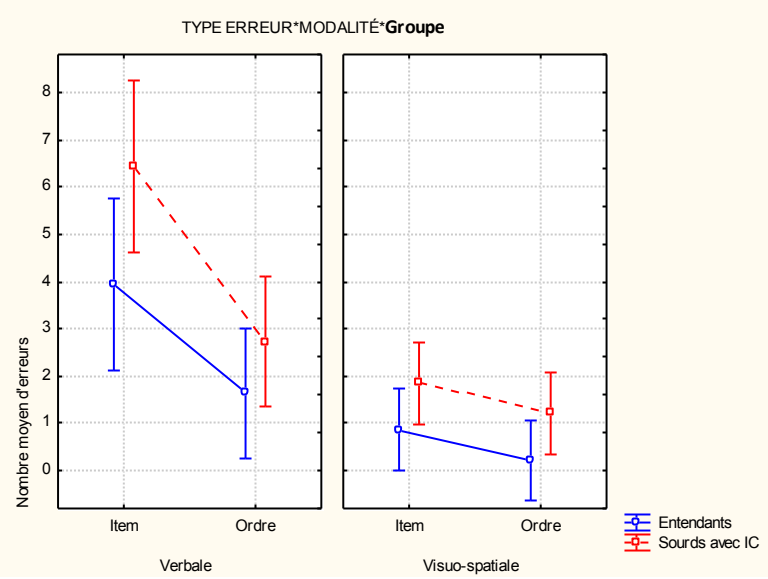


Figure 41 : Nombre moyen d'erreurs d'*item* et d'ordre des enfants sourds avec IC et des enfants entendants appariés pour chaque modalité.

Tableau 27 : Comparaisons entre les groupes d'enfants sourds avec IC et entendants appariés pour chaque type d'erreurs commises, pour la modalité verbale puis pour la modalité visuo-spatiale.

	Modalité verbale		**Modalité Visuo-spatiale**	
	Erreurs d'*items*	Erreurs d'ordre	Erreurs d'*items*	Erreurs d'ordre
Entendants	3,93	1,64	0,86	0,21
Sourds avec IC	6,43	1,86	2,71	1,21
Test U de Mann-Whitney	Z=-1,72 ns	Z=-1,22 ns	Z=-1,26 ns	Z<1 ns

Comme l'indique les résultats du tableau 27, dans la modalité verbale, pour les enfants sourds comme pour les enfants entendants appariés, le nombre moyen d'erreurs d'*item* est significativement plus élevé que le nombre moyen d'erreurs d'ordre. Dans la modalité visuo-spatiale, la différence entre les erreurs d'*item* et d'ordre n'est pas significative pour les deux groupes.

Pour les erreurs d'*item*, la différence entre les modalités verbale et visuo-spatiale est significative pour les deux groupes d'enfants, les erreurs d'*item* étant plus nombreuses dans

la modalité verbale. Pour les erreurs d'ordre, la différence entre les modalités verbale et visuo-spatiale est significative pour les enfants entendants, les erreurs d'ordre étant plus élevées dans la modalité verbale par rapport à la modalité visuo-spatiale, alors que cette différence n'est pas significative pour les enfants sourds avec IC.

Tableau 28 : Comparaisons entre les deux types d'erreurs commises pour la modalité verbale puis pour la modalité visuo-spatiale, d'une part, et entre les deux modalités pour chaque type d'erreurs d'autre part, pour le groupe d'enfants sourds avec IC puis pour le groupe d'enfants entendants appariés.

	Modalité		**Type d'erreur**	
	Verbale *Item* / Ordre	Visuo-spatiale *Item* / Ordre	*Item* Verbale / Visuo-spatiale	Ordre Verbale / Visuo-spatiale
Entendants Test de Wilcoxon	3,93 / 1,64 Z = 2,31 p<.05	0,86 / 0,21 Z = 1,68 ns	3,93 / 0,86 Z = 2,93 p<.01	1,64 / 0,21 Z = 2,03 p<.05
Sourds avec IC Test de Wilcoxon	6,43 / 2,71 Z = 2,31 p<.05	1,86 / 1,21 Z = 1,05 ns	6,43 / 1,86 Z = 2,93 p<.01	2,71 / 1,21 Z = 1,33 ns

.3.2.2 Pour chacune des conditions de présentation

Cette deuxième analyse intègre les quatre conditions de présentation des *items*. Le test statistique utilisé pour comparer les deux groupes est le test non-paramétrique U de Mann-Whitney (Voir moyennes, écarts-type en Annexe 9).

.3.2.2.1 Comparaisons entre les groupes pour les erreurs d'*item* puis d'ordre

Le tableau 29 précise les moyennes d'erreurs d'*item* et d'ordre obtenues par chacun des groupes pour chacune des conditions de présentation des *items* ainsi que les résultats des comparaisons de groupe pour chacune de ces conditions. Les moyennes et différences entre les groupes sont illustrées dans la figure 42.

Tableau 29 : Comparaisons entre les groupes d'enfants sourds avec IC et entendants appariés pour chaque type d'erreurs commises et chacune des conditions de la modalité verbale puis chacune des conditions de la modalité visuo-spatiale.

	Modalité Verbale				**Modalité Visuo-spatiale**			
	I	**I+S**	**I+S+LPC**	**S+LPC**	**P**	**P+S**	**P+S+LPC**	**S+LPC**
Item								
Entendants	3,93	2,71	2,57	2,43	0,86	0,36	1,21	1,79
Sourds	6,43	7,21	8,07	7,64	1,86	1,79	2,14	3,00
U Mann-Whitney	Z=-1,72 ns	Z=-2,60 p<.01	Z=-3,10 p<.01	Z=-2,39 p<.05	Z=-1,26 ns	Z=-2,04 p<.05	Z<1 ns	Z=-1,19 ns
Ordre								
Entendants	1,64	2,29	2,57	2,29	0,21	1,57	1,50	0,57
Sourds	2,71	3,14	4,36	3,57	1,21	1,36	1,71	2,14
U Mann-Whitney	Z=-1,22 ns	Z<1 ns	Z=-1,52 ns	Z<1 ns	Z<1 ns	Z<1 ns	Z<1 ns	Z=-1,91 ns .056

La différence entre les groupes est particulièrement marquée pour les erreurs d'*item* dans la modalité verbale. Dans cette modalité verbale, les enfants sourds produisent un nombre élevé d'erreurs d'*item*. Pour ces erreurs d'*item*, les enfants sourds avec IC commettent un nombre significativement supérieur d'erreurs par rapport aux enfants entendants appariés dans les conditions multimodales mais non dans la condition Image seule pour la modalité verbale. Pour la modalité visuo-spatiale, la seule différence significative entre les groupes apparaît pour la condition P+S dans laquelle le numéro de la cellule est énoncé.

Pour les erreurs d'ordre, les enfants sourds avec IC commettent un nombre légèrement plus important d'erreurs d'ordre par rapport aux enfants entendants, mais les différences ne sont pas significatives.

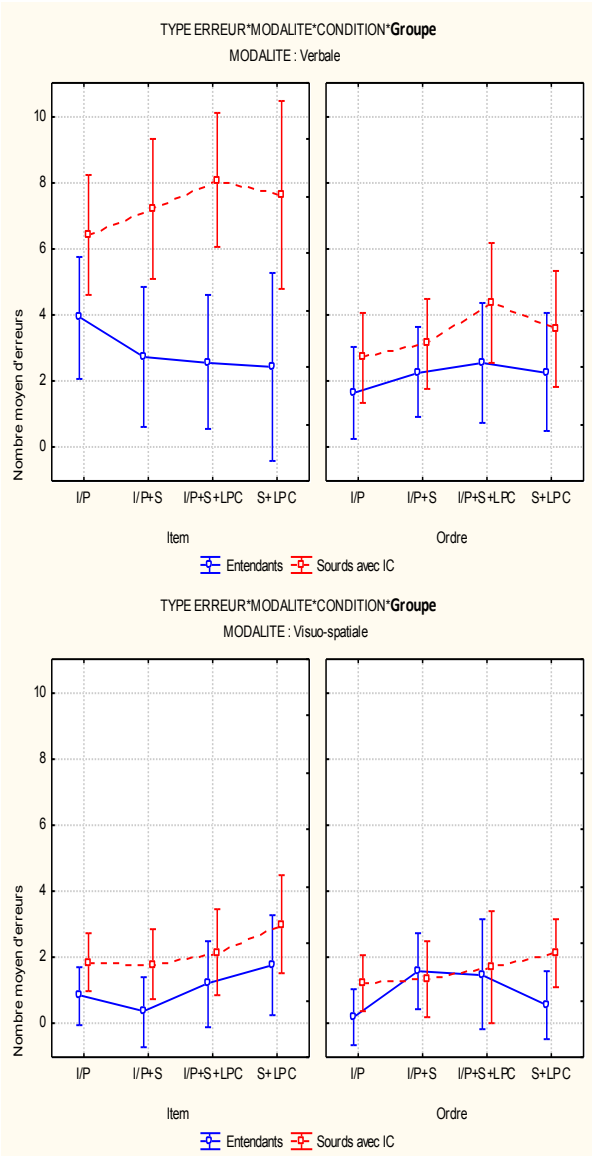


Figure 42 : Nombre moyen d'erreurs commises par les enfants sourds avec IC et les enfants entendants appariés, selon le type d'erreur (*Item* ou Ordre) et la modalité (verbale ou visuo-spatiale) dans toutes les conditions.

.3.2.2.2 Variations de chaque type d'erreurs entre les conditions pour chaque groupe

- Modalité verbale

Pour les erreurs d'*item*, les différences entre les nombres moyens d'erreurs d'*item* produites pour chaque condition de présentation par les enfants entendants dans la modalité verbale ne sont pas significatives, à l'exception de la comparaison I-S+LPC, pour laquelle l'absence de présentation des images et l'utilisation du son et de la LPC pour indiquer les *items* à mémoriser conduit à une baisse du nombre d'erreurs d'*item*. Pour les enfants sourds, les comparaisons des erreurs entre les conditions indiquent que le nombre d'erreurs d'*item*

augmente dans la condition où le son et le codage LPC sont ajoutés à l'image. Les autres comparaisons inter-conditions ne sont pas significatives.

Pour les erreurs d'ordre, les comparaisons entre les conditions ne sont pas significatives pour les enfants entendants. Pour les enfants sourds, l'ajout du codage LPC dans la condition I+S+LPC conduit à une augmentation significative des erreurs d'ordre par rapport aux conditions Image seule et Image seule avec son. L'apparition de la vidéo comportant la LPC semble associée à l'augmentation des erreurs d'ordre. Il est possible que la vidéo de la LPC provoque une distraction de l'attention visuelle. Le tableau 30 présente une synthèse des analyses statistiques réalisées avec le test de Wilcoxon.

Tableau 30 : Synthèse des comparaisons entre les conditions pour les erreurs d'*item* puis pour les erreurs d'ordre, commises par les enfants entendants puis par les enfants sourds avec IC, pour la modalité verbale (Test de Wilcoxon).

Modalité verbale									
Enfants entendants									
Erreurs d'*Item*					**Erreurs d'Ordre**				
	I	I+S	I+S+LPC	S+LPC		I	I+S	I+S+LPC	S+LPC
Moyenne	3,93	2,71	2,57	2,43	Moyenne	1,64	2,29	2,57	2,29
I	-	Z=1,58 ns	Z=1,88 ns	Z=1,99 p<.05	I	-	Z=1,11 ns	Z<1 ns	Z<1 ns
I+S	-	-	Z<1 ns	Z<1 ns	I+S		-	Z<1 ns	Z<1 ns
I+S+LPC			-	Z<1 ns	I+S+LPC			-	Z<1 ns
Enfants sourds avec IC									
Erreurs d'*Item*					**Erreurs d'Ordre**				
	I	I+S	I+S+LPC	S+LPC		I	I+S	I+S+LPC	S+LPC
Moyenne	6,43	7,21	8,07	7,64	Moyenne	2,71	3,14	4,36	3,57
I	-	Z<1 ns	Z=1,92 p=.054	Z<1 ns	I	-	Z<1 ns	Z=2,04 p<.05	Z<1 ns
I+S	-	-	Z<1 ns	Z<1 ns	I+S		-	Z=2,09 p<.05	Z<1 ns
I+S+LPC			-	Z<1 ns	I+S+LPC			-	Z=1,78 ns

- Modalité visuo-spatiale

Pour les erreurs d'*item*, les différences significatives apparaissent pour les enfants entendants lorsque le codage LPC est ajouté dans la condition P+S+LPC par rapport à la condition P+S et lorsque les points ne sont pas présentés visuellement mais seulement leur localisation sous la forme de l'énonciation du numéro de cellule dans la grille et de son codage LPC. L'apparition du codage LPC semble distraire l'attention visuelle des enfants entendants, provoquant une augmentation des erreurs d'*item*, tout comme l'absence de présentation des points. Pour les enfants sourds avec IC, l'absence de présentation des points dans la condition S+LPC conduit à une augmentation significative des erreurs d'*item*

par rapport aux conditions P et P+S. L'absence de présentation visuelle des points dans la grille semble être à l'origine de cette augmentation des erreurs d'*item*.

Pour les erreurs d'ordre, les enfants entendants commettent un nombre significativement plus élevé d'erreurs d'ordre dans les conditions avec son et avec son et LPC. Il est possible que le son et le codage LPC entrent en compétition avec l'information visuelle mémorisée et suscite des erreurs d'ordre. Pour les enfants sourds avec IC, les différences inter-conditions ne sont pas significatives à l'exception de la différence entre la condition P+S et S+LPC. La condition S+LPC suscite un nombre d'erreurs d'ordre significativement plus élevé. L'absence de présentation visuelle des points dans la grille semble être à l'origine de cette augmentation des erreurs d'*item*. Le tableau 31 regroupe les analyses statistiques réalisées avec le test de Wilcoxon.

Tableau 31 : Synthèse des comparaisons entre les conditions pour les erreurs d'*item* puis pour les erreurs d'ordre, commises par les enfants entendants puis par les enfants sourds avec IC, pour la modalité visuo-spatiale. (Test de Wilcoxon).

Modalité visuo-spatiale									
Enfants entendants									
Erreurs d'*Item*					**Erreurs d'Ordre**				
	P	P+S	P+S+LPC	S+LPC		P	P+S	P+S+LPC	S+LPC
Moyenne	0,86	0,36	1,21	1,79	Moyenne	0,21	1,57	1,50	0,57
P	-	Z=1,68 ns	Z<1 ns	Z=1,33 ns	P	-	Z=2,20 p<.05	Z=2,10 p<.05	Z=1,08 ns
P+S	-	-	Z=2,19 p<.05	Z=2,31 p<.05	P+S		-	Z<1 ns	Z=1,78 ns
P+S+LPC			-	Z<1 ns	P+S+LPC			-	Z=1,48 ns
Enfants sourds avec IC									
Erreurs d'*Item*					**Erreurs d'Ordre**				
	P	P+S	P+S+LPC	S+LPC		P	P+S	P+S+LPC	S+LPC
Moyenne	1,86	1,79	2,14	3,00	Moyenne	1,21	1,36	1,71	2,14
P	-	Z<1 ns	Z<1 ns	Z=2,09 p<.05	P	-	Z<1 ns	Z<1 ns	Z=1,10 ns
P+S	-	-	Z<1 ns	Z=2,19 p<.05	P+S		-	Z<1 ns	Z=2,02 p<.05
P+S+LPC			-	Z=1,33 ns	P+S+LPC			-	Z=1,12 ns

.4 Analyse de l'effet de la longueur des séquences et des erreurs d'*item*

Nous avons vu dans les chapitres 3 & 5 que la présentation concomitante de différentes sources d'informations peut amener à une surcharge cognitive. L'effet de cette surcharge peut être apprécié en considérant les scores de rappels en fonction du nombre d'*items* à rappeler. Les listes comportent deux, trois ou quatre *items* à rappeler. Le contrôle exécutif est mobilisé lorsque la charge augmente. Un défaut de ce contrôle se manifestera également

par des erreurs d'item de type intrusion. Si les difficultés de perception/manipulation des informations verbales sont plus importantes chez les enfants sourds avec IC les difficultés de gestion en MDT devraient apparaître de façon plus prononcée dans la modalité verbale. Par ailleurs, le stockage de l'information *item* dépend directement de la qualité des représentations phonologiques et sémantiques.

Notre analyse est donc proposée en deux parties :

- étude de l'effet de la longueur des séquences à rappeler,
- étude des erreurs d'intrusion et d'omission.

.4.1 Effet de la longueur des séquences à rappeler

A l'issue de la présentation de nos hypothèses, nous exposons nos résultats en réalisant des comparaisons entre les groupes.

.4.1.1 Hypothèses

Nous nous attendons à observer un effet de l'augmentation de la longueur des séquences d'*items* à mémoriser pour les enfants entendants et sourds avec IC. Le nombre d'*items* correctement rappelés devrait diminuer avec l'augmentation du nombre d'*items* à mémoriser en raison de l'augmentation du coût cognitif de la tâche et de la nécessité d'une gestion plus importante en mémoire de travail. Cet effet devrait apparaître pour chacune des modalités et chacun des groupes.

Nous nous attendons par ailleurs à ce que la diminution du nombre d'*items* correctement rappelés soit plus rapide chez les enfants sourds avec IC que chez les enfants entendants appariés. Plus précisément, la diminution du nombre d'*items* rappelés devrait être plus importante dès que la séquence comporte 3 *items* alors que chez les enfants entendants cette diminution plus marquée devrait apparaître pour les séquences de 4 *items*. Nous supposons que les enfants entendants ont une compétence plus élevée à utiliser leur boucle phonologique et à gérer leur mémoire de travail.

Enfin, nous nous attendons à un profil différent de diminution des performances selon la modalité et le groupe. La diminution du nombre d'*items* correctement rappelés dans la modalité verbale devrait être moins marquée chez les enfants entendants que chez les enfants sourds avec IC, compte tenu de l'accès plus difficile au langage de ces derniers. Il est possible en revanche que dans la modalité visuo-spatiale, la diminution du nombre d'*items* correctement rappelés soit moins importante chez les enfants sourds avec IC compte tenu de l'expérience supposée plus importante des traitements visuels et spatiaux chez les enfants sourds.

.4.1.2 Comparaisons entre les groupes

Nous présentons en premier lieu une analyse des résultats pour la condition uni-modale puis dans un second temps une analyse pour toutes les conditions.

.4.1.2.1 Pour la condition uni-modale - *Items* seuls

Une première analyse a été réalisée sur les données recueillies dans les conditions *Items* seuls (Images Seules et Points seuls), contexte classique de mesure de la MCT.

Tableau 32 : Comparaisons entre les enfants sourds avec IC et les enfants entendants appariés des pourcentages moyens d'*items* correctement rappelés à chacune des longueurs des séquences, pour la modalité verbale puis pour la modalité visuo-spatiale (test U de Mann-Whitney).

	Modalité verbale			**Modalité visuo-spatiale**		
	2 *items*	**3 *items***	**4 *items***	**2 *items***	**3 *items***	**4 *items***
Enfants entendants	98,81%	75,40%	69,64%	98,81%	95,24%	95,83%
Enfants sourds avec IC	96,43%	74,60%	46,43%	95,24%	88,89%	86,31%
U Mann-Whitney	Z<1 ns	Z<1 ns	Z=2,57 p<.01	Z<1 ns	Z=1,15 ns	Z=1,75 ns

Les comparaisons entre les groupes indiquent que les différences entre les pourcentages moyens d'*items* correctement rappelés pour chaque longueur dans les conditions *Items* seuls ne sont pas significatives (voir Tableau 33) à l'exception de la liste de quatre *items* dans la modalité verbale.

Tableau 33 : Synthèse des comparaisons entre les pourcentages moyens d'*items* correctement rappelés, par les enfants sourds avec IC et les enfants entendants appariés, pour chacune des longueurs des séquences, pour la modalité verbale puis pour la modalité visuo-spatiale.

Enfants entendants							
	Modalité verbale				**Modalité visuo-spatiale**		
	2 *items*	**3 *items***	**4 *items***			**2 *items***	**3 *items***	**4 *items***
Moyenne	98,81%	75,40%	69,64%		Moyenne	98,81%	95,24%	95,83%
2 *items*	-	Z=3,11 p<.01	Z=3,18 p<.01		**2 *items***	-	Z=1,21 ns	Z=1,83 ns
3 *items*	-	-	Z=1,10 ns		**3 *items***	-	-	Z<1 ns
Enfants sourds avec IC							
	Modalité verbale				**Modalité visuo-spatiale**		
	2 *items*	**3 *items***	**4 *items***			**2 *items***	**3 *items***	**4 *items***
Moyenne	96,43%	74,60%	46,43%		Moyenne	95,24%	88,89%	86,31%
2 *items*	-	Z=2,84 p<.01	Z=3,18 p<.01		**2 *items***	-	Z=1,18 ns	Z=1,48 ns
3 *items*	-	-	Z=2,83 p<.01		**3 *items***	-	-	Z<1 ns

Comme l'illustre la figure 43 et le montre les résultats du tableau 33, pour les enfants entendants le pourcentage d'*items* correctement rappelés diminue plus fortement avec l'augmentation du nombre d'*items* à rappeler par séquence dans la modalité verbale par rapport à la modalité visuo-spatiale. Dans la modalité verbale, les différences entre 2/3 *items* et 2/4 *items* sont significatives. La différence entre 3/4 *items* n'est pas significative. Dans la modalité visuo-spatiale, la diminution du pourcentage d'*items* correctement rappelés est moins marquée. Les différences entre les longueurs ne sont pas significatives.

Pour les enfants sourds avec IC, le pourcentage d'*items* correctement rappelés diminue plus fortement avec l'augmentation du nombre d'*items* à rappeler par séquence dans la modalité verbale que dans la modalité visuo-spatiale. Dans la modalité verbale, la diminution du pourcentage d'*items* correctement rappelés est constante sur les trois longueurs des séquences. Les différences entre les pourcentages d'*items* correctement rappelés à chaque longueur sont significatives (pour les comparaisons 2/3 *items*, 2/4 *items* ainsi que 3/4 *items*). En revanche, dans la modalité visuo-spatiale, l'inclinaison de la diminution du pourcentage d'*items* correctement rappelés est moins marquée. Les différences entre les pourcentages d'*items* correctement rappelés à chaque longueur ne sont pas significatives (pour les 2/3 *items* 2/4 *items* ainsi que 3/4 *items*.

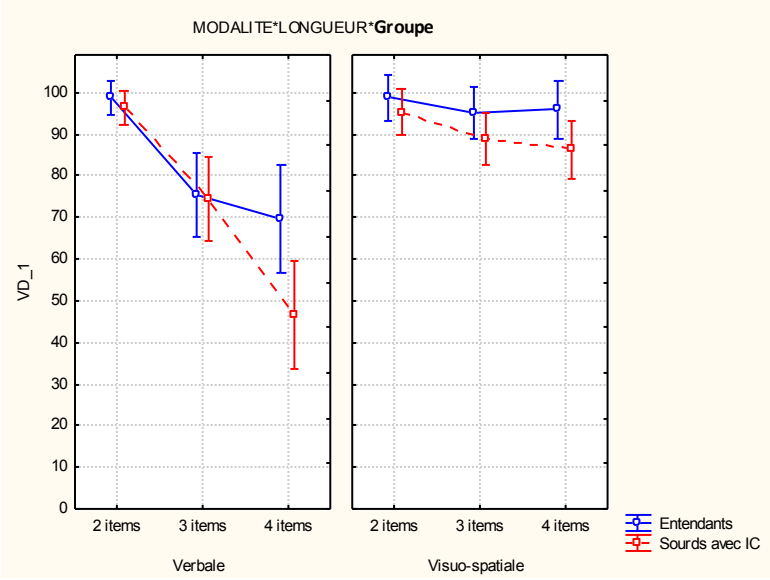


Figure 43 : Pourcentage moyen d'*items* correctement rappelés par les enfants sourds avec IC et les enfants entendants appariés dans la condition '*Items* seuls' pour chacune des longueurs des séquences (2 *items*, 3 *items*, 4 *items*) dans chacune des modalités (verbale vs visuo-spatiale).

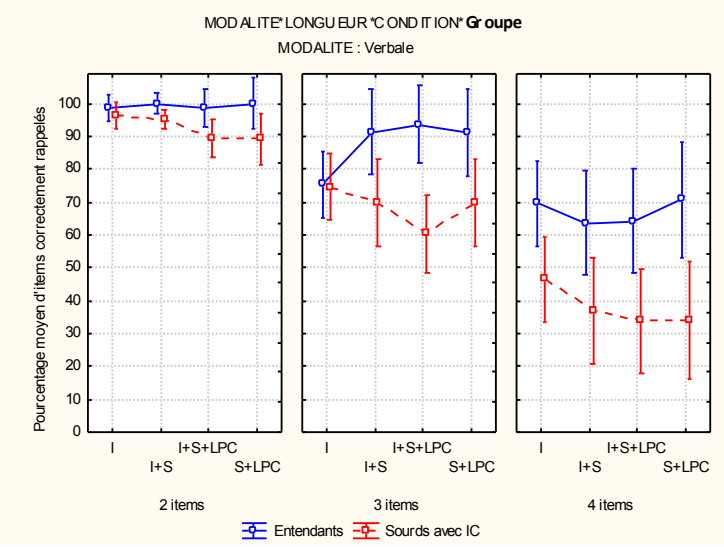
Pour les enfants entendants, la différence entre les pourcentages d'*items* correctement rappelés pour les modalités verbale et visuo-spatiale n'est pas significative pour les séquences d'une longueur de deux *items*, mais est significative pour les séquences de trois *items* et de quatre *items*. De même pour les enfants sourds avec IC, la différence entre les pourcentages d'*items* correctement rappelés pour les modalités verbale et visuo-spatiale n'est pas significative pour les séquences d'une longueur de deux *items*, mais est significative pour les séquences de trois *items* et de quatre *items*. Pour ces deux groupes et pour chacune de ces longueurs, le pourcentage d'*items* correctement rappelés est moins élevé pour la modalité verbale que pour la modalité visuo-spatiale (Voir Tableau 34).

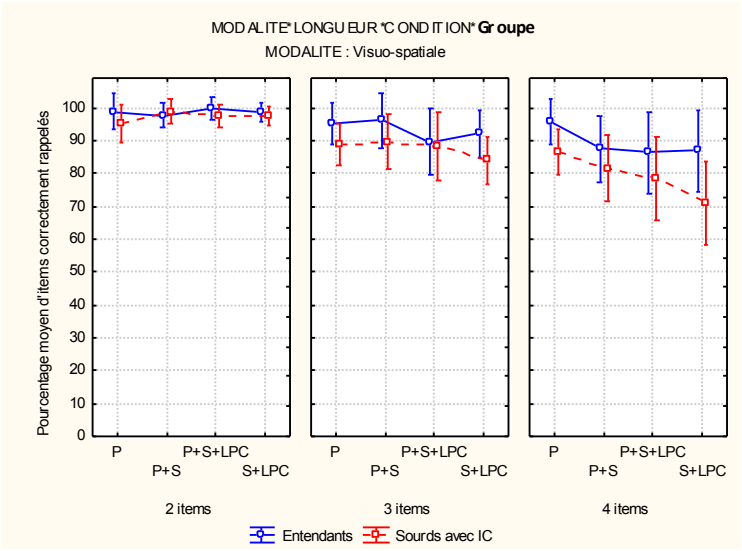
Tableau 34 : Synthèse des comparaisons entre les pourcentages d'*items* correctement rappelés par les enfants sourds avec IC ainsi que par les enfants entendants appariés, dans la modalité verbale et la modalité visuo-spatiale selon la longueur des séquences.

	Longueur des séquences		
	2 *items*	**3 *items***	**4 *items***
Enfants entendants			
Verbale	98,81%	75,40%	69,64%
Visuo-spatiale	98,81%	95,24%	95,83%
Test de Wilcoxon	ns	Z=2,93 p<.01	Z=1,14 p<.01
Enfants sourds avec IC			
Verbale	96,43%	74,60%	46,43%
Visuo-spatiale	95,24%	88,89%	86,31%
Test de Wilcoxon	Z<1 ns	Z=2,04 p<.05	Z=3,18 p<.01

.4.1.2.2 Pour chacune des 4 conditions de présentation

Cette analyse porte sur les données recueillies dans chacune des conditions de présentation des *items* (I/P seuls, I/P+Son, I/P+Son+LPC, Son+LPC) et les deux modalités (verbale vs visuo-spatiale) pour les enfants entendants et les enfants sourds avec IC. Compte-tenu des différences marquées entre les tailles des écarts types et de l'absence de normalité des distributions dans certaines conditions, un test non-paramétrique a été utilisé pour étudier les différences entre les groupes ainsi que l'évolution du pourcentage d'*items* correctement rappelés selon la longueur de la séquence, c'est-à-dire selon le nombre d'*items* à rappeler (deux *items*, trois *items* et quatre *items*). La figure 44 présente les pourcentages d'*items* correctement rappelés selon la longueur pour les modalités verbales puis visuo-spatiales (Voir Tableaux des moyennes pour chacune des conditions en Annexe 9). Les analyses statistiques ont été réalisées pour la modalité verbale puis pour la modalité visuo-spatiale.





Figures 44a et 44b : Pourcentage moyen d'*items* correctement rappelés par les enfants sourds avec IC et les enfants entendants pour chaque longueur des séquences et chacune des conditions des modalités verbale et visuo-spatiale.

Tableau 35 : Comparaisons entre les pourcentages moyens d'*items* correctement rappelés par les enfants sourds avec IC et les enfants entendants pour chacune des longueurs des séquences dans chacune des conditions des modalités verbales puis visuo-spatiale (test U de Mann-Whitney).

Modalité verbale												
	2 *items*				3 *items*				4 *items*			
	I	I+S	I+S+LPC	S+LPC	I	I+S	I+S+LPC	S+LPC	I	I+S	I+S+LPC	S+LPC
Enfants entendants	98,81	100	98,81	100	75,40	91,27	93,65	91,276	69,64	63,69	64,29	70,83
Enfants sourds avec IC	96,43	95,24	89,29	89,29	74,60	69,84	60,32	69,84	46,43	36,90	33,93	33,93
Z	<1 ns	1,29 ns	1,68 ns	1,29 ns	<1 ns	1,86 ns	3,10 p<.01	1,65 ns	2,57 p<.01	2,34 p<.05	2,79 p<.01	2,55 p<.05
Modalité visuo-spatiale												
	2 *items*				3 *items*				4 *items*			
	P	P+S	P+S+LPC	S+LPC	P	P+S	P+S+LPC	S+LPC	P	P+S	P+S+LPC	S+LPC
Enfants entendants	98,81	97,62	100	98,81	95,24	96,03	89,68	92,06	95,83	87,50	86,31	86,90
Enfants sourds avec IC	95,24	98,81	97,62	97,62	88,89	89,68	88,09	84,13	86,31	81,55	78,57	70,83
Z	<1 ns	<1 ns	<1 ns	<1 ns	1,15 ns	<1 ns	<1 ns	1,58 ns	1,75 ns	<1 Ns	<1 ns	1,88 ns

Le tableau 35 indique que dans la modalité verbale, les différences entre le groupe des enfants sourds avec IC et le groupe des enfants entendants ne sont pas significatives pour les séquences de deux *items* quelle que soit la condition, ainsi que pour les séquences de trois *items* à l'exception de la condition I+S+LPC pour laquelle les enfants sourds avec IC obtiennent un pourcentage d'*items* correctement rappelés significativement moins élevé que

celui des enfants entendants. Il est possible que cette condition provoque une perturbation de l'attention visuelle chez les enfants sourds pour qui le codage LPC a un sens. Le pourcentage d'*items* rappelés est en effet particulièrement bas dans cette condition par rapport aux trois autres conditions de même longueur. Enfin, les enfants sourds avec IC obtiennent un pourcentage significativement moins élevé que celui des enfants entendants pour chacune des conditions des séquences de quatre *items*. Leurs scores pour cette longueur sont particulièrement bas. Dans la modalité visuo-spatiale, les différences entre les pourcentages d'*items* correctement rappelés par les enfants des deux groupes ne sont jamais significatives.

Dans le tableau 36, des comparaisons deux à deux ont été réalisées pour chacun des groupes entre les séquences de différentes longueurs pour chaque condition de chaque modalité afin d'examiner l'évolution du pourcentage d'*items* correctement rappelés avec l'augmentation du nombre d'*items* à mémoriser dans chacune des conditions.

Tableau 36 : Synthèse des comparaisons entre les longueurs des séquences pour chacune des conditions de présentation des *items* pour les modalités verbales et visuo-spatiales pour les enfants entendants puis les enfants sourds avec IC (test de Wilcoxon).

Enfants entendants								
Modalité verbale					**Modalité visuo-spatiale**			
	2/3 *items*	2/4 *items*	3/4 *items*			2/3 *items*	2/4 *items*	3/4 *items*
I	Z=3,11 p<.01	Z=3,18 p<.01	Z=1,10 ns		P	Z=1,21 ns	Z=1,83 ns	Z<1 ns
I+S	Z=2,02 p<.05	Z=3,18 p<.01	Z=3,18 p<.01		P+S	Z<1 ns	Z=1,68 ns	Z=1,36 ns
I+S+LPC	Z=1,46 ns	Z=2,85 p<.01	Z=2,80 p<.01		P+S+LPC	Z=2,02 p<.05	Z=2,52 p<.05	Z<1 ns
S+LPC	Z=2,02 p<.05	Z=2,93 p<.01	Z=2,31 p<.05		S+LPC	Z=2,02 p<.05	Z=2,20 p<.05	Z<1 ns
Enfants sourds avec IC								
Modalité verbale					**Modalité visuo-spatiale**			
	2/3 *items*	2/4 *items*	3/4 *items*			2/3 *items*	2/4 *items*	3/4 *items*
I	Z=2,84 p<.01	Z=3,18 p<.01	Z=2,83 p<.01		P	Z=1,18 ns	Z=1,48 ns	Z<1 ns
I+S	Z=2,67 p<.01	Z=3,18 p<.01	Z=2,59 p<.01		P+S	Z=1,36 ns	Z=2,45 p<.05	Z=1,58 ns
I+S+LPC	Z=2,67 P<.01	Z=3,18 p<.01	Z=2,97 p<.01		P+S+LPC	Z=2,20 p<.05	Z=2,52 p<.05	Z=1,60 ns
S+LPC	Z=2,38 p<.05	Z=3,18 p<.01	Z=3,18 p<.01		S+LPC	Z=2,70 p<.01	Z=3,06 p<.01	Z=2,22 p<.05

Pour les enfants entendants, dans la modalité verbale, les données du tableau 36 confirment la diminution des performances avec l'augmentation de la longueur des séquences pour la plupart des conditions. Le pourcentage d'*items* correctement rappelés dans la condition

Image seule augmente significativement entre les séquences de 2/3 *items* et 2/4 *items* mais pas entre les séquences de 3/4 *items*. Pour les conditions I+S et S+LPC les différences entre les trois séquences sont significatives. Enfin, pour la condition I+S+LPC seules les différences entre 2/4 et 2/4 sont significatives. Dans la modalité visuo-spatiale, la diminution des performances avec l'augmentation de la longueur des séquences n'est pas significative pour les conditions P et P+S. En revanche, cette diminution apparaît pour les conditions P+S+LPC et S+P entre les séquences de 2/3 *items* et 2/4 *items*. La diminution apparaît donc entre les séquences de deux et trois *items* mais s'atténue entre les séquences de trois et quatre *items*. Ce profil apparaît lorsque le codage LPC s'affiche ou bien lorsque les points ne sont pas présentés.

Pour les enfants sourds avec IC, les résultats présentés dans le tableau 36 confirment la diminution du pourcentage d'*items* correctement rappelés avec l'accroissement du nombre d'*items* à mémoriser dans chacune des conditions de présentation des *items* pour la modalité verbale. Nous observons dans la figure 45 que la diminution du pourcentage d'*items* correctement rappelés est particulièrement importante.

Dans la modalité visuo-spatiale, la diminution du pourcentage d'*items* correctement rappelés n'apparaît pas pour la condition Point seul. Elle est en revanche significative pour les autres conditions. Elle est significative entre les séquences de 2/4 *items* pour la condition P+S, entre les séquences de 2/3 *items* et 2/4 *items* pour la condition P+S+LPC et pour toutes les comparaisons entre les séquences pour la modalité S+LPC. Cette dernière séquence suscite une baisse de performance régulière. Il est possible que l'absence de présentation visuelle des points provoque cette difficulté lorsque le nombre d'*items* augmente.

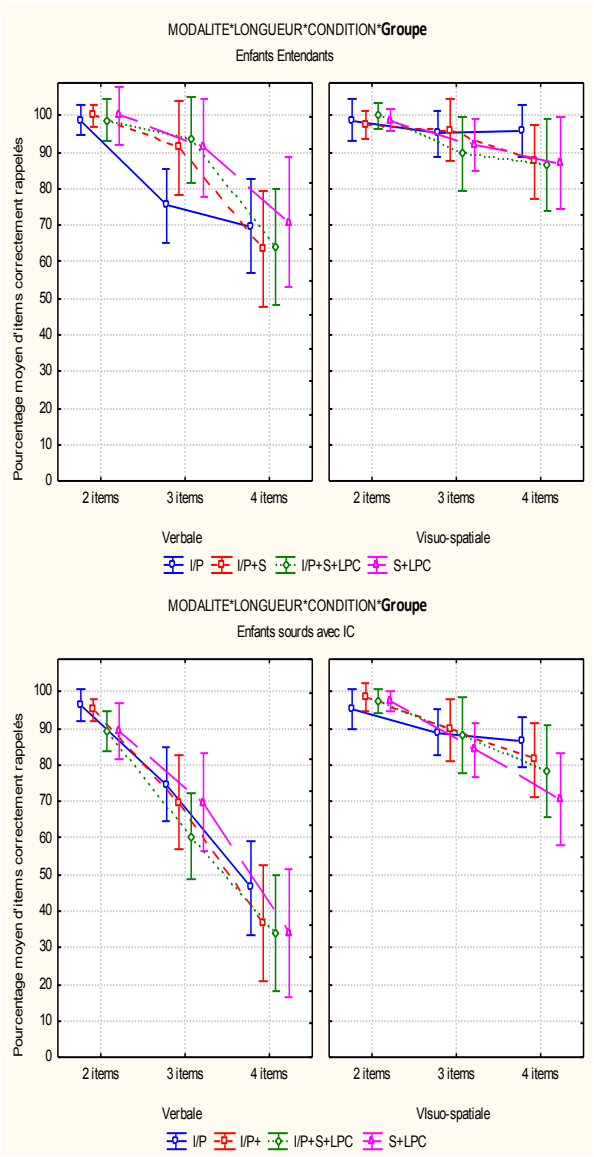


Figure 45 : Pourcentage moyen d'*items* correctement rappelés pour chacune des longueurs des séquences dans chacune des conditions de présentation des *items* pour les modalités verbales et visuo-spatiales pour les enfants entendants puis pour les enfants sourds avec IC.

.4.2 Analyse sur les erreurs d'intrusion et d'omission

Parmi les erreurs d'*item*, nous pouvons distinguer les erreurs d'omissions et les erreurs d'intrusion. Tout *item* non rappelé, omis, est considéré comme une erreur d'omission et le rappel d'un *item* non présent dans la liste à rappeler est considéré comme une erreur d'intrusion.

A l'issue de l'énonciation de nos hypothèses, nous exposons nos résultats en réalisant des comparaisons entre les groupes.

.4.2.1 Hypothèses

En référence au modèle de MCT/MDT proposé par Baddeley (1986, 2000), deux aspects peuvent être distingués :

- l'aspect stockage de la MCT/MDT qui dépendrait du fonctionnement de la boucle phonologique lorsque le matériel à mémoriser est verbal (stockage temporaire sous forme phonologique) ou du fonctionnement du calepin visuo-spatial lorsque le matériel implique une analyse visuelle non verbale et/ou spatiale, aspect qui serait plus spécifiquement mesuré par les omissions.
- et l'aspect traitement qui dépendrait du processeur central ou centre exécutif, plus particulièrement de la fonction de mise à jour en mémoire de travail, qui serait apprécié à travers les erreurs d'intrusion (Palladino, Gaux, Boulc'h, 2010).

Selon l'hypothèse d'une boucle phonologique moins efficiente chez les enfants sourds avec IC, liée à leur retard de langage, ceux-ci devraient présenter des capacités de stockage en MCT/MDT plus faibles que celles des enfants entendants lorsque les *items* à mémoriser impliquent l'utilisation de la boucle phonologique. Dans ce cas, le nombre d'erreurs d'omissions devrait être plus important chez les enfants sourds avec IC que chez les enfants entendants appariés dans la modalité verbale.

Selon l'hypothèse d'un développement typique du calepin visuo-spatial chez les enfants sourds avec IC, ceux-ci devraient présenter des capacités de stockage en MCT/MDT similaires à celles des enfants entendants lorsque les *items* à mémoriser impliquent l'utilisation du calepin visuo-spatial. Dans ce cas, la différence entre le nombre d'erreurs d'omissions produites par les enfants sourds avec IC et les enfants entendants appariés ne devrait pas être significative dans la modalité visuo-spatiale.

Ces hypothèses concernent les conditions '*Items* seuls'. Elles s'appliquent également aux autres conditions de présentation des *items*, mais dans ces autres conditions d'autres aspects exécutifs sont également mobilisés en raison de la présentation simultanée de plusieurs sources d'informations qui conduisent l'individu à déplacer son regard lorsque le codage LPC apparaît à l'écran (contrôle de la motricité visuelle), à passer du traitement de l'information verbale présentée visuellement (affichage de l'*item* à l'écran : Image ou Point) au traitement de l'information verbale présentée phonologiquement (+ Son : nom de l'image énoncé ou énonciation de la localisation du point) et/ou à un traitement du codage LPC (+ LPC : codage du mot ou de la localisation du point). Ces particularités de la tâche nécessitent un contrôle exécutif, et sollicitent en particulier la flexibilité ou alternance dans les traitements.

En référence au modèle de Baddeley (1986, 2000) et aux travaux relatifs au contrôle exécutif (Figueras & al., 2008 ; Kronenberger & al., 2014), si les enfants sourds avec IC

présentent des difficultés à adopter un comportement flexible ou à exercer une alternance dans les traitements exécutés, c'est-à-dire des difficultés à exercer une alternance dans les comportements moteurs (déplacement du regard), ou dans les traitements perceptifs ou cognitifs (traitements de la localisation du point, puis prise en compte du codage LPC, et/ou utilisation d'une analyse visuelle et phonologique). Dans ce cas, les enfants sourds avec IC devraient commettre un nombre plus élevé d'erreurs d'intrusion par rapport aux enfants entendants appariés.

En référence au modèle de Baddeley, ce composant de la MDT étant général, cette différence entre les deux groupes devrait apparaître pour chacune des modalités du matériel (verbale et visuo-spatiale). Si en revanche, une interaction a lieu entre les traitements des *items* (plus difficiles dans la modalité verbale) et la mise en œuvre d'une flexibilité ou alternance, les enfants sourds avec IC devraient commettre un nombre plus élevé d'erreurs d'intrusion par rapport aux enfants entendants appariés dans la modalité verbale mais non dans la modalité visuo-spatiale. La difficulté de traitement du langage pourrait susciter des difficultés de mise en œuvre du contrôle.

Par ailleurs, si les enfants sourds avec IC ont des capacités de flexibilité-alternance plus élevée en raison de leur plus grande expérience de situations multimodales, par exemples, dans la situation de lecture labiale et de décodage de la LPC, du traitement de la parole et de la LPC, ou encore du déplacement du regard des lèvres au codage LPC, les enfants sourds avec IC devraient commettre un nombre moins élevé d'erreurs d'intrusion par rapport aux enfants entendants appariés dans la modalité verbale comme dans la modalité visuo-spatiale.

En raison de la taille de l'empan chez les participants de cette étude, les capacités de stockage étant encore en développement, ainsi que des listes de mots qui sont sans lien sémantique (Perrin, 2009), nous nous attendons à ce que le nombre moyen d'omissions soit supérieur à celui des intrusions. Par ailleurs, nous nous attendons à ce que les intrusions soient plus nombreuses dans les conditions de présentation multimodales qui sollicitent davantage les ressources attentionnelles/mnésiques ainsi que la régulation ou le contrôle des traitements.

.4.2.2 Comparaisons entre les groupes

Nous procédons au préalable à une analyse des résultats pour la condition uni-modale, contexte classique de la mesure de la MCT, puis pour toutes les conditions. Compte tenu des écarts types importants et de l'absence de normalité de la distribution du nombre d'erreurs dans certaines conditions, le test statistique utilisé est non-paramétrique, le U de Mann-Whitney (Voir moyennes, écarts-type en Annexe 9).

.4.2.2.1 Pour la condition uni-modale - *Items* seuls

Comme l'illustre la figure 46 pour les conditions uni-modales, les enfants sourds avec IC produisent un nombre moyen d'erreurs d'omission significativement plus élevé que les enfants entendants appariés dans chacune des modalité. En revanche, les intrusions sont légèrement moins nombreuses chez les enfants sourds avec IC que chez les enfants entendants avec IC dans chacune des modalités. Toutefois, ces différences entre les deux groupes ne sont pas significatives (Voir Tableau 37 pour les moyennes et résultats des tests de Mann-Whitney).

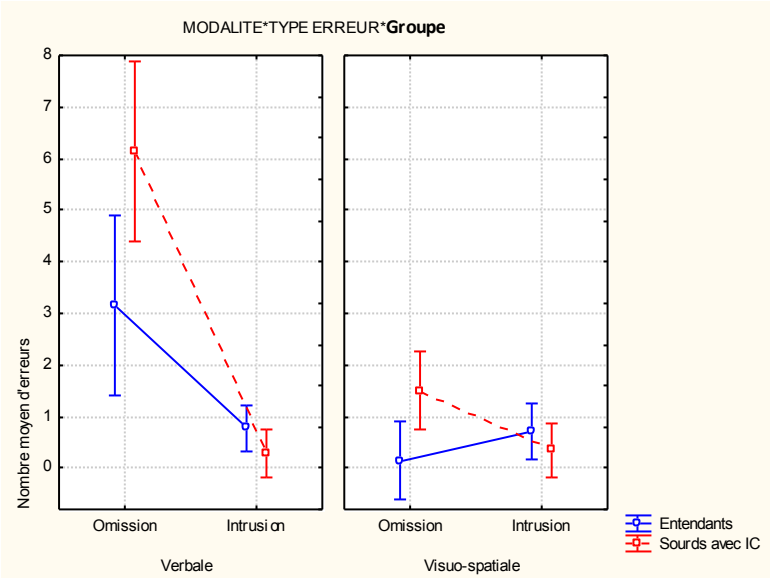


Figure 46 : Nombre moyen d'erreurs d'omission et d'intrusion commises par les enfants sourds avec IC et les enfants entendants appariés selon la modalité (verbale ou visuo-spatiale) dans les conditions *Items* seuls.

Tableau 37 : Comparaisons entre les groupes d'enfants sourds avec IC et entendants appariés pour les erreurs d'omission puis d'intrusion, dans les modalités verbale puis visuo-spatiale.

	Modalité verbale		Modalité Visuo-spatiale	
	Erreurs d'omission	Erreurs d'intrusion	Erreurs d'omission	Erreurs d'intrusion
Entendants	3,14	0,79	0,14	0,71
Sourds avec IC	6,14	0,29	1,5	0,36
Test U de Mann-Whitney	Z=-2,25 p<.05	Z=1,01 ns	Z=-1,99 p<.05	Z<1 ns

Dans la modalité verbale, pour les enfants sourds avec IC comme pour les enfants entendants appariés, le nombre moyen d'erreurs d'omission est significativement plus élevé

que le nombre moyen d'erreurs d'intrusion. Dans la modalité visuo-spatiale, la différence entre les erreurs d'omission et d'intrusion n'est pas significative pour les deux groupes.
Pour les erreurs d'omission, la différence entre les modalités verbale et visuo-spatiale est significative pour les deux groupes d'enfants, les erreurs d'omission étant plus nombreuses dans la modalité verbale. Pour les erreurs d'intrusion, la différence entre les modalités verbale et visuo-spatiale n'est pas significative pour les deux groupes d'enfants.

.4.2.2.2 Pour chacune des 4 conditions de présentation

Cette analyse intègre les quatre conditions de présentation des *items*.

.4.2.2.2.1 Comparaisons entre les groupes pour les erreurs d'omission puis d'intrusion

Tableau 38 : Comparaisons entre les groupes d'enfants sourds avec IC et entendants appariés pour les erreurs d'omission puis d'intrusion dans chacune des conditions de la modalité verbale puis chacune des conditions de la modalité visuo-spatiale.

	Modalité Verbale				**Modalité Visuo-spatiale**			
	I	**I+S**	**I+S+LPC**	**S+LPC**	**P**	**P+S**	**P+S+LPC**	**S+LPC**
Omission								
Entendants	3,14	2,50	1,93	2,14	0,14	0,36	0,79	1,21
Sourds	6,14	6,93	7,43	7,00	1,50	1,29	1,29	1,86
U Mann-Whitney	Z=-2,25 p<.05	Z=-2,69 p<.01	Z=-3,12 p<.01	Z=-1,99 p<.05	Z=-1,99 ns	Z=-1,06 ns	Z<1 ns	Z<1 ns
Intrusion								
Entendants	0,79	0,21	0,64	0,29	0,71	0,00	0,43	0,64
Sourds	0,29	0,29	0,64	0,64	0,36	0,64	0,86	1,14
U Mann-Whitney	Z=1,01 ns	Z<1 ns	Z<1 ns	Z=1,49 ns	Z<1 ns	Z=-1,93 ns .053	Z<1 ns	Z=-1,52 ns

Les informations présentées dans le tableau 38 précisent les moyennes d'erreurs d'omission et d'intrusion obtenues par chacun des groupes pour chacune des conditions de présentation des *items* ainsi que les résultats des comparaisons de groupe pour chacune de ces conditions. Les moyennes et différences entre les groupes sont illustrées dans la figure 47. La différence entre les groupes est significative pour les erreurs d'omission dans chacune des conditions de la modalité verbale mais pas dans chacune des conditions de la modalité visuo-

spatiale. Dans la modalité verbale, les enfants sourds produisent un nombre plus élevé d'erreurs d'omission. Pour les erreurs d'intrusion, les différences entre les groupes ne sont pas significatives, dans la modalité verbale comme dans la modalité visuo-spatiale. La seule exception est une différence tendancielle dans la condition P+S de la modalité visuo-spatiale dans laquelle les enfants sourds avec IC produisent davantage d'erreurs d'intrusion.

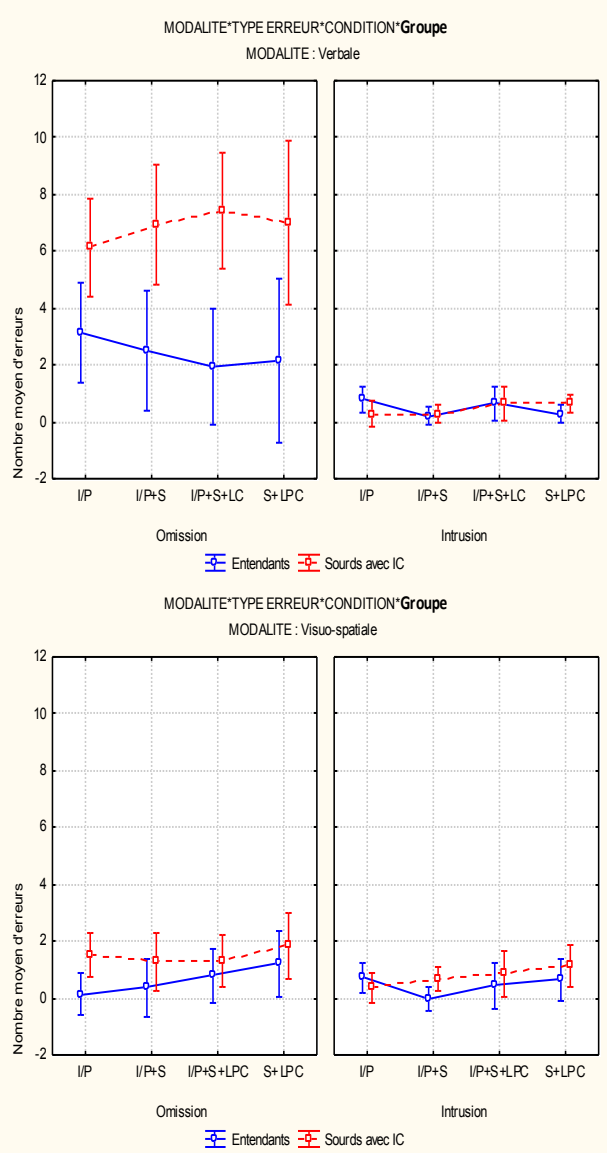


Figure 47 : Nombre moyen d'erreurs d'omission et d'intrusion commises par les enfants sourds avec IC et les enfants entendants appariés dans chacune des conditions selon la modalité (verbale ou visuo-spatiale).

.4.2.2.2.2 Variations de chaque type d'erreurs entre les conditions pour chaque groupe

Il s'agit ici d'examiner chez les enfants entendants puis chez les enfants sourds avec IC, les variations dans les omissions et les intrusions produites dans chacune des conditions de présentation des *items* de chaque modalité.

- Modalité verbale

Dans la modalité verbale, les différences entre les nombres moyens d'erreurs d'omission produites dans chaque condition de présentation par les enfants entendants ne sont pas significatives, à l'exception de la comparaison I – S+LPC, pour laquelle l'absence de présentation des images et l'utilisation du son et du LPC pour indiquer les *items* à mémoriser conduit à une baisse du nombre d'erreurs d'omission. Pour les enfants sourds, les comparaisons inter-conditions ne sont pas significatives.

Pour les erreurs d'intrusion, les comparaisons entre les conditions ne sont pas significatives pour les enfants entendants comme pour les enfants entendants avec IC. Le tableau 39 présente une synthèse des analyses statistiques réalisées avec le test de Wilcoxon.

Tableau 39 : Synthèse des comparaisons entre les conditions pour les erreurs d'omission puis pour les erreurs d'intrusion, commises par les enfants entendants puis par les enfants sourds avec IC, pour la modalité verbale (Test de Wilcoxon).

Modalité verbale									
Enfants entendants									
Erreurs d'Omission						**Erreurs d'Intrusion**			
	I	I+S	I+S+LPC	S+LPC			I	I+S	I+S+LPC	S+LPC
Moyenne	3,14	2,50	1,93	2,14		Moyenne	0,79	0,21	0,64	0,29
I	-	Z=1,16 ns	Z=2,12 p<.05	Z=1,92 ns .055		I	-	Z=1,94 ns .052	Z<1 ns	Z=1,33 ns
I+S	-	-	Z<1 ns	Z<1 ns		I+S		-	Z=1,68 ns	Z<1 ns
I+S+LPC			-	Z<1 ns		I+S+LPC			-	Z=1,35 ns
Enfants sourds avec IC									
Erreurs d'Omission						**Erreurs d'Intrusion**			
	I	I+S	I+S+LPC	S+LPC			I	I+S	I+S+LPC	S+LPC
Moyenne	6,14	6,93	7,43	7,00		Moyenne	0,29	0,29	0,64	0,64
I	-	Z<1 ns	Z=1,22 ns	Z<1 ns		I	-	Z<1 ns	Z<1 ns	Z=1,69 ns
I+S	-	-	Z<1 ns	Z<1 ns		I+S		-	Z=1,48 ns	Z=1,27 ns
I+S+LPC			-	Z<1 ns		I+S+LPC			-	Z<1 ns

- Modalité visuo-spatiale

Dans la modalité visuo-spatiale, aucune des différences entre les erreurs d'omission commises dans les diverses conditions de présentation n'est significative pour les enfants entendants comme pour les enfants sourds avec IC. Pour les erreurs d'intrusion, il en est de même, à l'exception de la différence entre les conditions P et P+S pour les enfants entendants qui commettent un nombre significativement moins élevé d'intrusions dans la

condition P+S dans laquelle le point apparaît avec l'énonciation de sa localisation dans la grille. Pour les enfants sourds avec IC, bien que les intrusions soient plus nombreuses dans les conditions multimodales par rapport à la condition P seul, les différences inter-conditions ne sont pas significatives. Le tableau 40 regroupe les analyses statistiques réalisées avec le test de Wilcoxon.

Tableau 40 : Synthèse des comparaisons entre les conditions pour les erreurs d'omission puis pour les erreurs d'intrusion, commises par les enfants entendants puis par les enfants sourds avec IC, pour la modalité visuo-spatiale (Test de Wilcoxon).

Modalité visuo-spatiale									
Enfants entendants									
Erreurs d'Omission						**Erreurs d'Intrusion**			
	P	P+S	P+S+LPC	S+LPC			P	P+S	P+S+LPC	S+LPC
Moyenne	0,14	0,36	0,79	1,21		Moyenne	0,71	0,00	0,43	0,64
P	-	Z<1 ns	Z=1,36 ns	Z=1,69 ns		P	-	Z=2,20 p<.05	Z<1 ns	Z<1 ns
P+S	-	-	Z<1 ns	Z=1,94 ns .052		P+S		-	Z=1,83 ns	Z=1,83 ns
P+S+LPC			-	Z<1 ns		P+S+LPC			-	Z<1 ns
Enfants sourds avec IC									
Erreurs d'Omission						**Erreurs d'Intrusion**			
	P	P+S	P+S+LPC	S+LPC			P	P+S	P+S+LPC	S+LPC
Moyenne	1,50	1,29	1,29	1,86		Moyenne	0,36	0,64	0,86	1,14
P	-	Z<1 ns	Z<1 ns	Z=1,01 ns		P	-	Z<1 ns	Z<1 ns	Z=1,73 ns
P+S	-	-	Z<1 ns	Z=1,24 ns		P+S		-	Z<1 ns	Z=1,01 ns
P+S+LPC			-	Z<1 ns		P+S+LPC			-	Z<1 ns

.5 Synthèse des comparaisons entre enfants sourds avec IC et entendants

Il est question dans cette partie de rassembler dans deux tableaux, offrant une vue générale des résultats, les comparaisons entre les deux groupes puis les différences entre les conditions pour chacun des groupes.

.5.1 Comparaisons entre les groupes

Les résultats du tableau synoptique 67 indiquent que les enfants sourds avec IC rappellent un nombre moyen d'*items* inférieur à celui des enfants entendants appariés lorsque les *items* à rappeler sont de nature verbale. Les erreurs commises par les enfants sourds avec IC sont des erreurs d'*items*. Leur nombre d'erreurs d'*item* est supérieur à celui des enfants entendants dans cette modalité verbale. La différence entre ces groupes n'est pas

significative pour les erreurs d'ordre. La différence entre les deux groupes apparaît essentiellement lorsque les séquences d'*items* comportent quatre *items*. En ce qui concerne l'effet de la longueur des séquences, l'augmentation du nombre d'*items* à rappeler suscite une diminution systématique des performances de rappel (entre 2/3, 2/4 et 3/4) chez les enfants sourds avec IC, alors que cette diminution n'apparaît pas entre les séquences de trois et quatre *items* chez les enfants entendants. Les séquences de quatre *items* suscitent chez les enfants sourds IC une diminution particulièrement marquée de leurs rappels, et ceci dans chacune des conditions de présentation des *items*. La mémorisation de quatre *items* semble plus difficile, et dépasser les possibilités de stockage en moyenne pour le groupe des enfants sourds avec IC. Les erreurs de type omission sont plus fréquences chez les enfants sourds avec IC que chez les enfants entendants appariés. En revanche, les différences entre les deux groupes ne sont pas significatives pour les erreurs d'intrusion. Les enfants sourds commettent même sensiblement moins d'erreurs d'intrusion que les enfants entendants dans la présentation Image seule.

Les comparaisons inter-groupes révèlent par ailleurs que les différences entre les groupes ne sont pas significatives pour la modalité visuo-spatiale (à l'exception de la comparaison des erreurs d'*item* dans la condition P+S). Les performances des enfants sourds ne sont pas supérieures à celles des enfants entendants, comme le laissait supposer l'hypothèse d'une supériorité des enfants sourds avec IC dans la modalité visuelle. Les deux groupes obtiennent des performances de rappel élevées. Par ailleurs, le groupe des enfants sourds avec IC ne se caractérise pas par un nombre plus élevé d'erreurs d'ordre dans cette modalité, même si la tâche implique de maintenir l'ordre. Enfin, le nombre d'*items* de la séquence à rappeler n'est pas associé à une diminution significative des performances, même si le pourcentage d'*items* rappelés décroît en moyenne avec l'augmentation des *items* chez les enfants sourds avec IC. De même, les différences entre les deux groupes ne sont pas significatives pour les erreurs d'intrusion. Les enfants sourds commettent même sensiblement moins d'erreurs d'intrusion que les enfants entendants dans la présentation Image seule.

Tableau 41 : Tableau synoptique des résultats des comparaisons entre les groupes des enfants sourds avec IC et des entendants appariés dans chacune des conditions de présentation des *items* pour les modalités verbale puis visuo-spatiale.

	Modalité Verbale				**Modalité Visuo-spatiale**			
	Analyse du nombre moyen d'*items* rappelés sur 27							
	I	**I+S**	**I+S+LPC**	**S+LPC**	**P**	**P+S**	**P+S+LPC**	**S+LPC**
Sourds IC	17,79	16,29	14,75	15,79	24,07	23,86	23,14	21,86
Entendants	21,36	22,00	21,71	22,29	25,93	25,07	24,29	24,21
Z du U M-W	2,32 *	2,76 **	3,19 **	2,34 *	1,22 ns	<1 ns	<1 ns	1,58 ns
	Analyse des erreurs d'*item* et d'ordre							
	I	**I+S**	**I+S+LPC**	**S+LPC**	**P**	**P+S**	**P+S+LPC**	**S+LPC**
Item								
Sourds IC	6,43	7,21	8,07	7,64	1,86	1,79	2,14	3,00
Entendants	3,93	2,71	2,57	2,43	0,86	0,36	1,21	1,79
Z du U M-W	1,72 ns	2,60 **	3,10 **	2,39 *	1,26 ns	2,04 *	<1 ns	1,19 ns
Ordre								
Sourds IC	2,71	3,14	4,36	3,57	1,21	1,36	1,71	2,14
Entendants	1,64	2,29	2,57	2,29	0,21	1,57	1,50	0,57
Z du U M-W	1,22 ns	<1 ns	1,52 ns	<1 ns	<1 ns	<1 ns	<1 ns	1,91ns .056
	Analyse de l'effet de la longueur des séquences et des erreurs d'intrusion							
	I	**I+S**	**I+S+LPC**	**S+LPC**	**P**	**P+S**	**P+S+LPC**	**S+LPC**
2 items								
Sourds IC	96,43	95,24	89,29	89,29	95,24	98,81	97,62	97,62
Entendants	98,81	100	98,81	100	98,81	97,62	100	98,81
Z du U M-W	<1 ns	1,29 ns	1,68 ns	1,29 ns	<1 ns	<1 ns	<1 ns	<1 ns
3 items								
Sourds IC	74,60	69,84	60,32	69,84	88,89	89,68	88,09	84,13
Entendants	75,40	91,27	93,65	91,28	95,24	96,03	89,68	92,06
Z du U M-W	<1 ns	1,86 ns	3,10 **	1,65 ns	1,15 ns	<1 ns	<1 ns	1,58 ns
4 items								
Sourds IC	46,43	36,90	33,93	33,93	86,31	81,55	78,57	70,83
Entendants	69,64	63,69	64,29	70,83	95,83	87,50	86,31	86,90
Z du U M-W	2,57 **	2,34 *	2,79 **	2,55 *	1,75 ns	<1 ns	<1 ns	1,88 ns
	Différences entre longueurs							
	2 *items*	3 *items*	4 *items*		2 *items*	3 *items*	4 *items*	
Sourds IC	96,43% 2/3	74,60% 2/4	46,43% 3/4		95,24% 2/3	88,89% 2/4	86,31% 3/4	
Z du U M-W	Z=2,84 p<.01	Z=3,18 p<.01	Z=2,83 p<.01		Z=1,18 ns	Z=1,48 ns	Z<1 ns	
Entendants	98,81% 2/3	75,40% 2/4	69,64% 3/4		98,81% 2/3	95,24% 2/4	95,83% 3/4	
Z du U M-W	Z=3,11 p<.01	Z=3,18 p<.01	Z=1,10 ns		Z=1,21 ns	Z=1,83 ns	Z<1 ns	
	Analyse des erreurs d'omission et d'intrusion							
	I	**I+S**	**I+S+LPC**	**S+LPC**	**P**	**P+S**	**P+S+LPC**	**S+LPC**
Omission								
Sourds IC	6,14	6,93	7,43	7,00	1,50	1,29	1,29	1,86
Entendants	3,14	2,50	1,93	2,14	0,14	0,36	0,79	1,21
Z du U M-W	2,25 *	2,69**	3,12 **	1,99 *	1,99ns	1,06 ns	<1 ns	<1 ns
Intrusion								
Sourds IC	0,29	0,29	0,64	0,64	0,36	0,64	0,86	1,14
Entendants	0,79	0,21	0,64	0,29	0,71	0,00	0,43	0,64
Z du U M-W	-1,01 ns	<1 ns	<1 ns	1,49 ns	<1 ns	1,93ns .053	<1 ns	1,52 ns

Légende : I ou P : images ou points ; I ou P +S : images ou points avec mots ou emplacements énoncés ; I ou P+S+LPC : images ou points avec mots ou emplacements énoncés et code LPC ; S+LPC : mots ou emplacements énoncés et code LPC. * p<.05 ; ** p<.01 ; *** p<.001. *Z U M-W : Z du* U de Mann-Whitney. Les différences significatives sont surlignées en gris.

.5.2 Différences entre les conditions pour chacun des groupes

Analyse du nombre moyen d'*items* rappelés sur 27

Pour les enfants sourds avec IC, dans la modalité verbale, l'ajout du son et du codage LPC à l'image conduit à une diminution significative du nombre moyen d'*items* rappelés. Le retrait de l'image n'est pas associé à une diminution significative du rappel. En revanche, dans la modalité visuo-spatiale, le retrait de la présentation visuelle des points dans la grille conduit à une diminution significative du rappel par rapport à la modalité Point seul et P + S. Les enfants sourds avec IC sont ainsi pénalisés par le retrait de la présentation visuelle. Pour les enfants entendants, le rappel ne diffère pas significativement entre les conditions de présentation pour la modalité verbale, de même pour la modalité visuo-spatiale à l'exception de la différence entre les conditions P et P+S+LPC qui provoque une diminution du rappel. Il s'agit de la première condition de présentation de la LPC simultanément à l'apparition du point dans la grille. L'apparition de la LPC est susceptible de susciter une distraction de l'attention tout d'abord centrée sur le point chez les enfants entendants non habitués à la LPC.

La comparaison entre les deux groupes du gain ou de la dégradation du rappel entre deux conditions indique pour les enfants sourds avec IC, que l'ajout du son ou du son et de la LPC provoque une diminution du nombre moyen d'*items* rappelés dans la modalité verbale, alors que ces ajouts suscitent une légère augmentation du rappel chez les enfants entendants appariés. Les comparaisons de ces écarts entre les deux groupes sont significatives. Ainsi, les présentations multimodales I+S et I+S+LPC ne résultent pas en un gain pour les enfants sourds avec IC de ce groupe. Dans la modalité visuo-spatiale, les comparaisons des écarts inter-conditions entre les deux groupes d'enfants ne sont pas significatives.

Tableau 42 : Tableau synoptique des résultats des comparaisons entre les conditions deux à deux dans la modalité verbale puis dans la modalité visuo-spatiale, pour les enfants entendants puis pour les enfants sourds avec IC (test non paramétrique de Wilcoxon, Z).

Modalité verbale					**Modalité visuo-spatiale**				
Analyse du nombre moyen d'*items* rappelés sur 27									
Sourds IC									
	I	I+S	I+S+LPC	S+LPC		P	P+S	P+S+LPC	S+LPC
Moy.	17,79	16,29	14,75	15,79	Moy.	24,07	23,86	23,14	21,86
I	-	2,00*	2,97**	1,29 ns	P	-	<1 ns	<1 ns	2,43*
I+S	-	-	1,92 ns .055	<1 ns	P+S	-	-	<1 ns	2,59**
I+S+LPC	-	-	-	<1 ns	P+S+LPC	-	-	-	1,49 ns
Entendants									
	I	I+S	I+S+LPC	S+LPC		P	P+S	P+S+LPC	S+LPC
Moyenne	21,36	22,00	21,71	22,29	Moyenne	25,93	25,07	24,29	24,21
I	-	1,15ns	<1ns	1,16ns	P	-	1,19 ns	2,04*	1,84ns
I+S	-	-	<1ns	<1ns	P+S	-	-	1,25ns	<1ns
I+S+LPC	-	-	-	<1ns	P+S+LPC	-	-	-	<1ns
Gain (i)									
	I	I+S	I+S+LPC	S+LPC		P	P+S	P+S+LPC	S+LPC
I	-	S -1,50 E 0,64 Z 2,23*	S -3,04 E 0,36 Z 2,66**	S -2,00 E 0,93 Z 1,61ns	P	-	S -0,21 E -0,86 Z<1 ns	S -0,93 E -1,64 Z<1 ns	S -2,21 E -1,71 Z<1 ns
I+S	-	-	S -1,54 E -0,29 Z 1,49 ns	S -0,50 E 0,29 Z<1 ns	P+S	-	-	S -0,71 E -0,79 Z<1 ns	S -2,00 E -0,86 Z 1,42ns
I+S+LPC	-	-	-	S 1,04 E 0,57 Z<1 ns	P+S+LPC	-	-	-	S -1,29 E -0,07 Z1,54 ns

Légende : (i) Différences entre le nombre d'*items* correctement rappelés à deux conditions de présentation : S : sourds avec IC, E Entendants, Z test non paramétrique de Wilcoxon. Les différences significatives sont surlignées en gris.

Analyse des erreurs d'*item* et d'ordre

Les comparaisons inter-conditions ne mettent pas en évidence de différences significatives pour les erreurs d'*item* dans la modalité verbale chez les enfants sourds avec IC.

Tableau 43 : Tableau synoptique des résultats des comparaisons entre les conditions deux à deux dans la modalité verbale puis dans la modalité visuo-spatiale, pour les enfants entendants puis pour les enfants sourds avec IC (test non paramétrique de Wilcoxon, Z).

Modalité verbale					**Modalité visuo-spatiale**				
Analyse des erreurs d'*item* et d'ordre									
Sourds IC									
Item	I	I+S	I+S+LPC	S+LPC	***Item***	P	P+S	P+S+LPC	S+LPC
Moy.	6,43	7,21	8,07	7,64	Moy.	1,86	1,79	2,14	3,00
I	-	<1 ns	Z 1,92 p.054	<1 ns	P	-	<1 ns	<1 ns	Z 2,09*
I+S	-	-	<1 ns	<1 ns	P+S	-	-	<1 ns	Z 2,19*
I+S+LPC			-	<1 ns	P+S+LPC			-	Z 1,33 ns
Ordre	I	I+S	I+S+LPC	S+LPC	**Ordre**				
Moy.	2,71	3,14	4,36	3,57	Moy.	1,21	1,36	1,71	2,14
I	-	<1 ns	Z 2,04*	<1 ns	P	-	<1 ns	<1 ns	Z 1,10 ns
I+S		-	Z 2,09*	<1 ns	P+S		-	Z<1 ns	Z=2,02*
I+S+LPC			-	1,78 ns	P+S+LPC			-	Z 1,12 ns
Entendants									
Item	I	I+S	I+S+LPC	S+LPC	***Item***	P	P+S	P+S+LPC	S+LPC
Moy.	3,93	2,71	2,57	2,43	Moy.	0,86	0,36	1,21	1,79
I	-	Z 1,58ns	Z 1,88 ns	Z 1,99*	P	-	Z 1,68 ns	<1 ns	Z 1,33 ns
I+S	-	-	<1 ns	<1 ns	P+S	-	-	Z 2,19*	Z 2,31*
I+S+LPC			-	<1 ns	P+S+LPC			-	<1 ns
Ordre	I	I+S	I+S+LPC	S+LPC	**Ordre**	P	P+S	P+S+LPC	S+LPC
Moy.	1,64	2,29	2,57	2,29	Moy.	0,21	1,57	1,50	0,57
I	-	Z 1,11ns	<1 ns	<1 ns	P	-	Z 2,20*	Z 2,10*	Z 1,08 ns
I+S		-	<1 ns	<1 ns	P+S		-	<1 ns	Z 1,78 ns
I+S+LPC			-	<1 ns	P+S+LPC			-	Z 1,48 ns

Légende : (i) Différences entre le nombre d'*items* correctement rappelés à deux conditions de présentation : S : sourds avec IC, E Entendants, Z test non paramétrique de Wilcoxon. Les différences significatives sont surlignées en gris.

On peut toutefois noter une augmentation tendancielle des erreurs entre les conditions I et I+S+LPC. Le codage LPC pourrait susciter l'augmentation des erreurs d'*items*. En revanche, ces comparaisons soulignent une augmentation significative des erreurs d'*items* dans la modalité visuo-spatiale par rapport aux conditions P et P+S. Le retrait de la présentation visuelle des points dans la grille semble pouvoir expliquer cette augmentation des erreurs d'*items*. Pour les erreurs d'ordre, l'ajout de la LPC dans la modalité verbale par rapport aux conditions I et I+S s'accompagne d'une augmentation des erreurs d'ordre. Le codage LPC par son effet distracteur a pu provoquer ces erreurs d'ordre. Pour la modalité visuo-spatiale, l'ajout de la LPC conduit également, pour les enfants sourds IC, a une augmentation des erreurs d'*item* et d'ordre (comparaisons pour les erreurs d'*item* P+S/P+S+LPC ; P+S/S+LPC ; pour les erreurs d'ordre P/ P+S+LPC). L'ajout du son est également associé à une augmentation des erreurs d'ordre entre les conditions P et P+S. Il est possible que l'énonciation de la localisation du point entre en compétition avec la mémorisation spatiale de la localisation du point dans la grille dans cette première condition où le son apparaît. L'augmentation des erreurs d'ordre est également significative entre les conditions P et P+S+LPC. Cette augmentation peut résulter de l'énonciation de la localisation du point ou de la présence du codage LPC.

Analyse de l'effet de la longueur des séquences

Tableau 44 : Tableau synoptique des résultats des comparaisons entre les conditions deux à deux dans la modalité verbale puis dans la modalité visuo-spatiale, pour les enfants entendants puis pour les enfants sourds avec IC (test non paramétrique de Wilcoxon, Z).

Modalité verbale				Modalité visuo-spatiale			
Analyse de l'effet de la longueur des séquences (%)							
Sourds IC							
	2/3 *items*	2/4 *items*	3/4 *items*		2/3 *items*	2/4 *items*	3/4 *items*
I	2,84**	3,18**	2,83**	P	1,18ns	1,48ns	<1 ns
I+S	2,67**	3,18**	2,59**	P+S	1,36ns	2,45**	1,58 ns
I+S+LPC	2,67**	3,18**	2,97**	P+S+LPC	2,20**	2,52*	1,60 ns
S+LPC	2,38*	3,18**	3,18**	S+LPC	2,70**	3,06**	2,22*
Entendants							
	2/3 *items*	2/4 *items*	3/4 *items*		2/3 *items*	2/4 *items*	3/4 *items*
I	3,11**	3,18**	1,10 ns	P	1,21ns	1,83ns	<1ns
I+S	2,02*	3,18**	3,18**	P+S	<1ns	1,68ns	1,36ns
I+S+LPC	1,46ns	2,85**	2,80**	P+S+LPC	2,02*	2,52*	<1ns
S+LPC	2,02*	2,93**	2,31*	S+LPC	2,02*	2,20*	<1ns

Légende : (i) Différences entre le nombre d'*items* correctement rappelés à deux conditions de présentation : S : sourds avec IC, E Entendants, Z test non paramétrique de Wilcoxon. Les différences significatives sont surlignées en gris.

Pour les enfants sourds avec IC, l'augmentation de la séquence d'*items* à rappeler provoque une diminution du nombre d'images rappelées dans la modalité verbale. Cette évolution n'est pas significative dans les conditions Point seul et P+S de la modalité visuo-spatiale (pas entre 2/4) et apparaît significative dans les autres conditions multimodales avec la LPC. En comparaison, pour les enfants entendants appariés la diminution du nombre d'*items* rappelés avec l'augmentation du nombre d'*items* par séquence est significative pour la plupart des conditions de la modalité verbale (à l'exception de deux conditions). Pour la modalité visuo-spatiale, la diminution des performances avec l'augmentation des séquences n'est pas significative pour les conditions P et P+S. Cette diminution est en revanche significative dans les conditions où la LPC est ajoutée, à l'exception de l'augmentation de 3-4 *items*.

Analyse des erreurs d'omission et d'intrusion

Tableau 45 : Tableau synoptique des résultats des comparaisons entre les conditions deux à deux dans la modalité verbale puis dans la modalité visuo-spatiale, pour les enfants entendants puis pour les enfants sourds avec IC (test non paramétrique de Wilcoxon, Z).

Modalité verbale					Modalité visuo-spatiale				
Analyse des erreurs d'omission et d'intrusion									
Sourds IC									
Omission					**Omission**				
	I	I+S	I+S+LPC	S+LPC		P	P+S	P+S+LPC	S+LPC
Moyenne	6,14	6,93	7,43	7,00	Moyenne	1,50	1,29	1,29	1,86
I	-	<1 ns	Z 1,22ns	<1 ns	P	-	<1 ns	<1 ns	1,01 ns
I+S	-	-	<1 ns	<1 ns	P+S	-	-	<1 ns	1,24 ns
I+S+LPC			-	<1 ns	P+S+LPC			-	<1ns
Intrusion	I	I+S	I+S+LPC	S+LPC	**Intrusion**				
Moyenne	0,29	0,29	0,64	0,64	Moyenne	0,36	0,64	0,86	1,14
I	-	<1 ns	<1 ns	1,69 ns	P	-	<1 ns	<1 ns	1,73 ns
I+S		-	1,48 ns	1,27 ns	P+S		-	<1 ns	1,01 ns
I+S+LPC			-	<1 ns	P+S+LPC			-	<1 ns
Entendants									
Omission					**Omission**				
	I	I+S	I+S+LPC	S+LPC		P	P+S	P+S+LPC	S+LPC
Moyenne	3,14	2,50	1,93	2,14	Moyenne	0,14	0,36	0,79	1,21
I	-	1,16 ns	2,12*	1,92 p.055	P	-	<1 ns	1,36 ns	1,69 ns
I+S	-	-	<1 ns	<1 ns	P+S	-	-	<1 ns	1,94 .052
I+S+LPC			-	<1 ns	P+S+LPC			-	<1 ns
Intrusion					**Intrusion**				
	I	I+S	I+S+LPC	S+LPC		P	P+S	P+S+LPC	S+LPC
Moyenne	0,79	0,21	0,64	0,29	Moyenne	0,71	0,00	0,43	0,64
I	-	1,94 .052	<1 ns	1,33 ns	P	-	2,20*	<1 ns	<1 ns
I+S		-	1,68 ns	<1 ns	P+S		-	1,83 ns	1,83 ns
I+S+LPC			-	1,35 ns	P+S+LPC			-	<1 ns

Légende : (i) Différences entre le nombre d'*items* correctement rappelés à deux conditions de présentation : S : sourds avec IC, E Entendants, Z test non paramétrique de Wilcoxon. Les différences significatives sont surlignées en gris.

Pour les enfants sourds IC, les différences entre les erreurs d'omission produites dans les différentes conditions de présentation ne sont pas significatives. De même pour les erreurs d'intrusion. Quelques rares différences sont significatives ou tendancielles pour les enfants entendants. Elles apparaissent le plus souvent lorsque les comparaisons sont réalisées avec les conditions comportant le codage LPC, dans les modalités verbale ou visuo-spatiale.

Chapitre 7. Profils individuels des enfants sourds avec IC

Résumé :
Ce chapitre rend compte de l'étude des performances individuelles des quatorze enfants sourds IC en référence aux performances moyennes obtenues par les quarante-deux enfants entendants de notre cohorte. Il s'agit d'examiner la présence ou l'absence de difficultés dans le rappel de chaque enfant sourd avec IC afin d'établir des profils. Cette démarche vise à mettre en évidence les points faibles et les points forts de chaque enfant ce qui pourrait être utile d'un point de vue didactique ou de prise en charge.
Parmi les quatorze enfants sourds avec IC, quatre ont été revus un ou deux ans plus tard. Ce suivi donne un aperçu de l'évolution des performances de rappel chez ces enfants. Il a aussi été l'occasion d'approfondir la mesure du contrôle exécutif en proposant à ces enfants des tâches classiques des fonctions exécutives. Cette exploration constitue une base de réflexion pour la conception d'un ensemble de tâches exécutives.

L'observation d'une hétérogénéité importante dans le groupe des enfants sourds avec IC confirme l'intérêt d'étudier les performances de rappel de chaque enfant. Ces profils individuels ont été établis par rapport à la moyenne des performances des quarante-deux enfants entendants. Cette analyse des écarts à la moyenne des entendants a tout d'abord été réalisée sur le nombre d'items rappelés. Elle révèle des profils de difficultés spécifiques à une ou deux modalités et des profils distincts de bénéfices apportés par les conditions multimodales. L'analyse des écarts à la moyenne de référence porte ensuite sur la nature des erreurs de type item ou ordre. Elle concerne enfin l'effet de la longueur des listes, qui souligne des difficultés de gestion plus ou moins importantes lorsque le nombre d'informations à rappeler augmente (Une synthèse de ces analyses est proposée paragraphe 1.4).

Un suivi longitudinal de quatre enfants permet ensuite d'examiner l'évolution des performances dans les deux modalités (verbale et visuo-spatiale) ainsi que l'effet de l'enrichissement de la présentation des items sur le rappel dans les conditions multimodales. Un examen des performances exécutives de ces quatre enfants avec des tâches classiques vient ensuite compléter l'étude de la gestion en MDT réalisée dans cette recherche, appréciée à travers l'effet de longueur des listes et la présence d'intrusions. Ceci constitue un prolongement de l'examen de l'hypothèse du rôle du contrôle exécutif dans le maintien temporaire de l'information, examen que nous avons approfondi à la fin du travail de thèse

en créant un ensemble de tâches exécutives. Cet outil sera présenté dans la discussion, dans les perspectives de cette recherche.

.1 Profils individuels des 14 enfants sourds avec IC en référence aux performances des 42 enfants entendants

L'examen des performances individuelles des enfants sourds a pour but de différencier les profils des performances et d'étudier leur prévalence.

Il s'agit de déterminer si, parmi les quatorze enfants sourds avec IC, certains ne présentent aucune difficulté par rapport aux enfants entendants, si d'autres enfants présentent des difficultés dans une modalité spécifique (verbale ou visuo-spatiale) ou encore si d'autres ont des difficultés dans les deux modalités. Il s'agit aussi d'examiner si certains enfants sourds avec IC bénéficient de l'ajout du son ou de la présence de la LPC alors que ce n'est pas le cas pour d'autres. A cet effet, les scores individuels de chaque enfant sourd avec IC ont été comparés à la moyenne des quarante-deux enfants du groupe d'enfants entendants de mêmes niveaux scolaires qui constituent ici une référence.

Cette analyse des profils a tout d'abord été réalisée sur le nombre moyen d'*items* correctement rappelés, puis sur les erreurs d'*item* et d'ordre, sur les différentes longueurs des séquences d'*items* et enfin sur les erreurs d'omission et d'intrusion. Enfin ce suivi donne un aperçu de l'évolution des performances de rappel chez ces enfants sourds IC. Il a été aussi l'occasion d'approfondir la mesure du contrôle exécutif en leur proposant des tâches classiques des fonctions exécutives. Cette exploration constitue une base de réflexion pour la conception d'un ensemble de tâches exécutives.

.1.1 Nombre d'*items* rappelés

L'examen des profils individuels porte tout d'abord sur les conditions *items* seuls, c'est-à-dire dans un contexte uni-modal de présentation des *items* à mémoriser, contexte classique de la mesure de MCT. L'examen est ensuite élargi à chacune des conditions de présentation des *items*. Il s'agit d'étudier l'impact des conditions multimodales dans lesquelles le son et/ou le codage LPC ont été ajoutés (I/P+S et I/P+S+LPC) ainsi que dans la condition son et codage LPC dans laquelle la présentation visuelle des Images et Points est absente et l'information relative aux *items* à mémoriser est donnée de façon sonore et codée en LPC (S+LPC), par rapport à la condition uni-modale dans laquelle l'information à mémoriser est présentée de façon visuelle (I/P).

.1.1.1 Examen des performances individuelles dans la condition *Item* seul en fonction de la modalité

Les scores individuels des quatorze enfants sourds avec IC dans les conditions *Item* seul, condition classique de mesure de la MCT, sont présentés dans le tableau 42. La moyenne et l'écart-type du groupe des quarante-deux enfants entendants pris comme référence sont précisés dans le tableau 46. Les seuils utilisés, pour apprécier les écarts équivalent à la moyenne moins 1,65 écart-type et à la moyenne + un écart-type. Ils sont également précisés dans ce tableau. Les trois profils distingués correspondent à :

- une 'Faible performance de rappel' (nombre d'*items* correctement rappelés au-dessous de la moyenne des enfants entendants moins 1,65 écart-type),
- une 'Performance moyenne de rappel' (nombre d'*items* correctement rappelés au-dessus de la moyenne des enfants entendants moins 1,65 écart-type et au-dessous de la moyenne des enfants entendants plus 1 écart-type),
- une 'Performance élevée de rappel' (nombre d'*items* correctement rappelés au-dessus de la moyenne des enfants entendants plus 1 écart-type).

Tableau 46 : Seuils, nombre d'*items* correctement rappelés par chacun des 14 enfants sourds avec IC dans les conditions *Items* seuls en fonction de la modalité et profils de performances.

Enfant	Sexe	Classe	AGREEL mois	NNAT/38	Modalité verbale	Modalité visuo-spatiale	Différence : Visuospatial -Verbal
Moyenne					19,38	25,02	5,64
Ecart-type					3,77	1,97	3,45
Moyenne - 1,65 e-t					13,15	21,77	-0,05
Moyenne + 1 e-t					23,15	26,99	9,09
1	M	CE1	96	24	12	26	14
2	M	CE1	95	24	17	27	10
3	F	CP	87	13	21	22	1
4	F	CP	78	23	14	18	4
6	F	CE1	84	16	27	27	0
7	F	CE1	88	22	17	27	10
8	F	CE2	104	23	18	27	9
9	M	CE2	107	25	13	26	13
10	F	CP	84	14	13	19	6
11	F	CE1	100	15	20	21	1
12	F	CE1	102	17	20	24	4
13	F	CE1	93	20	25	27	2
14	M	CP	93	18	13	25	12
16	M	CP	76	20	19	21	2
'Faible performance de rappel'					4	4	0
'Performance moyenne de rappel'					8	5	9
'Performance élevée de rappel'					2	5	5

Légende : Cellule en vert score de rappel au-dessous Moy - 1,65 écart-type et cellule en jaune score de rappel au-dessus de Moy + 1 écart-type.

L'analyse individuelle des écarts à la moyenne montre la présence des trois profils de performances dans les deux modalités.

Quatre enfants sourds avec IC se situent dans le profil 'Faible performance de rappel' dans la modalité verbale et quatre enfants se situent dans ce même profil dans la modalité visuo-spatiale. Parmi ces enfants un enfant appartient à ce profil pour les deux modalités.

Le profil 'Performance moyenne de rappel' regroupe huit enfants sourds qui obtiennent des scores dans la moyenne par rapport aux groupes des enfants entendants pris comme référence dans la modalité verbale et cinq dans la modalité visuo-spatiale. Parmi ceux-ci, deux enfants se situent dans ce profil pour les modalités verbale et visuo-spatiale.

Enfin, le profil 'Performance élevée de rappel' regroupe deux enfants dans la modalité verbale et cinq dans la modalité visuo-spatiale. Parmi ces enfants, deux ont une performance élevée dans les deux modalités.

Cette analyse individuelle indique d'une part, que tous les enfants sourds avec IC ne se situent pas dans le profil 'faible performances de rappel' en modalité verbale et que le nombre d'enfants sourds avec IC du profil 'Faible performance de rappel' est équivalent dans les modalités verbale et visuo-spatiale. D'autre part, elle montre qu'il y a un nombre plus

élevé d'enfants du profil 'Performance élevée de rappel' dans la modalité visuo-spatiale que dans la modalité verbale. Par ailleurs, l'analyse des distributions des enfants dans les trois profils, pour les modalités verbale et visuo-spatiale, ne permet pas de montrer que la répartition des enfants dans la modalité verbale est en relation avec celle dans la modalité visuo-spatiale (Chi2 de Pearson (dl4)=7,26, ns).

L'analyse de **la différence entre le nombre d'*items* correctement rappelés dans la modalité verbale et la modalité visuo-spatiale** indique que treize enfants sourds avec IC sur quatorze obtiennent un score supérieur en modalité visuo-spatiale par rapport à la modalité verbale. En prenant comme référence l'écart entre les modalités obtenu par les quarante deux enfants entendants, aucun enfant sourd avec IC n'obtient un écart visuo-spatial/verbal plus petit que celui des enfants entendants (au-dessous de la Moyenne –1,65 e-t). Neuf enfants obtiennent un écart moyen (au-dessus de la Moyenne –1,65 e-t et au-dessous de la moyenne +1 e-t). Cinq enfants ont un écart élevé (au-dessus de la moyenne +1 e-t) entre modalité visuo-spatiale et verbale : leur performance en modalité visuo-spatiale est élevée par rapport à leur modalité verbale. On peut noter que parmi ces cinq enfants, trois ont un mode de communication oral avec un âge d'implantation précoce et très précoce (1, 2 et 7), deux autres ont une implantation tardive avec un mode de communication orale (9) ou totale (14). Pourtant le test du TERMO indique que parmi ces cinq enfants, quatre (2, 7, 9 et le 14) ont une meilleure réception du langage oral avec le code LPC. Dans la tâche mnésique proposée le code LPC ne leur permet pas d'atteindre les performances qu'ils obtiennent en modalité visuo-spatiale.

.1.1.2 Examen des performances individuelles en fonction de la condition et de la modalité

Les scores individuels des quatorze enfants sourds avec IC sont présentés dans le tableau 47. Celui-ci comporte aussi la moyenne et l'écart-type du groupe des quarante-deux enfants entendants ainsi que es seuils utilisés, qui équivalent à la moyenne moins 1,65 écart-type et à la moyenne + un écart-type.

Tableau 47 : Seuils, nombre d'*items* correctement rappelés par chacun des 14 enfants sourds avec IC dans chacune des conditions en fonction de la modalité et profils de performances.

Enfant	Sexe	Classe	AGREEL mois	NNAT /38	Modalité verbale				Modalité visuo-spatiale			
					I	I+S	I+S+LPC	S+LPC	P	P+S	P+S+LPC	S+LPC
Moyenne					19,38	21,24	21,19	21,62	25,02	24,40	23,00	23,93
Ecart type					3,77	3,85	3,95	3,70	1,97	2,71	3,02	3,42
Moy - 1,65 e-t					13,15	14,89	14,67	15,52	21,77	19,93	18,02	18,29
Moy + 1 e-t					23,15	25,09	25,14	25,31	26,99	27,12	26,02	27,35
1	M	CE1	96	24	12	9	7	13	26	22	25	20
2	M	CE1	95	24	17	13	14	16	27	26	27	24
3	F	CP	87	13	21	17	22	13	22	22	24	15
4	F	CP	78	23	14	15	12	5	18	16	15	13
6	F	CE1	84	16	27	27	27	27	27	27	27	25
7	F	CE1	88	22	17	24	18	25	27	25	23	26
8	F	CE2	104	23	18	16	12	23	27	27	27	22
9	M	CE2	107	25	13	11	11	13	26	26	27	27
10	F	CP	84	14	13	10	11	6	19	25	21	21
11	F	CE1	100	15	20	12	11	6	21	19	8	20
12	F	CE1	102	17	20	19	16	19	24	26	26	24
13	F	CE1	93	20	25	25	20	26	27	27	26	27
14	M	CP	93	18	13	12	10	12	25	26	27	22
16	M	CP	76	20	19	18	11	17	21	20	21	20
'Faible performance de rappel'					4	6	9	7	4	2	2	2
'Performance moyenne de rappel'					8	7	4	5	5	12	7	12
'Performance élevée de rappel'					2	1	1	2	5	0	5	0

Légende : Cellule en vert score de rappel au-dessous Moy - 1,65 écart-type et cellule en jaune score de rappel au-dessus de Moy + 1 écart-type.

Dans la modalité verbale, l'analyse individuelle montre que quatre enfants sourds avec IC se situent dans le profil appelé 'Faible performance de rappel' pour les quatre conditions de présentation. Deux enfants ne se situent pas dans ce profil dans la modalité I seule mais entrent dans ce profil lorsque le son est ajouté à l'image (I+S). Trois enfants ne se situent pas dans ce profil dans la modalité I seule mais entrent dans ce profil lorsque le son et le codage LPC sont ajoutés à l'image (I+S+LPC). Trois enfants ne se situent pas dans ce profil dans la modalité I seule mais entrent dans ce profil lorsque l'image est absente et que l'*item* est énoncé et codé en LPC (S+LPC). Ainsi le nombre d'enfants sourds avec IC classés dans le profil 'Faible performance de rappel' augmente lorsque le son est ajouté à l'image par rapport à la condition sans son (4 à 6). L'augmentation du nombre d'enfants appartenant à ce profil est plus importante lorsque la LPC est ajoutée par rapport à la condition Image seule (4 à 9). L'augmentation du nombre d'enfants appartenant à ce profil est également importante en l'absence de présentation de l'image (S+LPC) par rapport à la condition Image seule (4 à 7). Les particularités de chaque condition verbale semblent en partie déterminer la fréquence des difficultés. Un faible nombre d'enfants sourds avec IC, deux sur quatorze, se situent dans le profil 'Performance de rappel élevée'. Un enfant sourd avec IC se situe dans le profil

'Performance élevée de rappel' quelle que soit la condition de présentation, un enfant appartient à cette catégorie pour les conditions Image seule et Son+LPC.

Dans la modalité visuo-spatiale, un enfant se situe dans le profil 'Faible performance de rappel' dans toutes les conditions, deux enfants dans la condition I seule, un enfant dans trois conditions et un enfant dans la condition S+LPC. Ainsi le nombre d'enfants sourds avec IC classé dans le profil 'Faible performance de rappel' n'augmente pas dans les conditions multimodales (4 à 2) lorsque le son ou bien le son et la LPC sont ajoutés à l'image par rapport à la condition Image seule (4 à 2). De même, le retrait de l'image conduit à une diminution du nombre d'enfants de ce profil (S+LPC comparé à I seule). Compte-tenu des scores plafond (27 sur 27) dans la condition visuo-spatiale, l'analyse du nombre d'enfants se situant dans le profil 'Performance élevée de rappel' ne peut être que partielle, le seuil correspondant à la moyenne + 1 e-t étant supérieur à 27.

Pour la **modalité verbale**, la comparaison des distributions des enfants sourds avec IC dans les trois profils entre les conditions de présentation des *items* deux à deux indique qu'il existe une relation entre la distribution des enfants sourds dans les profils 'Performances de rappel Faible, Moyenne ou élevée' observée dans une condition et celle relevée dans une autre condition. Le profil des enfants dans une condition de présentation est en relation avec son profil dans une autre condition de présentation. Comme l'indique le tableau 48 ci-dessous, les Chi2 calculés pour chacune des comparaisons des distributions apparaissant dans deux conditions sont significatifs.

Pour la **modalité visuo-spatiale**, le pattern est différent. Les relations entre les distributions ne sont pas significatives, à l'exception de la comparaison de la distribution en P+S et en P+S+LPC. La répartition des enfants dans une condition n'est pas reliée à la répartition dans une autre condition. Il est difficile cependant d'évaluer l'impact de l'ajout du son ou du code LPC dans la mesure où les scores sont assez élevés dans toutes les conditions. Neuf enfants sourds avec IC se situent dans les profils 'Performances de rappel moyennes ou élevées' sur les quatorze. Deux enfants sourds se situent dans le profil 'Faible performance de rappel' dans plusieurs conditions (4 et 11). Ces enfants se situent également dans le profil 'Faible performance de rappel' dans la modalité verbale.

La relation réciproque n'apparaît pas : tous les enfants sourds avec IC qui se situent majoritairement dans le profil 'Faibles performances de rappel' sur les quatre conditions de la modalité verbale, ne se situent pas dans ce profil dans la modalité visuo-spatiale. Quatre enfants sourds avec IC qui sont dans ce profil 'Faibles performances de rappel' dans deux à quatre conditions de la modalité verbale se situent dans les profils 'Performances moyennes ou élevées' dans la modalité visuo-spatiale.

Tableau 48 : Valeur du Chi2 de Pearson pour chacune des comparaisons des distributions des conditions deux à deux pour chaque modalité.

Enfants sourds									
Modalité verbale						**Modalité visuo-spatiale**			
Chi2 dl(4) Moyenne	I	I+S	I+S+LPC	S+LPC			P	P+S	P+S+LPC	S+LPC
I	-	13,5 p<.01	10,5 p<.05	19,0 p<.01		P	-	5,8 ns .054	7,48 ns	1,3 ns
I+S	-	-	21,5 p<.001	10,3 p<.05		P+S		-	14,0 p<.001	2,4 ns
I+S+LPC			-	10,2 p<.05		P+S+LPC			-	2,9 ns

.1.1.3 Examen individuel du gain ou de la détérioration du nombre d'*items* correctement rappelés selon la condition et la modalité

Les écarts individuels pour chaque enfant sourd avec IC sont présentés dans le tableau 49 ainsi que les seuils utilisés qui équivalent à la moyenne moins 1,65 écart-type et à la moyenne +1 écart-type. Les trois profils distingués correspondent à une 'Détérioration élevée du nombre d'*items* correctement rappelés' (différence inter-conditions négative et inférieure à la moyenne – 1,65 e-t des quarante-deux enfants entendants), à 'un écart inter-conditions dans la moyenne' et à un 'Gain élevé du nombre d'*items* correctement rappelés' (différence inter-conditions positive et supérieure à la moyenne +1 e-t des quarante-deux enfants entendants).

Tableau 49 : Seuils de la différence entre deux conditions de présentation (gain ou détérioration), valeur de ces différences pour chacun des 14 enfants sourds avec IC dans chacune des conditions en fonction de la modalité et profils de performances.

E	S	C	AR	NNAT	Modalité verbale						Modalité visuo-spatiale					
					a I - I+S	**b** I - I+S+LPC	**c** I - S+LPC	**d** I+S - I+S+LPC	**e** I+S - S+LPC	**f** I+S+LPC - S+LPC	**a** P - P+S	**b** P - P+S+LPC	**c** P - S+LPC	**d** P+S - P+S+LPC	**e** P+S - S+LPC	**f** P+S+LPC - S+LPC
Moyenne					1,86	1,81	2,24	-0,05	0,38	0,43	-0,62	-2,02	-1,10	-1,40	-0,48	0,93
Ecart type					3,14	3,68	3,58	2,38	3,41	2,88	2,61	3,10	3,50	2,84	3,92	3,41
Moy - 1,65 SD					-3,32	-4,26	-3,67	-3,97	-5,25	-4,32	-4,93	-7,15	-6,88	-6,09	-6,95	-4,70
Moy + 1 SD					4,99	5,49	5,82	2,33	3,80	3,31	1,99	1,08	2,41	1,43	3,45	4,34
1	M	CE1	96	24	-3	-5	1	-2	4	6	-4	-1	-6	3	-2	-5
2	M	CE1	95	24	-4	-3	-1	1	3	2	-1	0	-3	1	-2	-3
3	F	CP	87	13	-4	1	-8	5	-4	-9	0	2	-7	2	-7	-9
4	F	CP	78	23	1	-2	-9	-3	-10	-7	-2	-3	-5	-1	-3	-2
6	F	CE1	84	16	0	0	0	0	0	0	0	0	-2	0	-2	-2
7	F	CE1	88	22	7	1	8	-6	1	7	-2	-4	-1	-2	1	3
8	F	CE2	104	23	-2	-6	5	-4	7	11	0	0	-5	0	-5	-5
9	M	CE2	107	25	-2	-2	0	0	2	2	0	1	1	1	1	0
10	F	CP	84	14	-3	-2	-7	1	-4	-5	6	2	2	-4	-4	0
11	F	CE1	100	15	-8	-9	-14	-1	-6	-5	-2	-13	-1	-11	1	12
12	F	CE1	102	17	-1	-4	-1	-3	0	3	2	2	0	0	-2	-2
13	F	CE1	93	20	0	-5	1	-5	1	6	0	-1	0	-1	0	1
14	M	CP	93	18	-1	-3	-1	-2	0	2	1	2	-3	1	-4	-5
16	M	CP	76	20	-1	-8	-2	-7	-1	6	-1	0	-1	1	0	-1
'Détérioration élevée'					3	5	4	4	2	4	0	1	1	1	1	4
'Ecart dans moyenne'					10	9	9	9	10	5	13	9	13	11	13	9
'Gain élevé…'					1	0	1	1	2	5	1	4	0	2	0	1

Légende : E : Numéro enfant ; S : Sexe ; C : Classe ; AR : Age réel en mois ; N : NNAT sur 38. 'Faible performance de rappel' ; 'Performance moyenne de rappel' ; 'Performance élevée de rappel'.
Une valeur positive de l'écart indique un bénéfice entre les deux conditions de présentation, une valeur négative indique une diminution ou détérioration du nombre d'*items* correctement rappelés.
Cellule en vert score de rappel au-dessous Moy - 1,65 écart-type et cellule en jaune score de rappel au-dessus de Moy + 1 écart-type

Dans la modalité verbale,

- a. la comparaison **I-I+S** montre que trois enfants sourds avec IC obtiennent une diminution de leur nombre d'*items* correctement rappelés qui est plus élevée (enfants 2, 3 et 11) que la moyenne des enfants entendants – 1,65 e-t. Pour ces enfants, l'ajout du son ne conduit pas à un gain mais au contraire à une détérioration de leur performance. Un seul enfant a un gain plus élevé que la moyenne des enfants entendants (enfant 7). Dix enfants se situent dans la moyenne des enfants entendants.
- b. la comparaison **I-I+S+LPC** indique que cinq enfants sourds obtiennent une diminution de leur nombre d'*items* correctement rappelés qui est plus élevée que la moyenne des enfants entendants – 1,65 e-t. Neuf enfants se situent dans la moyenne des enfants entendants.

- c. la comparaison **I-S+LPC** montre que quatre enfants sourds obtiennent une diminution de leur nombre d'*items* correctement rappelés qui est plus élevée que la moyenne des enfants entendants – 1,65 e-t. Un seul enfant a un gain plus élevé que la moyenne des enfants entendants. Neuf enfants se situent dans la moyenne des enfants entendants.
- d. la comparaison **I+S-I+S+LPC** indique que quatre enfants sourds obtiennent une diminution de leur nombre d'*items* correctement rappelés qui est plus élevée que la moyenne des enfants entendants – 1,65 e-t. Un seul enfant a un gain plus élevé que la moyenne des enfants entendants. Neuf enfants se situent dans la moyenne des enfants entendants.
- e. la comparaison **I+S-S+LPC** indique que deux enfants sourds obtiennent une diminution de leur nombre d'*items* correctement rappelés qui est plus élevée que la moyenne des enfants entendants – 1,65 e-t. Deux enfants ont un gain plus élevé que la moyenne des enfants entendants. Dix enfants se situent dans la moyenne des enfants entendants.
- f. la comparaison **I+S+LPC-S+LPC** indique que quatre enfants sourds obtiennent une diminution de leur nombre d'*items* correctement rappelés qui est plus élevée que la moyenne des enfants entendants – 1,65 e-t. Cinq enfants ont un gain plus élevé que la moyenne des enfants entendants. Cinq enfants se situent dans la moyenne des enfants entendants.

L'examen pour chaque enfant du gain ou de la détérioration du nombre d'*items* rappelés pour chacune des comparaisons inter-conditions (a à f) dans cette modalité verbale montre que trois enfants en particulier (11, 3 et 4) se situent dans le profil « Détérioration élevée» sur au moins trois comparaisons.

Ces analyses mettent en évidence l'hétérogénéité des profils des enfants sourds avec IC. Elles ne permettent pas de montrer l'effet bénéfique de l'ajout du son et/ou du LPC à l'image pour la majorité des enfants sourds avec IC rencontrés, ni de l'effet délétère de l'apparition du codage LPC de façon simultanée à l'image à mémoriser.

Dans la modalité visuo-spatiale, peu nombreux sont les enfants qui ont une détérioration élevée de leur rappel. Ces enfants sourds, qui ont une détérioration élevée de leur rappel, sont plus nombreux lorsque les conditions P+S+LPC et S+LPC sont comparées. Le retrait de l'apparition des points à l'écran dans la condition S+LPC suscite une diminution des performances de rappel. Dans cette modalité visuo-spatiale, la majorité des enfants sourds avec IC se situent dans la moyenne des enfants entendants. Ils semblent donc présenter des effets similaires à celles des enfants entendants.

Notons enfin que lorsque les profils obtenus **dans les modalités verbale et visuo-spatiale** sont considérés simultanément, deux enfants en particulier (3, 11) présentent plus que les autres enfants sourds des détériorations dans les deux modalités. Les situations multimodales semblent susciter chez ces enfants une détérioration de leur performance. L'analyse des erreurs, *item* ou ordre ou encore omission et intrusion, permettra de préciser les difficultés rencontrées par ces enfants en particulier.

.1.2 Erreurs d'*item* et d'ordre

L'examen des profils individuels portant sur les erreurs d'*item* et d'ordre a tout d'abord été réalisé sur les conditions *items* seuls, c'est-à-dire dans un contexte uni-modal de présentation des *items* à mémoriser, puis sur chacune des conditions de présentation des *items*.

.1.2.1 Examen des erreurs individuelles d'*item* et d'ordre dans la condition *Items* seuls en fonction de la modalité

Les nombres d'erreurs d'*item* et d'ordre produites par chaque enfant sourd avec IC, respectivement dans la modalité verbale et la modalité visuo-spatiale, sont présentés dans le tableau 50. Les seuils utilisés qui équivalent à la moyenne plus 1,65 écart-type et à la moyenne moins un écart-type sont également précisés dans ce tableau. Les trois profils distingués correspondent à un 'Nombre élevé d'erreurs' (supérieur à la moyenne +1,65 e-t des quarante-deux enfants entendants), à un 'Nombre moyen d'erreurs' et à un 'Faible nombre d'erreurs' (inférieur à la moyenne - 1 e-t des quarante-deux enfants entendants).

Tableau 50 : Seuils, nombre d'erreurs de chacun des 14 enfants sourds avec IC pour chaque type d'erreurs (*item* ou ordre) pour les conditions *Items* seuls en fonction de la modalité et profils de performances.

E	S	C	AR	NNAT	Modalité verbale *Item*	Modalité verbale Ordre	Modalité visuo-spatiale *Item*	Modalité visuo-spatiale Ordre
Moyenne					**5,36**	**2,26**	**1,33**	**0,64**
Ecart type					3,06	2,27	1,62	1,19
Moy + 1,65 SD					10,40	6,01	4,00	2,60
Moy - 1 SD					2,30	-0,01	-0,28	-0,54
1	M	CE1	96	24	13	1	1	0
2	M	CE1	95	24	6	4	0	0
3	F	CP	87	13	5	1	5	0
4	F	CP	78	23	10	3	6	3
6	F	CE1	84	16	0	0	0	0
7	F	CE1	88	22	7	3	0	0
8	F	CE2	104	23	3	6	0	0
9	M	CE2	107	25	5	9	1	0
10	F	CP	84	14	14	0	3	5
11	F	CE1	100	15	7	0	2	6
12	F	CE1	102	17	6	1	3	0
13	F	CE1	93	20	0	2	0	0
14	M	CP	93	18	7	7	2	0
16	M	CP	76	20	7	1	3	3
'Nombre élevé d'erreurs'					2	2	2	4
'Nombre moyen d'erreurs'					10	12	12	10
'Faible nombre d'erreurs'					2	0	0	0

Légende : E : Numéro enfant ; S : Sexe ; C : Classe ; AR : Age réel en mois ; N : NNAT sur 38.
Cellule en vert score de rappel au-dessous Moy - 1,65 écart-type et cellule en jaune score de rappel au-dessus de Moy + 1 écart-type

Dans ces conditions *Items* seuls, peu d'enfants sourds avec IC se situent dans le profil 'Nombre élevé d'erreurs' quel que soit le type d'erreur d'*item* ou d'ordre dans la modalité verbale. Seuls deux enfants sourds avec IC se situent dans ce profil pour les erreurs d'*item* et deux autres enfants sourds avec IC pour les erreurs d'ordre. Dans la modalité visuo-spatiale, le nombre d'enfants sourds avec IC se situant dans le profil 'Nombre élevé d'erreurs' est légèrement plus élevé, et ceci plus spécifiquement pour les erreurs d'ordre. Quatre enfants appartiennent à ce profil 'Nombre élevé d'erreurs' pour les erreurs d'ordre. Un enfant dans cette modalité se situe dans ce 'Nombre élevé d'erreurs' pour les deux types d'erreurs.

Pour chacune des modalités, les profils établis pour les erreurs d'*items* et les erreurs d'ordre ne sont pas reliés (pour la modalité verbale : Chi2 de Pearson <1, ns ; pour la modalité visuo-spatiale : Chi2 de Pearson=1,13, ns).

Les enfants sourds avec IC relevant du profil 'Nombre élevé d'erreurs' dans la modalité verbale ne sont pas dans ce profil dans la modalité visuo-spatiale, pour les erreurs d'*item*

comme pour les erreurs d'ordre. Un seul enfant (10) se situe dans ce profil dans les deux modalités.

.1.2.2 Examen des erreurs individuelles d'*item* et d'ordre dans chacune des conditions des deux modalités

Les nombres d'erreurs d'*item* et d'ordre produites par chaque enfant sourd avec IC, respectivement dans la modalité verbale et la modalité visuo-spatiale, sont présentés dans le tableau 51. Les seuils utilisés qui équivalent à la moyenne plus 1,65 écart-type et à la moyenne moins un écart-type, sont également précisés dans ce tableau. Les trois profils distingués correspondent à un 'Nombre élevé d'erreurs' (supérieur à la moyenne + 1,65 e-t des quarante-deux enfants entendants), à un 'Nombre moyen d'erreurs' et à un 'Faible nombre d'erreurs' (inférieur à la moyenne - 1 e-t des quarante-deux enfants entendants).

Tableau 51 : Seuils, nombre d'erreurs d'*item* ou d'ordre pour chacun des 14 enfants sourds avec IC pour chaque condition des modalités verbale et visuo-spatiale et profils de performances.

					Modalité verbale								Modalité visuo-spatiale							
					Item				Ordre				*Item*				Ordre			
E	**S**	**C**	**AR**	**NNAT**	**I**	**I+S**	**I+S+LPC**	**S+LPC**	**I**	**I+S**	**I+S+LPC**	**S+LPC**	**P**	**P+S**	**P+S+LPC**	**S+LPC**	**P**	**P+S**	**P+S+LPC**	**S+LPC**
Moyenne					**5,36**	**3,17**	**3,36**	**2,95**	**2,26**	**2,60**	**2,29**	**2,48**	**1,33**	**1,21**	**2,02**	**1,93**	**0,64**	**1,33**	**1,98**	**1,00**
Ecart type					3,06	2,57	2,75	2,60	2,27	2,62	2,51	2,41	1,62	2,01	2,17	2,26	1,19	1,96	2,66	1,77
Moy +1,65 SD					10,40	7,40	7,89	7,25	6,01	6,92	6,43	6,46	4,00	4,53	5,60	5,65	2,60	4,57	6,37	3,92
Moy - 1 SD					2,30	0,60	0,61	0,35	-0,01	-0,03	-0,23	0,06	-0,28	-0,79	-0,15	-0,33	-0,54	-0,63	-0,69	-0,77
1	M	CE1	96	24	13	10	11	5	1	8	9	9	1	0	0	2	0	5	2	5
2	M	CE1	95	24	6	5	5	4	4	4	8	7	0	1	0	1	0	0	0	2
3	F	CP	87	13	5	5	2	4	1	5	3	10	5	2	1	5	0	3	2	7
4	F	CP	78	23	10	11	14	21	3	1	1	1	6	9	9	11	3	2	3	3
6	F	CE1	84	16	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	2
7	F	CE1	88	22	7	3	8	2	3	0	1	0	0	2	2	1	0	0	2	0
8	F	CE2	104	23	3	5	6	2	6	6	7	2	0	0	0	3	0	0	0	2
9	M	CE2	107	25	5	10	7	6	9	6	9	8	1	1	0	0	0	0	0	0
10	F	CP	84	14	14	17	14	19	0	0	2	2	3	0	6	4	5	2	0	2
11	F	CE1	100	15	7	15	12	18	0	0	4	3	2	2	4	1	6	6	15	6
12	F	CE1	102	17	6	6	10	8	1	2	1	0	3	1	1	3	0	0	0	0
13	F	CE1	93	20	0	0	2	1	2	2	5	0	0	0	1	0	0	0	0	0
14	M	CP	93	18	7	7	8	7	7	8	9	8	2	1	0	5	0	0	0	0
16	M	CP	76	20	7	7	14	10	1	2	2	0	3	6	6	6	3	1	0	1
'Nombre élevé d'erreurs'					2	5	8	5	2	2	5	5	2	2	3	2	4	2	1	3
'Nombre moyen d'erreurs'					10	7	5	8	12	12	9	4	12	12	11	12	10	12	13	11
'Faible nombre d'erreurs'					2	2	1	1	0	0	0	5	0	0	0	0	0	0	0	0

Légende : Cellule en vert score de rappel au-dessous Moy - 1,65 écart-type et cellule en jaune score de rappel au-dessus de Moy + 1 écart-type

Dans la modalité verbale, le nombre de fois où les enfants sourds avec IC se situant dans le profil 'Nombre élevé d'erreurs' est plus élevé pour les erreurs d'*items* que pour les erreurs d'ordre (respectivement 20 fois et 14 fois). **Dans la modalité visuo-spatiale**, le nombre d'enfants sourds avec IC se situant dans le profil 'Nombre élevé d'erreurs' est proche pour les erreurs d'*items* et les erreurs d'ordre (respectivement 9 fois et 10 fois).

Dans la modalité verbale, pour les deux types d'erreurs, le nombre d'enfants sourds avec IC se situant dans ce profil augmente lorsque le codage LPC est ajouté (huit enfants pour les erreurs d'*items* et cinq pour les erreurs d'ordre). De plus, cette augmentation du nombre d'enfants sourds relevant de ce profil apparaît également pour les erreurs d'ordre dans la

condition S+LPC dans laquelle l'image n'apparaît pas et le codage LPC présent. Ainsi, l'analyse du nombre de fois où les enfants sourds sont dans ce profil indique que l'ajout du son à l'image n'est pas associé à une diminution du nombre d'enfants sourds relevant de ce profil 'Nombre élevé d'erreurs'. De même, la présence du codage LPC n'est pas associée à une diminution du nombre d'enfants situés dans le profil 'Nombre élevé d'erreurs'.

Dans la modalité visuo-spatiale, le nombre de fois où les enfants sourds avec IC se situant dans le profil 'Nombre élevé d'erreurs' varie peu selon la condition pour les erreurs d'*items* (entre deux et trois enfants). La variation est légèrement plus importante pour les erreurs d'ordre (un à quatre enfants). Le nombre de fois où les enfants sourds avec IC se situant dans le profil 'Nombre élevé d'erreurs' est plus important pour la condition dans laquelle les points sont présentés seuls. La position initiale de cette condition peut expliquer la difficulté de certains enfants à mémoriser l'ordre des localisations des points dans la grille.

Seuls deux enfants sourds avec IC qui se situent dans le profil 'Nombre élevé d'erreurs' pour les erreurs d'*items* dans la modalité verbale se situent dans ce profil pour les erreurs d'*items* dans la modalité visuo-spatiale. Les enfants sourds avec IC qui se situent dans le profil 'Nombre élevé d'erreurs' pour les erreurs d'ordre dans la modalité verbale ne sont pas ceux qui présentent ce profil pour les erreurs d'ordre dans la modalité visuo-spatiale.

.1.3 Longueur des séquences et des erreurs d'*item*

Dans cette partie, nous considérons, dans un premier temps, les profils individuels des enfants sourds IC selon les longueurs des séquences. Les listes comportent 2, 3 ou 4 *items* à rappeler. Dans un second temps, les profils individuels seront examinés selon la nature des erreurs d'*item* : erreurs d'omissions ou d'intrusion.

.1.3.1 Longueur des séquences d'*items*

L'examen des profils individuels portant sur la longueur des séquences a tout d'abord été réalisé sur les conditions *items* seuls, c'est-à-dire dans un contexte uni-modal de présentation des *items* à mémoriser, puis sur chacune des conditions de présentation des *items*.

.1.3.1.1 Examen des pourcentages individuels d'*items* rappelés selon la longueur de la séquence dans la condition *Item* seul en fonction de la modalité

Les pourcentages d'*items* correctement rappelés par chacun des enfants sourds avec IC pour chacune des longueurs des séquences (2, 3 ou 4 *items*) dans la condition *Item* seul pour chacune des modalités sont présentés dans le tableau 52.

Tableau 52 : Seuils, pourcentages individuels d'*items* rappelés par chacun des 14 enfants sourds avec IC pour chaque longueur des séquences d'*items* dans chaque modalité et profils de performances.

E	**S**	**C**	**AR**	**NNAT**	**Modalité verbale**			**Modalité visuo-spatiale**		
					2 items	***3 items***	***4 items***	***2 items***	***3 items***	***4 items***
Moyenne					**96,43**	**75,13**	**56,15**	**98,41**	**94,71**	**88,29**
Ecart type					9,41	17,66	23,79	4,95	9,26	15,07
Moy - 1,65 SD					80,90	45,99	16,90	90,24	79,43	63,42
Moy + 1 SD					105,84	92,80	79,94	103,36	103,97	103,37
1	M	CE1	96	24	100,00	55,56	8,33	100,00	100,00	91,67
2	M	CE1	95	24	100,00	55,56	50,00	100,00	100,00	100,00
3	F	CP	87	13	100,00	77,78	66,67	50,00	88,89	91,67
4	F	CP	78	23	100,00	66,67	50,00	100,00	55,56	58,33
6	F	CE1	84	16	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00
7	F	CE1	88	22	100,00	66,67	41,67	100,00	100,00	91,67
8	F	CE2	104	23	100,00	100,00	25,00	100,00	100,00	100,00
9	M	CE2	107	25	100,00	77,78	0,00	100,00	100,00	91,67
10	F	CP	84	14	100,00	55,56	16,67	100,00	77,78	58,33
11	F	CE1	100	15	100,00	77,78	58,33	100,00	77,78	66,67
12	F	CE1	102	17	83,33	88,89	58,33	100,00	77,78	91,67
13	F	CE1	93	20	100,00	100,00	83,33	100,00	100,00	100,00
14	M	CP	93	18	66,67	33,33	50,00	83,33	88,89	100,00
16	M	CP	76	20	100,00	88,89	41,67	100,00	77,78	66,67
'Faible pourcentage de rappel'					1	1	3	2	5	2
'Pourcentage moyen de rappel'					13	10	9	12	9	12
'Pourcentage élevé de rappel'					0	3	2	0	0	0

Légende : Cellule en vert score de rappel au-dessous Moy - 1,65 écart-type et cellule en jaune score de rappel au-dessus de Moy + 1 écart-type

Les seuils utilisés qui équivalent à la moyenne moins 1,65 écart-type et à la moyenne plus un écart-type, sont également précisés dans ce tableau. Les trois profils distingués correspondent à un 'Faible pourcentage de rappel' (inférieur à la moyenne - 1,65 e-t des quarante-deux enfants entendants), à un 'Pourcentage moyen de rappel' et à un 'Pourcentage élevé de rappel' (supérieur à la moyenne + 1 e-t des quarante-deux enfants entendants).

Le nombre d'enfants sourds avec IC se situant dans le profil 'Faible pourcentage de rappel' est plus élevé pour la modalité verbale que pour la modalité visuo-spatiale (respectivement

cinq et neuf). Mais le nombre d'enfants sourds avec IC se situant dans le profil 'Pourcentage élevé de rappel' est plus élevé pour la modalité verbale que pour la modalité visuo-spatiale (respectivement cinq et zéro).

Dans la modalité verbale, un enfant sourd avec IC (14) se situe dans le profil 'Faible pourcentage de rappel' pour les séquences de deux et trois *items*. La séquence de quatre *items* est associée à une légère augmentation du nombre d'enfants sourds avec IC situés dans le profil 'Faible pourcentage de rappel'. Les trois enfants sourds situés dans ce profil ont des performances particulièrement faibles. Les treize autres enfants sourds se situent dans le profil 'Pourcentage moyen de rappel'. Trois enfants se situent dans le profil 'Pourcentage élevé de rappel' pour les séquences de trois *items* et parmi eux deux se maintiennent dans ce profil pour les séquences de quatre *items*. Ainsi, par rapport à la référence des quarante-deux enfants entendants utilisée dans cette analyse des profils, un seul enfant sourd avec IC se situe dans le profil 'Faible pourcentage de rappel'. Ce nombre augmente légèrement pour les séquences de 4 *items* (trois autres enfants).

Dans la modalité visuo-spatiale, le nombre d'enfants sourds avec IC relevant de ce profil 'Faible pourcentage de rappel' est légèrement plus élevé que pour la modalité verbale. Ce nombre est de deux enfants sourds avec IC pour les séquences de deux *items*, de cinq enfants sourds avec IC pour les séquences de trois *items* et de deux enfants sourds avec IC pour les séquences de quatre *items*. Cette évolution met en évidence la plus grande difficulté rencontrée par ces enfants sourds à mémoriser la localisation de points lorsque le nombre de points augmente et est de trois *items*. Cette particularité n'apparaît pas pour les séquences de quatre *items* pour lesquelles certains enfants entendants obtiennent également des performances plus faibles (pourcentage de rappel plus faible et écart-type plus élevé). Les autres enfants sourds se situent dans le profil 'Pourcentage moyen de rappel'.

Parmi les enfants qui se situent dans le profil 'Faible pourcentage de rappel' dans la modalité verbale ou visuo-spatiale, seuls deux enfants sourds appartiennent à ce profil pour l'une des séquences de la modalité verbale et l'une des séquences de la modalité visuo-spatiale.

.1.3.1.2 Examen des pourcentages individuels d'*items* rappelés selon la longueur de la séquence dans chacune des conditions des deux modalités

Les pourcentages d'*items* correctement rappelés par chacun des enfants sourds avec IC pour chacune des longueurs des séquences (2, 3 ou 4 *items*) dans chacune des conditions des deux modalités sont présentés dans le tableau 53.

Les seuils utilisés qui équivalent à la moyenne moins 1,65 écart-type et à la moyenne plus un écart-type, sont également précisés dans ce tableau. Les trois profils distingués correspondent à un 'Faible pourcentage de rappel' (inférieur à la moyenne -1,65 e-t des quarante-deux enfants entendants), à un 'Pourcentage moyen de rappel' et à un 'Pourcentage élevé de rappel' (supérieur à la moyenne + 1 e-t des quarante-deux enfants entendants).

Lorsque le profil de chaque enfant sourd avec IC est analysé pour chaque longueur des séquences dans chacune des conditions, il apparaît que le nombre cumulé de fois où les enfants sourds avec IC se situent dans le profil 'Faible pourcentage de rappel' est globalement plus élevé. Il est également plus élevé dans la modalité verbale que dans la modalité visuo-spatiale (respectivement cinquante-cinq et vingt-deux).

Tableau 53 : Seuils, pourcentages individuels d'*items* rappelés par chacun des 14 enfants sourds avec IC pour chaque longueur des séquences d'*items* dans chacune des conditions des deux modalités et profils de performances.

	Modalité verbale												Modalité visuo-spatiale											
	2 *items*				3 *items*				4 *items*				2 *items*				3 *items*				4 *items*			
E	**I**	**I+ S**	**I+ S+ LPC**	**S+ LPC**	**I**	**I+ S**	**I+ S+ LPC**	**S+ LPC**	**I**	**I+ S**	**I+ S+ LPC**	**S+ LPC**	**P**	**P+ S**	**P+ S+ LPC**	**S+LPC**	**P**	**P+ S**	**P+ S+ LPC**	**S+ LPC**	**P**	**P+ S**	**P+ S+ LPC**	**S+ LPC**
M	**96,4**	**99,2**	**98,4**	**99,6**	**75,1**	**89,7**	**90,7**	**90,7**	**56,1**	**58,9**	**60,3**	**62,1**	**98,4**	**97,6**	**95,2**	**93,6**	**94,7**	**93,9**	**86,0**	**92,9**	**88,3**	**84,1**	**79,8**	**84,1**
EC	9,4	5,1	6,2	2,6	17,7	16,2	13,7	13,6	23,8	26,2	27,2	25,4	4,9	8,7	11,8	15,2	9,3	12,6	15,7	12,2	15,1	18,3	17,2	22,4
<	80,9	90,7	88,2	95,4	46,0	63,0	68,2	68,2	16,9	15,7	15,4	20,2	90,2	83,3	75,8	68,6	79,4	73,2	60,0	72,7	63,4	53,9	51,4	47,2
>	105,8	104,3	104,6	102,2	92,8	105,8	104,4	104,4	79,9	85,1	87,5	87,5	103,4	106,3	107,0	108,8	104,0	106,5	101,7	105,1	103,4	102,4	96,9	106,5
1	100	100	66,7	100	55,6	11,1	11,1	66,7	8,3	16,7	16,7	0	100	100	100	100	100	100	100	77,8	91,7	75	83,3	58,3
2	100	100	100	100	55,6	33,3	55,6	100	50	33,3	25	8,3	100	100	100	100	100	100	100	88,9	100	83,3	100	83,3
3	100	100	83,3	100	77,8	33,3	100	44,4	66,7	75	66,7	25	50	100	100	100	88,9	88,9	77,8	77,8	91,7	66,7	91,7	25
4	100	83,3	66,7	66,7	66,7	77,8	77,8	11,1	50	25	8,3	0	100	100	100	83,3	55,6	55,6	66,7	77,8	58,3	50	25	8,3
6	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	83,3
7	100	100	100	100	66,7	100	55,6	100	41,7	83,3	58,3	83,3	100	100	100	100	100	100	88,9	100	91,7	83,3	83,3	91,7
8	100	100	100	100	100	88,9	55,6	100	25	16,7	16,7	66,7	100	100	100	100	100	100	100	77,8	100	100	100	75
9	100	83,3	100	100	77,8	55,6	44,4	55,6	0	8,3	8,3	16,7	100	83,3	100	100	100	100	100	100	91,7	100	100	100
10	100	100	100	66,7	55,6	44,4	33,3	22,2	16,7	0	16,7	0	100	100	100	100	77,8	100	88,9	77,8	58,3	83,3	58,3	66,7
11	100	83,3	66,7	33,3	77,8	55,6	55,6	44,4	58,3	16,7	16,7	0	100	100	66,7	100	77,8	33,3	22,2	66,7	66,7	58,3	16,7	66,7
12	83,3	100	100	100	88,9	100	77,8	100	58,3	33,3	25	33,3	100	100	100	100	77,8	88,9	100	88,9	91,7	100	91,7	83,3
13	100	100	100	100	100	100	100	100	83,3	83,3	83,3	91,7	100	100	100	100	100	100	88,9	100	100	100	100	100
14	66,7	83,3	83,3	100	33,3	77,8	44,4	66,7	50	0	8,3	0	83,3	100	100	83,3	88,9	100	100	88,9	100	91,7	100	75
16	100	100	83,3	83,3	88,9	100	33,3	66,7	41,7	25	25	50	100	100	100	100	77,8	88,9	100	55,6	66,7	50	50	75
F	1	4	6	4	1	6	9	8	3	3	3	7	2	0	1	0	5	2	1	2	2	2	3	2
M	11	10	8	10	10	8	5	6	9	10	10	5	12	14	13	14	9	12	13	12	12	12	5	12
E	0	0	0	0	3	0	0	0	2	1	1	2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	6	0

Légende : M : Moyenne ; EC : Ecart type ; < : Moy - 1,65 SD ; > : Moy + 1 SD. F : 'Faible pourcentage de rappel' ; M : 'Pourcentage moyen de rappel' ; E : 'Pourcentage moyen de rappel'.

Pour la modalité verbale, le nombre cumulé de fois où les enfants sourds avec IC se situent dans le profil 'Faible pourcentage de rappel' est de quinze pour les séquences de deux *items*, de vingt-quatre pour les séquences de trois *items*, et de seize pour les séquences de quatre *items*. **Pour la modalité visuo-spatiale**, ce nombre cumulé de fois où les enfants sourds avec IC se situent dans ce profil est de trois pour les séquences de deux *items*, de dix pour les séquences de trois *items*, et de neuf pour les séquences de quatre *items*. Ainsi, le nombre cumulé de fois où les enfants sourds appartiennent au profil 'Faible pourcentage de rappel' augmente entre deux et trois-quatre *items*. Ce nombre est plus élevé pour les séquences de trois *items*, en particulier pour la modalité verbale. Ce nombre diminue ensuite entre les séquences de trois et quatre *items*, et ceci de façon plus marquée pour la modalité verbale.

Pour la modalité verbale, le nombre cumulé de fois où les enfants sourds avec IC se situent dans le profil 'Faible pourcentage de rappel' augmente avec l'ajout du son (comparaison I-I+S) pour les séquences de deux *items* et trois *items*. Cette augmentation

n'apparaît pas pour les séquences de quatre *items* pour lesquelles ce nombre cumulé est plus élevé dans la condition I seule. L'ajout du codage LPC à l'image et au son (condition I+S+LPC) est également associé à une augmentation du nombre de fois où les enfants sourds avec IC se situent dans le profil 'Faible pourcentage de rappel' pour les séquences de deux et trois *items*. Enfin, le retrait de l'image et l'énonciation de l'image avec le codage LPC (S+PC) conduit à une augmentation de ce nombre de fois où les enfants appartiennent au profil 'Faible pourcentage de rappel' par rapport à la condition Image seule pour toutes les séquences (2, 3 et 4 *items*), celle-ci étant plus prononcée pour les séquences de trois et quatre *items*.

Pour la modalité visuo-spatiale, le nombre cumulé de fois où les enfants sourds avec IC se situent dans le profil 'Faible pourcentage de rappel' n'augmente pas avec l'ajout du son (comparaison P-P+S) pour toutes les séquences. De même, dans les conditions où le codage LPC est ajouté à l'image et au son (conditions P+S+LPC), ou est associé au son seul (S+LPC), le nombre cumulé de fois où les enfants sourds avec IC appartiennent au profil 'Faible pourcentage de rappel' est sensiblement le même.

L'examen simultané des profils dans les modalités verbale et visuo-spatiale indique que trois enfants sourds (4, 11, 16) se situent majoritairement dans le profil 'Faible pourcentage de rappel' en modalité verbale et en modalité visuo-spatiale.

.1.3.2 Erreurs d'omission et d'intrusion

Pour rappel, nous distinguons parmi les erreurs d'*item*, les erreurs d'omission et les erreurs d'intrusion. Tout *item* non rappelé, omis, est considéré comme une erreur d'omission et le rappel d'un *item* non présent dans la liste est considéré comme une erreur d'intrusion.

Nous procédons tout d'abord à une analyse individuelle des résultats pour la condition uni-modale puis pour toutes les conditions.

.1.3.2.1 Examen des erreurs individuelles d'omission et d'intrusion dans la condition *Item* seul en fonction de la modalité

Les nombres d'erreurs d'omission et d'intrusion produites par chaque enfant sourd avec IC, respectivement dans la modalité verbale et la modalité visuo-spatiale, sont présentés dans le tableau 54. Les seuils utilisés qui équivalent à la moyenne plus 1,65 écart-type et à la moyenne moins un écart-type, sont également précisés dans ce tableau. Les trois profils distingués correspondent à un 'Nombre élevé d'erreurs' (supérieur à la moyenne + 1,65 e-t

des quarante-deux enfants entendants), à un 'Nombre moyen d'erreurs' et à un 'Faible nombre d'erreurs' (inférieur à la moyenne – 1 e-t des quarante-deux enfants entendants).

Tableau 54 : Seuils, nombre d'erreurs pour chacun des 14 enfants sourds avec IC pour chaque type d'erreurs (Omission et Intrusion) pour les conditions *Item*s seuls en fonction de la modalité et profils de performances.

E	S	C	AR	NNAT	Modalité verbale		Modalité visuo-spatiale	
					Omission	Intrusion	Omission	Intrusion
Moyenne					**4,52**	**0,81**	**0,60**	**0,69**
Ecart type					2,79	0,89	1,17	0,95
Moy + 1,65 e-t					9,12	2,28	2,53	2,26
Moy - 1 e-t					1,74	-0,08	-0,57	-0,26
1	M	CE1	96	24	13	0	1	0
2	M	CE1	95	24	5	1	0	0
3	F	CP	87	13	5	0	5	0
4	F	CP	78	23	10	0	5	1
6	F	CE1	84	16	0	0	0	0
7	F	CE1	88	22	7	0	0	0
8	F	CE2	104	23	2	1	0	0
9	M	CE2	107	25	5	0	0	1
10	F	CP	84	14	14	0	3	0
11	F	CE1	100	15	7	0	2	0
12	F	CE1	102	17	5	1	0	3
13	F	CE1	93	20	0	0	0	0
14	M	CP	93	18	7	0	2	0
16	M	CP	76	20	6	1	3	0
'Nombre élevé d'erreurs'					3	0	4	1
'Nombre moyen d'erreurs'					9	14	10	13
'Faible nombre d'erreurs'					2	0	0	0

Légende : Cellule en vert score de rappel au-dessous Moy - 1,65 écart-type et cellule en jaune score de rappel au-dessus de Moy + 1 écart-type.

Pour la modalité verbale comme pour la modalité visuo-spatiale, l'analyse des profils dans les conditions *Items* seuls met en évidence que le nombre d'enfants sourds avec IC se situant dans le profil 'Nombre élevé d'erreurs' est plus élevé pour les erreurs d'omission que pour les erreurs d'intrusion. Le nombre d'enfants relevant de ce profil est de trois pour les omissions et zéro pour les intrusions dans la modalité verbale et de quatre *versus* un pour la modalité visuo-spatiale. Ainsi, il y a davantage d'enfants sourds avec IC qui se situent dans le profil 'Nombre élevé d'erreurs' pour les omissions que pour les intrusions en modalité verbale mais aussi en modalité visuo-spatiale. La plupart des enfants sourds avec IC se situent dans le profil 'Nombre moyen d'erreurs'.

Deux enfants se situent dans le profil 'Faible nombre d'erreurs' pour les erreurs d'omission dans les modalités verbale et visuo-spatiale. Les autres enfants sourds avec IC se situant dans ce profil ne le sont que pour l'une des deux modalités (quatre enfants).

.1.3.2.2 Examen des erreurs individuelles d'omission et d'intrusion dans chacune des conditions des deux modalités

Les nombres d'erreurs d'omission et d'intrusion produites par chaque enfant sourd avec IC, dans chacune des conditions des modalités verbale et visuo-spatiale, sont présentés dans le tableau 55. Les seuils utilisés qui équivalent à la moyenne plus 1,65 écart-type et à la moyenne moins un écart-type, sont également précisés dans ce tableau. Les trois profils distingués correspondent à un 'Nombre élevé d'erreurs' (supérieur à la moyenne +1,65 e-t des quarante-deux enfants entendants), à un 'Nombre moyen d'erreurs' et à un 'Faible nombre d'erreurs' (inférieur à la moyenne -1 e-t des quarante-deux enfants entendants).

Tableau 55 : Seuils, nombre d'erreurs pour chacun des 14 enfants sourds avec IC pour chaque type d'erreurs (Omission et Intrusion) pour chacune des conditions de chacune des modalités et profils de performances.

	Modalité verbale								Modalité visuo-spatiale							
	Omission				Intrusion				Omission				Intrusion			
E	I	I+ S	I+ S+ LPC	S+ LPC	I	I+ S	I+ S+ LPC	S+ LPC	P	P+ S	P+ S+ LPC	S+ LPC	P	P+ S	P+ S+ LPC	S+ LPC
M	4,52	2,64	2,83	2,62	0,81	0,36	0,45	0,33	0,60	0,93	1,10	1,21	0,69	0,26	0,93	0,71
EC	2,79	2,29	2,62	2,57	0,89	0,69	0,71	0,61	1,17	1,73	1,76	1,88	0,95	0,54	1,35	1,15
>	9,12	6,43	7,16	6,85	2,28	1,50	1,62	1,34	2,53	3,78	4,01	4,32	2,26	1,16	3,16	2,62
<	1,74	0,35	0,21	0,05	-0,08	-0,34	-0,25	-0,28	-0,57	-0,80	-0,67	-0,67	-0,26	-0,28	-0,42	-0,44
1	13	10	11	4	0	0	0	1	1	0	0	0	0	0	0	2
2	5	4	4	4	1	1	1	0	0	0	0	0	0	1	0	1
3	5	4	2	4	0	1	0	0	5	1	1	3	0	1	0	2
4	10	11	13	21	0	0	1	0	5	9	3	6	1	0	6	5
6	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
7	7	3	6	1	0	0	2	1	0	1	2	0	0	1	0	1
8	2	5	6	1	1	0	0	1	0	0	0	2	0	0	0	1
9	5	8	3	5	0	2	4	1	0	0	0	0	1	1	0	0
10	14	17	13	18	0	0	1	1	3	0	1	2	0	0	5	2
11	7	15	12	18	0	0	0	0	2	2	4	1	0	0	0	0
12	5	6	10	6	1	0	0	2	0	0	1	2	3	1	0	1
13	0	0	2	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	1	0
14	7	7	8	7	0	0	0	0	2	1	0	5	0	0	0	0
16	6	7	14	9	1	0	0	1	3	4	6	5	0	4	0	1
E	3	7	7	5	0	1	2	1	4	2	1	3	1	1	2	1
M	9	2	1	7	14	13	12	13	10	12	13	11	13	13	12	13
F	2	5	6	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0

Légende : M : Moyenne ; EC : Ecart type ; < : Moy + 1,65 SD ; > : - 1 SD. E : 'Nombre élevé d'erreurs' ; M : 'Nombre moyen d'erreurs' ; E : 'Faible nombre d'erreurs' ; cellule en vert score de rappel au-dessous Moy - 1,65 écart-type et cellule en jaune score de rappel au-dessus de Moy + 1 écart-type.

Dans la modalité verbale, le nombre cumulé de fois où les enfants sourds avec IC se situent dans le profil 'Nombre élevé d'erreurs' est plus élevé pour les erreurs d'omission que pour les erreurs d'intrusion (respectivement vingt-deux et quatre). Il en est de même, **dans la modalité visuo-spatiale**, pour laquelle le nombre cumulé de fois où les enfants sourds avec IC se situent dans le profil 'Nombre élevé d'erreurs' est supérieur pour les erreurs d'omission par rapport aux erreurs d'intrusion (respectivement dix et cinq). Notons également, que le nombre cumulé de fois où les enfants sourds avec IC se situent dans le profil 'Faible nombre d'erreurs' est important pour les erreurs d'omission dans la modalité verbale.

Dans la modalité verbale, le nombre de fois où les enfants sourds avec IC se situent dans le profil 'Nombre élevé d'erreurs' pour les erreurs d'omission augmente lorsque le son ou le son et codage LPC sont ajoutés à l'image (sept enfants dans les conditions I+S et I+S+LPC). Cette augmentation du nombre d'enfants sourds relevant de ce profil apparaît également mais de façon moins prononcée dans la condition S+LPC dans laquelle l'image n'apparaît pas et le codage LPC est présent. Cette variation inter-condition apparaît également pour les enfants qui se situent dans le profil 'Faible nombre d'erreurs'. Dans ce cas, ce nombre de fois où les enfants relèvent de ce profil augmente lorsque le son ou bien le son et le code LPC sont ajoutés. Pour les erreurs d'intrusion, le nombre d'enfants appartenant à ce profil est trop réduit pour apprécier les différences entre conditions. Ainsi, l'analyse du nombre de fois où les enfants sourds appartiennent aux profils 'Nombre élevé d'erreurs' et 'Faible nombre d'erreurs', indique que l'ajout du son à l'image peut être associé à une augmentation ou à une diminution des erreurs d'omission selon l'enfant. De même, lorsque le codage LPC est ajouté à l'image et au son.

Dans la modalité visuo-spatiale, le nombre de fois où les enfants sourds avec IC se situent dans le profil 'Nombre élevé d'erreurs' varie peu pour les erreurs d'omission (entre une et quatre fois). Ce nombre de fois où les enfants sourds avec IC se situent dans le profil 'Nombre élevé d'erreurs' est plus important pour la condition dans laquelle les points sont présentés seuls (quatre fois) et la condition dans laquelle les points ne sont pas présentés visuellement mais leur localisation énoncée et codée en LPC (S+LPC). La variation inter-conditions est encore moins importante pour les erreurs d'intrusion (une à deux fois).

Seuls deux enfants sourds avec IC qui se situent dans le profil 'Nombre élevé d'erreurs' pour les erreurs d'omission pour la plupart des conditions, dans la modalité verbale, se situent dans ce profil pour ces mêmes erreurs pour la plupart des conditions de modalité visuo-spatiale. Ces deux enfants (11 et 14) n'ont commis aucune erreur d'intrusion mais ont commis de nombreuses omissions dans les deux modalités.

.1.4 Synthèses des analyses des profils

Dans cette partie, nous reprenons les principaux résultats de ces analyses des profils dans différents tableaux de synthèse.

.1.4.1 Nombre d'enfants sourds se situant dans le profil le plus faible

Cette présentation porte, tout d'abord sur la condition uni-modale puis sur toutes les conditions.

.1.4.1.1 Dans les conditions uni-modales *Items* seuls

L'analyse des profils individuels réalisée sur les conditions *Item*s seuls révèle qu'un faible nombre d'enfants sourds avec IC se situe dans le profil de performances le plus faible. Quatre à cinq enfants au maximum, selon la variable considérée, sont classés dans ce profil.

Le tableau synoptique 56 rappelle le nombre d'enfants situés dans ce profil de performances le plus faible pour chacune des variables considérées.

Pour le nombre d'*item*s rappelés, le nombre d'enfants sourds avec IC se situant dans le profil 'Faible performance de rappel' est équivalent dans les modalités verbale et visuo-spatiale. Le nombre d'enfants appartenant à ce profil est en revanche plus élevé dans la modalité visuo-spatiale pour les erreurs d'ordre. Par ailleurs, l'augmentation de la longueur de la séquence est associée à une augmentation du nombre d'enfants sourds appartenant à ce profil. Le nombre d'enfants augmente pour les séquences de quatre *items* dans la modalité verbale et pour les séquences de trois *items* dans la modalité visuo-spatiale. Ce décalage peut être mis en relation avec le fait que les performances chutent plus fortement dans la modalité verbale chez les enfants entendants pour les séquences de quatre *items*. En ce qui concerne la nature des erreurs, le nombre d'enfants sourds avec IC se situant dans ce profil 'Faible performance de rappel' est plus élevé pour les omissions que pour les intrusions, ceci quelle que soit la modalité.

La comparaison entre les modalités verbale et visuo-spatiale montre dans l'ensemble que le nombre d'enfants sourds avec IC se situant dans le profil de performances le plus faible n'est pas plus fréquent en modalité verbale par rapport à la modalité visuo-spatiale. Une tendance inverse est même observée pour certaines variables considérées (par exemple erreurs d'ordre, omission, intrusion).

L'analyse du nombre d'enfants se situant dans le profil le plus élevé de performance varie de deux à cinq enfants. Cette analyse est toutefois influencée par les scores très hauts, correspondant parfois à un effet plafond, pour les enfants entendants ainsi qu'aux faibles écarts-types.

Tableau 56 : Tableau synoptique du nombre d'enfants sourds avec IC (N=14) dans chacun des profils selon la variable considérée (nombre d'*item*s rappelés, erreurs d'*item* ou d'ordre, longueur des séquences, erreurs d'omission et d'ordre) et la modalité, dans les conditions *Item*s seuls.

Nombre d'*item*s rappelés				
		'Faible performance de rappel'	'Performance moyenne de rappel'	'Performance élevée de rappel'
Modalité verbale		4	8	2
Modalité visuo-spatiale		4	5	5
Diff VS-V		0	9	5
Erreurs d'*item* et d'ordre				
		'Nombre élevé d'erreurs'	'Nombre moyen d'erreurs'	'Faible nombre d'erreurs'
Modalité verbale	*Item*	2	10	2
	Ordre	2	12	0
Modalité visuo-spatiale	*Item*	2	12	0
	Ordre	4	10	0
Longueur des séquences d'*item*s				
		'Faible pourcentage de rappel'	'Pourcentage moyen de rappel'	'Pourcentage élevé de rappel'
Modalité verbale	2 *item*s	1	13	0
	3 *item*s	1	10	3
	4 *item*s	3	9	2
Modalité visuo-spatiale	2 *item*s	2	12	0
	3 *item*s	5	9	0
	4 *item*s	2	12	0
Erreurs d'omission et d'intrusion				
		'Nombre élevé d'erreurs'	'Nombre moyen d'erreurs'	'Faible nombre d'erreurs'
Modalité verbale	Omission	3	9	2
	Intrusion	0	14	0
Modalité visuo-spatiale	Omission	4	10	0
	Intrusion	1	13	0

.1.4.1.2 Dans les conditions uni-modales et multimodales

Lorsque les profils individuels des enfants sont analysés dans les conditions uni-modales et multimodales, le nombre d'enfants sourds avec IC se situant dans le profil de performances le plus faible augmente. De zéro à neuf enfants, selon la condition et la variable considérée, sont classés dans ce profil.

Le tableau 57 reprend le nombre d'enfants sourds avec IC se situant dans ce profil le plus faible de performances dans les conditions uni-modales I/P et dans les conditions multimodales I/P+S, I/P+S+LPC et S+LPC afin d'étudier l'impact de l'ajout du son, du son et du codage LPC par rapport à la condition *Items* seuls, ainsi que l'impact du retrait de la présentation visuelle de l'*item* et de l'utilisation de l'énonciation et du codage LPC de l'*item*. Deux tableaux en annexe 10 présentent le nombre d'enfants sourds avec IC se situant dans le profil le plus faible de performances dans toutes les conditions.

Tableau 57 : Tableau synoptique du nombre d'enfants sourds avec IC situés dans le profil de performances le plus faible en fonction de la condition de présentation des *item*s et de la modalité pour chacune des variables considérées.

	Nombre d'*item*s rappelés	Détérioration	Erreurs d'*item* / d'ordre	Longueur des séquences	Erreurs d'omission / intrusion
Effet de l'ajout du son à la présentation visuelle de l'*item*	V : (4-6) * VS : (4-2)	V : 3 VS : 0	V : (2-5)/ (2-2) VS : (2-2)/ (4-2)	V : (1-4 ; 1-6 ; 3-3) VS : (2-0 ; 5-2 ; 2-2)	V : (3-7)/ (0-1) VS : (4-2)/ (1-1)
Effet de l'ajout du son et du codage LPC à la présentation visuelle de l'*item*	V : (4-9) VS : (4-2)	V : 5 VS : 1	V : (2-8)/ (2-2) VS : (2-3)/ (4-1)	V : (1-6 ; 1-9 ; 3-3) VS : (2-1 ; 5-1 ; 2-3)	V : (3-7)/ (0-2) VS : (4-1)/ (1-2)
Effet du retrait de la présentation visuelle de l'*item* et de l'énonciation et du codage LPC de l'*item*	V : (4-7) VS : (4-2)	V : 4 VS : 1	V : (2-5)/ (2-5) VS : (2-2)/ (4-3)	V : (1-4 ; 1-8 ; 3-7) VS : (2-0 ; 5-2 ; 2-2)	V : (3-5)/ (0-1) VS : (4-3)/ (1-1)

* Lire 4 enfants en 'I seules' et 6 enfants en 'I+Son'.

L'ajout du son à la présentation visuelle de l'*item* est associé à une augmentation du nombre d'enfants sourds avec IC se situant dans le profil le plus faible de performances pour la modalité verbale (à l'exception des séquences de quatre *item*s pour lesquelles ce nombre est identique dans les conditions I et I+S). Cette augmentation n'apparaît pas pour la modalité visuo-spatiale.

L'ajout du son et du codage LPC à la présentation visuelle de l'*item* est associé à une augmentation du nombre d'enfants sourds avec IC se situant dans le profil le plus faible de performances pour la modalité verbale (à l'exception des *item*s d'ordre et des séquences de quatre *item*s pour lesquelles ce nombre est identique dans les conditions I et I+S). Cette augmentation n'apparaît pas pour la modalité visuo-spatiale, le nombre d'enfants sourds avec IC se situant dans le profil le plus faible tend au contraire à diminuer (à l'exception des erreurs d'*item*, des séquences de quatre *item*s et des erreurs d'intrusion).

Le retrait de la présentation visuelle des *item*s et leur présentation orale combiné au codage LPC est également associé à une augmentation du nombre d'enfants sourds avec IC se situant dans le profil le plus faible de performances pour la modalité verbale. Cette augmentation n'apparaît pas pour la modalité visuo-spatiale, le nombre d'enfants sourds avec IC se situant dans le profil le plus faible tend au contraire à diminuer (à l'exception des erreurs d'*item*, des séquences de 4 *item*s et des erreurs d'intrusion).

Ainsi, en termes d'évolution du nombre d'enfants sourds avec IC se situant dans le profil le plus faible de performances, les conditions multimodales sont associées à une augmentation du nombre d'enfants dont les performances sont inférieures au seuil de la moyenne -1,65 écart-type des quarante-deux enfants entendants dans la modalité verbale. Pour les enfants

sourds avec IC concernés, la présence du son ou du codage LPC ne conduit pas à un gain mais à une détérioration dans le rappel surtout dans la modalité verbale.

.1.4.2 Profil général des enfants se situant dans le profil le plus faible

Dans cette dernière analyse des performances individuelles, nous avons catégorisé les enfants dans six nouveaux profils croisant le niveau de performance (faible, moyen et élevé par rapport aux enfants entendants) avec la modalité (verbale et/ou visuo-spatiale). Ces profils sont :

1 : profil faible modalité verbale,
2 : profil faible modalité verbale et visuo-spatiale,
3 : profil faible modalité visuo-spatiale,
4 : profil moyen,
5 : profil élevé en visuo-spatial,
6 : profil élevé en modalité verbale et visuo-spatiale.

Cette classification est présentée pour chaque indicateur considéré dans les tableaux suivants.

Nous évoquerons le nombre d'enfants dans chacun de ces profils et examinerons leurs caractéristiques. Pour chaque tableau les profils établis à partir du nombre d'*items* rappelés seront mis en relation avec les autres indicateurs : gain ou détérioration du nombre d'items correctement rappelés ; erreurs d'*items* et d'ordre ; longueur des séquences d'*items* ; erreurs d'omission et d'intrusion.

Pour ce premier tableau (Tableau 58), les profils établis seront, tout d'abord, discutés en lien avec l'âge d'implantation et le mode de communication puis avec le gain ou la détérioration du nombre d'items correctement rappelés.

Tableau 58 : Tableau synoptique du profil de chacun des enfants sourds avec IC dans chacun des profils selon les variable considérées (nombre d'items rappelés et gain ou détérioration) la modalité, dans chacune des conditions de présentation des items.

Nombre d'items rappelés

PROFILS		1	1	1	2	3	3	3	4	4	5	5	5	6	6
Enfant		1	9	14	10	4	11	16	3	12	2	7	8	6	13
Sexe		M	M	M	F	F	F	M	F	F	M	F	F	F	F
Classe		CE1	CE2	CP	CP	CP	CE1	CP	CP	CE1	CE1	CE1	CE2	CE1	CE1
A REEL		96	107	93	84	78	100	76	87	102	95	88	104	84	93
NNAT/38		24	25	18	14	23	15	20	13	17	24	22	23	16	20
Modalité verbale		12	13	13	13	14	20	19	21	20	17	17	18	27	25
Modalité visuo-spatiale		26	26	25	19	18	21	21	22	24	27	27	27	27	27
Diff VS-V		14	13	12	6	4	1	2	1	4	10	10	9	0	2
Enfant		1	9	14	10	4	11	16	3	12	2	7	8	6	13
Modalité verbale	I	12	13	13	13	14	20	19	21	20	17	17	18	27	25
	I+S	9	11	12	10	15	12	18	17	19	13	24	16	27	25
	I+S+LPC	7	11	10	11	12	11	11	22	16	14	18	12	27	20
	S+LPC	13	13	12	6	5	6	17	13	19	16	25	23	27	26
Modalité visuo-spatiale	P	26	26	25	19	18	21	21	22	24	27	27	27	27	27
	P+S	22	26	26	25	16	19	20	22	26	26	25	27	27	27
	P+S+LPC	25	27	27	21	15	8	21	24	26	27	23	27	27	26
	S+LPC	20	27	22	21	13	20	20	15	24	24	26	22	25	27

Gain ou détérioration du nombre d'items correctement rappelés

PROFILS		1	1	1	2	3	3	3	4	4	5	5	5	6	6
Enfant		1	9	14	10	4	11	16	3	12	2	7	8	6	13
Modalité verbale	a/ I - I+S	-3	-2	-1	-3	1	-8	-1	-4	-1	-4	7	-2	0	0
	b/ I - I+S+LPC	-5	-2	-3	-2	-2	-9	-8	1	-4	-3	1	-6	0	-5
	c/ I - S+LPC	1	0	-1	-7	-9	-14	-2	-8	-1	-1	8	5	0	1
	d/ I+S - I+S+LPC	-2	0	-2	1	-3	-1	-7	5	-3	1	-6	-4	0	-5
	e/ I+S - S+LPC	4	2	0	-4	-10	-6	-1	-4	0	3	1	7	0	1
	f/ I+S+LPC - S+LPC	6	2	2	-5	-7	-5	6	-9	3	2	7	11	0	6
Modalité visuo-spatiale	a/ P – P+S	-4	0	1	6	-2	-2	-1	0	2	-1	-2	0	0	0
	b/ P – P+S+LPC	-1	1	2	2	-3	-13	0	2	2	0	-4	0	0	-1
	c/ P – S+LPC	-6	1	-3	2	-5	-1	-1	-7	0	-3	-1	-5	-2	0
	d/ P+S - P+S+LPC	3	1	1	-4	-1	-11	1	2	0	1	-2	0	0	-1
	e P+S - S+LPC	-2	1	-4	-4	-3	1	0	-7	-2	-2	1	-5	-2	0
	f/ P+S+LPC - S+LPC	-5	0	-5	0	-2	12	-1	-9	-2	-3	3	-5	-2	1

Parmi les enfants sourds, trois appartiennent au **profil 1**, c'est-à-dire au profil faible dans la modalité verbale. Deux (9 et 14) sur trois de ces enfants ont bénéficié d'une implantation tardive et ont une meilleure perception du langage oral avec le codage LPC. Ils sont tous les deux intelligibles pour un auditeur qui prête attention et qui utilise la lecture labiale. L'enfant 9 utilise un mode de communication oral et a deux implants (OD et OG) alors que l'enfant 14 utilise un mode de communication total (Oral +LSF). Le troisième enfant (1) appartenant à ce profil a été implanté tôt (à 26 mois) et a un mode de communication oral. Sa perception du langage oral est la même avec ou sans la LPC. Sa parole est intelligible et comprise par

tous. Nous remarquons qu'à l'intérieur de ce même profil nous retrouvons des enfants avec des caractéristiques très différentes.

Un seul enfant relève du **profil 2**, faible en modalité verbale et visuo-spatiale. Cet enfant (10) privilégie un mode de communication total (Oral +LSF) malgré une implantation assez précoce (29 mois). D'après les résultats du Termo, sa perception du langage oral est la même avec ou sans la LPC. Nous notons également que l'intelligibilité de sa parole est mauvaise (quelques mots sont intelligibles).

Trois enfants (4, 11, 16) se situent dans le **profil 3**, faible en modalité visuo-spatiale. Deux des enfants (4 et 16) ont bénéficié d'une implantation très précoce (avant 2 ans) et sont dans la communication orale. Ils sont intelligibles. L'enfant 11 a reçu un implant tardivement et utilise un mode de communication total. Son discours oral est peu intelligible. Pour ces trois enfants, la réception du langage oral est moins bonne avec la LPC comparativement à la réception du langage oral plus la lecture labiale (ce sont les seuls enfants du groupe des sourds qui présentent cette particularité). Des aptitudes dans le domaine visuo-spatial pourraient être nécessaires pour une bonne utilisation de la LPC. Nous trouvons dans ce profil des enfants implantés très tôt ou tard.

Deux enfants (3, 12) se retrouvent dans le **profil 4**, 'profil moyen'. L'enfant 3 a profité d'une implantation très précoce contrairement à l'enfant 12. Le premier possède un mode de communication oral et est intelligible alors que le deuxième utilise une communication totale et son langage est très peu intelligible.

Nous remarquons que dans les **profils élevés 5 et 6** n'apparaissent plus d'enfants implantés tardivement, les modes de communication utilisés sont tous oraux et tous les enfants sont intelligibles et compréhensibles. Les trois enfants (2, 7, 8) appartenant au **profil 5** (profil élevé en modalité visuo-spatiale) ont des résultats au Termo qui montrent une amélioration du langage oral perçu avec le codage LPC comparé à une perception sans codage LPC, c'est-à-dire que la LPC est efficace. Les deux enfants (6 et 13) ayant un profil élevé en modalité verbale et visuo-spatiale ont une bonne réception du langage oral avec ou sans codage LPC. Ils n'en ont peut-être plus (pas) l'utilité et inhibent cette information.

Dans ce deuxième tableau (Tableau 59), les profils établis sont discutés en lien avec les erreurs d'*item* ou d'ordre.

Nous remarquons que les enfants (1, 9, 14) appartenant au **profil 1** ' faible en V' font très peu d'erreurs d'*item* et d'ordre en modalité visuo-spatiale.

Nous observons également, dans la modalité verbale, que les enfants (10, 4, 11, 16) appartenant au **profil 2** 'faible en V et VS' et au **profil 3** 'faible en VS' produisent peu d'erreurs d'ordre par rapport à leurs erreurs d'*item* qui sont nombreuses.

Par ailleurs, un enfant (13) appartenant au **profil 6** 'élevé en V et VS' a produit essentiellement des erreurs d'ordre dans la modalité verbale et plus particulièrement dans la condition I+Son+LPC'. Malgré une bonne réception du langage oral avec ou sans la LPC (d'après les résultats du TERMO), elle a, peut-être, eu plus de mal à retenir l'ordre du fait de la gestion de plusieurs informations à traiter.

Tableau 59 : Tableau synoptique du profil de chacun des enfants sourds avec IC dans chacun des profils selon les variable considérées (nombre d'items rappelés, erreurs d'*item* ou d'ordre) et la modalité, dans chacune des conditions de présentation des items.

Nombre d'items rappelés

PROFILS		1	1	1	2	3	3	3	4	4	5	5	5	6	6
Enfant		1	9	14	10	4	11	16	3	12	2	7	8	6	13
Sexe		M	M	M	F	F	F	M	F	F	M	F	F	F	F
Classe		CE1	CE2	CP	CP	CP	CE1	CP	CP	CE1	CE1	CE1	CE2	CE1	CE1
A REEL		96	107	93	84	78	100	76	87	102	95	88	104	84	93
NNAT/38		24	25	18	14	23	15	20	13	17	24	22	23	16	20
Modalité verbale		12	13	13	13	14	20	19	21	20	17	17	18	27	25
Modalité visuo-spatiale		26	26	25	19	18	21	21	22	24	27	27	27	27	27
Diff VS-V		14	13	12	6	4	1	2	1	4	10	10	9	0	2
Enfant		1	9	14	10	4	11	16	3	12	2	7	8	6	13
Modalité verbale	I	12	13	13	13	14	20	19	21	20	17	17	18	27	25
	I+S	9	11	12	10	15	12	18	17	19	13	24	16	27	25
	I+S+LPC	7	11	10	11	12	11	11	22	16	14	18	12	27	20
	S+LPC	13	13	12	6	5	6	17	13	19	16	25	23	27	26
Modalité visuo-spatiale	P	26	26	25	19	18	21	21	22	24	27	27	27	27	27
	P+S	22	26	26	25	16	19	20	22	26	26	25	27	27	27
	P+S+LPC	25	27	27	21	15	8	21	24	26	27	23	27	27	26
	S+LPC	20	27	22	21	13	20	20	15	24	24	26	22	25	27

Erreurs d'item et d'ordre

PROFILS		1	1	1	2	3	3	3	4	4	5	5	5	6	6
Enfant		1	9	14	10	4	11	16	3	12	2	7	8	6	13
Modalité verbale	Item	13	5	7	14	10	7	7	5	6	6	7	3	0	0
	Ordre	1	9	7	0	3	0	1	1	1	4	3	6	0	2
Modalité visuo-spatiale	Item	1	1	2	3	6	2	3	5	3	0	0	0	0	0
	Ordre	0	0	0	5	3	6	3	0	0	0	0	0	0	0
Enfant		1	9	14	10	4	11	16	3	12	2	7	8	6	13
Item	I	13	5	7	14	10	7	7	5	6	6	7	3	0	0
	I+S	10	10	7	17	11	15	7	5	6	5	3	5	0	0
	I+S+LPC	11	7	8	14	14	12	14	2	10	5	8	6	0	2
	S+LPC	5	6	7	19	21	18	10	4	8	4	2	2	0	1
Ordre	I	1	9	7	0	3	0	1	1	1	4	3	6	0	2
	I+S	8	6	8	0	1	0	2	5	2	4	0	6	0	2
	I+S+LPC	9	9	9	2	1	4	2	3	1	8	1	7	0	5
	S+LPC	9	8	8	2	1	3	0	10	0	7	0	2	0	0
Item	P	1	1	2	3	6	2	3	5	3	0	0	0	0	0
	P+S	0	1	1	0	9	2	6	2	1	1	2	0	0	0
	P+S+LPC	0	0	0	6	9	4	6	1	1	0	2	0	0	1
	S+LPC	2	0	5	4	11	1	6	5	3	1	1	3	0	0
Ordre	P	0	0	0	5	3	6	3	0	0	0	0	0	0	0
	P+S	5	0	0	2	2	6	1	3	0	0	0	0	0	0
	P+S+LPC	2	0	0	0	3	15	0	2	0	0	2	0	0	0
	S+LPC	5	0	0	2	3	6	1	7	0	2	0	2	2	0

Dans ce troisième tableau (Tableau 60), les profils établis sont discutés en lien avec la longueur des séquences.

Tableau 60 : Tableau synoptique du profil de chacun des enfants sourds avec IC dans chacun des profils selon les variable considérées (nombre d'items rappelés, longueur des séquences) et la modalité, dans chacune des conditions de présentation des items.

Nombre d'items rappelés

PROFILS		1	1	1	2	3	3	3	4	4	5	5	5	6	6
Enfant		1	9	14	10	4	11	16	3	12	2	7	8	6	13
Sexe		M	M	M	F	F	F	M	F	F	M	F	F	F	F
Classe		CE1	CE2	CP	CP	CP	CE1	CP	CP	CE1	CE1	CE1	CE2	CE1	CE1
A REEL		96	107	93	84	78	100	76	87	102	95	88	104	84	93
NNAT/38		24	25	18	14	23	15	20	13	17	24	22	23	16	20
Modalité verbale		12	13	13	13	14	20	19	21	20	17	17	18	27	25
Modalité visuo-spatiale		26	26	25	19	18	21	21	22	24	27	27	27	27	27
Diff VS-V		14	13	12	6	4	1	2	1	4	10	10	9	0	2
Enfant		1	9	14	10	4	11	16	3	12	2	7	8	6	13
Modalité verbale	I	12	13	13	13	14	20	19	21	20	17	17	18	27	25
	I+S	9	11	12	10	15	12	18	17	19	13	24	16	27	25
	I+S+LPC	7	11	10	11	12	11	11	22	16	14	18	12	27	20
	S+LPC	13	13	12	6	5	6	17	13	19	16	25	23	27	26
Modalité visuo-spatiale	P	26	26	25	19	18	21	21	22	24	27	27	27	27	27
	P+S	22	26	26	25	16	19	20	22	26	26	25	27	27	27
	P+S+LPC	25	27	27	21	15	8	21	24	26	27	23	27	27	26
	S+LPC	20	27	22	21	13	20	20	15	24	24	26	22	25	27

Longueur des séquences d'items

PROFILS			1	1	1	2	3	3	3	4	4	5	5	5	6	6
Enfant			1	9	14	10	4	11	16	3	12	2	7	8	6	13
Modalité verbale		2 items	100	100	66,67	100	100	100	100	100	83,33	100	100	100	100	100
		3 items	55,56	77,78	33,33	55,56	66,67	77,78	88,89	77,78	88,89	55,56	66,67	100	100	100
		4 items	8,33	0	50	16,67	50	58,33	41,67	66,67	58,33	50	41,67	25	100	83,33
Modalité visuo-spatiale		2 items	100	100	83,33	100	100	100	100	50	100	100	100	100	100	100
		3 items	100	100	88,89	77,78	55,56	77,78	77,78	88,89	77,78	100	100	100	100	100
		4 items	91,67	91,67	100	58,33	58,33	66,67	66,67	91,67	91,67	100	91,67	100	100	100
Enfant			1	9	14	10	4	11	16	3	12	2	7	8	6	13
Modalité verbale	**2 items**	I	100	100	66,7	100	100	100	100	100	83,3	100	100	100	100	100
		I+S	100	83,3	83,3	100	83,3	83,3	100	100	100	100	100	100	100	100
		I+S+LPC	66,7	100	83,3	100	66,7	66,7	83,3	83,3	100	100	100	100	100	100
		S+LPC	100	100	100	66,7	66,7	33,3	83,3	100	100	100	100	100	100	100
	3 items	I	55,6	77,8	33,3	55,6	66,7	77,8	88,9	77,8	88,9	55,6	66,7	100	100	100
		I+S	11,1	55,6	77,8	44,4	77,8	55,6	100	33,3	100	33,3	100	88,9	100	100
		I+S+LPC	11,1	44,4	44,4	33,3	77,8	55,6	33,3	100	77,8	55,6	55,6	55,6	100	100
		S+LPC	66,7	55,6	66,7	22,2	11,1	44,4	66,7	44,4	100	100	100	100	100	100
	4 items	I	8,3	0	50	16,7	50	58,3	41,7	66,7	58,3	50	41,7	25	100	83,3
		I+S	16,7	8,3	0	0	25	16,7	25	75	33,3	33,3	83,3	16,7	100	83,3
		I+S+LPC	16,7	8,3	8,3	16,7	8,3	16,7	25	66,7	25	25	58,3	16,7	100	83,3
		S+LPC	0	16,7	0	0	0	0	50	25	33,3	8,3	83,3	66,7	100	91,7
Modalité visuo-spatiale	**2 items**	P	100	100	83,3	100	100	100	100	50	100	100	100	100	100	100
		P+S	100	83,3	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100
		P+S+LPC	100	100	100	100	100	66,7	100	100	100	100	100	100	100	100
		S+LPC	100	100	83,3	100	83,3	100	100	100	100	100	100	100	100	100
	3 items	P	100	100	88,9	77,8	55,6	77,8	77,8	88,9	77,8	100	100	100	100	100
		P+S	100	100	100	100	55,6	33,3	88,9	88,9	88,9	100	100	100	100	100
		P+S+LPC	100	100	100	88,9	66,7	22,2	100	77,8	100	100	88,9	100	100	88,9
		S+LPC	77,8	100	88,9	77,8	77,8	66,7	55,6	77,8	88,9	88,9	100	77,8	100	100
	4 items	P	91,7	91,7	100	58,3	58,3	66,7	66,7	91,7	91,7	100	91,7	100	100	100
		P+S	75	100	91,7	83,3	50	58,3	50	66,7	100	83,3	83,3	100	100	100
		P+S+LPC	83,3	100	100	58,3	25	16,7	50	91,7	91,7	100	83,3	100	100	100
		S+LPC	58,3	100	75	66,7	8,3	66,7	75	25	83,3	83,3	91,7	75	83,3	100

Il est intéressant de noter qu'onze enfants sourds IC sur quatorze ne se retrouvent pas en difficulté pour mémoriser deux *items* dans la modalité visuo-spatiale et quels que soient les conditions et leurs profils.

Nous remarquons également que douze enfants sourds IC sur quatorze rappellent sans difficulté deux *items* dans la modalité verbale et pour la condition 'I seules', indépendamment des profils dans lesquels ils se situent. Cependant, les performances des enfants (1, 9, 14, 10) des **profils 1 et 2** chutent dès 2 *items* dans les autres conditions en modalité verbale mais ils obtiennent de bonnes performances dans la modalité visuo-spatiale. En revanche, les enfants du **profil 3** ont des rappels plus faibles dès 3 *items* dans la modalité visuo-spatiale.

Dans ce quatrième tableau (Tableau 61), les profils établis sont discutés en lien avec les erreurs d'omission et d'intrusion.

Nous observons, dans la modalité verbale, que les enfants (4, 11, 16) du **profil 3** 'faible en VS' commettent beaucoup plus d'erreurs d'omission que d'erreurs d'intrusion quelles que soient les conditions. Nous remarquons, également, que les enfants 4 et 16 de ce même **profil 3** produisent de nombreuses erreurs d'omission dans la modalité visuo-spatiale par rapport aux erreurs d'intrusions.

Tableau 61 : Tableau synoptique du profil de chacun des enfants sourds avec IC dans chacun des profils selon les variable considérées (nombre d'items rappelés, erreurs d'omission et d'intrusion) et la modalité, dans chacune des conditions de présentation des items.

Nombre d'items rappelés

PROFILS		1	1	1	2	3	3	3	4	4	5	5	5	6	6
Enfant		1	9	14	10	4	11	16	3	12	2	7	8	6	13
Sexe		M	M	M	F	F	F	M	F	F	M	F	F	F	F
Classe		CE1	CE2	CP	CP	CP	CE1	CP	CP	CE1	CE1	CE1	CE2	CE1	CE1
A REEL		96	107	93	84	78	100	76	87	102	95	88	104	84	93
NNAT/38		24	25	18	14	23	15	20	13	17	24	22	23	16	20
Modalité verbale		12	13	13	13	14	20	19	21	20	17	17	18	27	25
Modalité visuo-spatiale		26	26	25	19	18	21	21	22	24	27	27	27	27	27
Diff VS-V		14	13	12	6	4	1	2	1	4	10	10	9	0	2
Enfant		1	9	14	10	4	11	16	3	12	2	7	8	6	13
Modalité verbale	I	12	13	13	13	14	20	19	21	20	17	17	18	27	25
	I+S	9	11	12	10	15	12	18	17	19	13	24	16	27	25
	I+S+LPC	7	11	10	11	12	11	11	22	16	14	18	12	27	20
	S+LPC	13	13	12	6	5	6	17	13	19	16	25	23	27	26
Modalité visuo-spatiale	P	26	26	25	19	18	21	21	22	24	27	27	27	27	27
	P+S	22	26	26	25	16	19	20	22	26	26	25	27	27	27
	P+S+LPC	25	27	27	21	15	8	21	24	26	27	23	27	27	26
	S+LPC	20	27	22	21	13	20	20	15	24	24	26	22	25	27

Erreurs d'omission et d'intrusion

PROFILS			1	1	1	2	3	3	3	4	4	5	5	5	6	6
Enfant			1	9	14	10	4	11	16	3	12	2	7	8	6	13
Modalité verbale		Omission	13	5	7	14	10	7	6	5	5	5	7	2	0	0
		Intrusion	0	0	0	0	0	0	1	0	1	1	0	1	0	0
Modalité visuo-spatiale		Omission	1	0	2	3	5	2	3	5	0	0	0	0	0	0
		Intrusion	0	1	0	0	1	0	0	0	3	0	0	0	0	0
Enfant			1	9	14	10	4	11	16	3	12	2	7	8	6	13
Modalité verbale	**Omission**	I	13	5	7	14	10	7	6	5	5	5	7	2	0	0
		I+S	10	8	7	17	11	15	7	4	6	4	3	5	0	0
		I+S+LPC	11	3	8	13	13	12	14	2	10	4	6	6	0	2
		S+LPC	4	5	7	18	21	18	9	4	6	4	1	1	0	0
	Intrusion	I	0	0	0	0	0	0	1	0	1	1	0	1	0	0
		I+S	0	2	0	0	0	0	0	1	0	1	0	0	0	0
		I+S+LPC	0	4	0	1	1	0	0	0	0	1	2	0	0	0
		S+LPC	1	1	0	1	0	0	1	0	2	0	1	1	0	1
Modalité visuo-spatiale	**Omission**	P	1	0	2	3	5	2	3	5	0	0	0	0	0	0
		P+S	0	0	1	0	9	2	4	1	0	0	1	0	0	0
		P+S+LPC	0	0	0	1	3	4	6	1	1	0	2	0	0	0
		S+LPC	0	0	5	2	6	1	5	3	2	0	0	2	0	0
	Intrusion	P	0	1	0	0	1	0	0	0	3	0	0	0	0	0
		P+S	0	1	0	0	0	0	4	1	1	1	1	0	0	0
		P+S+LPC	0	0	0	5	6	0	0	0	0	0	0	0	0	1
		S+LPC	2	0	0	2	5	0	1	2	1	1	1	1	0	0

.2 Evolution des performances pour quatre enfants sourds suivis de façon longitudinale

L'opportunité de rencontrer à nouveau certains enfants de notre cohorte s'est présentée pour quatre d'entre eux. Nous avons saisi cette occasion pour comprendre plus finement la micro-

génèse du développement de la mémoire et d'apprécier les différences intra-individuelles chez ces quatre enfants implantés. En effet, Harris & al. (2011) et Kronenberger & al. (2013) ont observé des profils variés de compétences en MCT/MDT et des trajectoires d'évolution de la MCT/MDT après implantation différents, chez un certain nombre de jeunes qui se retrouvent en dessous de la norme établie chez les enfants entendants.

Nos observations n'entrent pas dans un cadre classique de suivis longitudinaux. En effet, trois enfants ont été revus deux ans après et un enfant a été revu un an après sa première évaluation. Nous avons donc fait le choix d'exposer nos données sous la forme d'études de cas. Nous rappelons tout d'abord les caractéristiques de chacun de ces enfants puis présentons leurs performances et leur évolution en les mettant en relation avec les suivis pédagogiques, l'évolution de leurs compétences langagières et de leur mode de communication.

.2.1 Caractéristiques des quatre enfants sourds suivis de façon longitudinale

Le tableau 62 présente les caractéristiques des quatre enfants revus (11, 12, 14, 16) que nous avons appelés respectivement Lucile, Julie, Paul et Léon (pour le respect de l'anonymat les prénoms ont été inventés). Sont indiqués :

- l'intervalle de temps entre les sessions,
- l'âge de l'enfant à chaque session,
- le mode de communication utilisé lors de la première rencontre,
- le profil général établi à partir de nos données (chapitre 7.1.4.2)
- le résultat au test d'aptitude non-verbale de Naglieri (NNAT) calculé lors de la première session,
- la mesure de l'intelligibilité selon l'échelle de Nottingham aux deux sessions (Niveau 1 : absence d'intelligibilité, Niveau 2 : quelques mots sont intelligibles, Niveau 3 : l'enfant est intelligible pour un auditeur qui prête attention et qui utilise la lecture labiale, Niveau 4 : l'enfant est intelligible en contexte par des personnes averties, Niveau 5 : l'enfant est intelligible par tous),
- les résultats au test d'évaluation de la réception du message oral (TERMO) aux deux sessions.

Tableau 62 : Caractéristiques des enfants sourds suivis de façon longitudinale.

		Lucile		**Julie**		**Paul**		**Léon**
	Age Sessions	fille	**Age Sessions**	fille	**Age Sessions**	garçon	**Age Sessions**	garçon
Surdité **Implanté(e)**		profonde tardivement à 5;3 ans		profonde tardivement à 4;5 ans		profonde tardivement à 3;5 ans		profonde très précocement à 2 ans
Mode de communication		totale (Oral + LPC+ LSF) : ITCT		totale (Oral + LPC+ LSF) : ITCT		(Oral + LPC) : ITCO		(Oral + LPC) : IP-CO
Intervalle de temps entre les deux sessions		avril 2011 décembre 2013 = 2 ans et 7 mois		avril 2011 décembre 2013 2 ans et 7 mois		avril 2011 juin 2013 2 ans 2 mois		avril 2012 juin 2013 1 an et 3 mois
Profils		3 : Faible en VS		4 : Moyen		1 : faible en V		3 : Faible en VS
NNAT	**8**	15/38	**8;5**	17/38	**7;8**	18/38	**6;3**	18/38
Intelligibilité	**8** **11**	2/5 2/5	**8;5** **11;3**	2/5 4/5	**7;8** **10**	3/5 : 4/5	**6;3** **7;7**	3/5 4/5
Termo	**8** **11**	(B>C) (B=C)	**8;5** **11;3**	(B=C) (B=C)	**7;8** **10**	(B<C) (B<C)	**6;3** **7;7**	(B<C) (B=C)

Légende: IP+CO : implant très précoce (avant 2 ans) et communication orale ; IP-CO : implant précoce (avant 3 ans) et communication orale ; IP-CT : implant précoce (avant 3 ans) et communication totale ; ITCT : implant tardif (après 3 ans) et communication totale ; ITCO : implant tardif et communication orale ; TERMO (Test d'Evaluation de la Réception du Message Oral) : modalité B =Auditif et Lecture Labiale (son +LL) ; modalité C= Auditif, lecture labiale et LPC (son+ LL+ LPC)

.2.2 Evolution du nombre d'*items* correctement rappelés pour la condition *items* seuls

L'examen de l'évolution des quatre profils individuels a tout d'abord été réalisé sur les conditions items seuls, c'est-à-dire dans un contexte uni-modal de présentation des items à mémoriser. Les résultats sont présentés dans le tableau 63.

Tableau 63 : Seuils, évolution du nombre d'items correctement rappelés pour chacun des 4 enfants sourds avec IC dans les conditions Items seuls en fonction de la modalité.

	Moyenne E	**Lucile**	**Julie**	**Paul**	**Léon**
Moy V1	19,38/ e-t 3,77 **Moy +1 e-t 23,15** **Moy -1,65 e-t 13,15**	20	20	13	19
Moy V2		19	19	16	18
Diff V		**-1**	**-1**	**+3**	**-1**
MoyVS1	25,02/ e-t 1,97 **Moy +1 e-t 26,99** **Moy -1,65 e-t 21,77**	21	24	25	21
MoyVS2		27	27	26	23
Diff VS		**+6**	**+3**	**+1**	**+2**

Pour Lucile : Dans la modalité verbale, le nombre d'*items* correctement rappelés dans la condition images seules n'a pas évolué (-1). Par contre, elle s'est beaucoup améliorée dans la modalité visuo-spatiale (+6). Elle a obtenu un score plafond lors de la deuxième session.

Pour Julie : Dans la modalité verbale, le nombre d'*items* correctement rappelés dans la condition images seules n'a pas évolué (-1). Dans la modalité visuo-spatiale, elle a progressé (+3). Elle a obtenu un score plafond lors de la deuxième session.

Pour Paul : Dans la modalité verbale, le nombre d'*items* correctement rappelés dans la condition images seules a augmenté (+3). Dans la modalité visuo-spatiale, il a moins progressé qu'en modalité verbale il était déjà bien plus élevé qu'en modalité verbale (+1). Son score est proche du score maximum.

Pour Léon : Dans la modalité verbale, le nombre d'*items* correctement rappelés dans la condition images seules n'a pas augmenté (-1). Dans la modalité visuo-spatiale, il a progressé (+3), mais il n'atteint pas le score maximum.

.2.3 Evolution du nombre moyen d'items correctement rappelés par condition

Tableau 64 : Seuils, évolution du nombre d'*items* correctement rappelés pour chacun des 4 enfants sourds avec IC dans chacune des conditions en fonction de la modalité.

Enfant	Sessions	Modalité verbale				Modalité visuo-spatiale			
		I	**I+S**	**I+S+LPC**	**S+LPC**	**P**	**P+S**	**P+S+LPC**	**S+LPC**
Moyenne E		19,38	21,24	21,19	21,62	25,02	24,40	23,00	23,93
Ecart type		3,77	3,85	3,95	3,70	1,97	2,71	3,02	3,42
Moy -1,65 e-t		13,15	14,89	14,67	15,52	21,77	19,93	18,02	18,29
Moy +1 e-t		23,15	25,09	25,14	25,31	26,99	27,12	26,02	27,35
Lucile	Avril 2011	20	12	11	6	21	19	8	20
	Déc 2013	19	17	14	16	27	24	24	19
	Diff	**-1**	**5**	**3**	**10**	**6**	**5**	**16**	**-1**
Julie	Avril 2011	20	19	16	19	24	26	26	24
	Déc 2013	19	18	18	19	27	27	27	20
	Diff	**-1**	**-1**	**2**	**0**	**3**	**1**	**1**	**-4**
Paul	Avril 2011	13	12	10	12	25	26	27	22
	Juin 2013	16	18	12	17	26	26	22	22
	Diff	**3**	**6**	**2**	**5**	**1**	**0**	**-5**	**0**
Léon	Avril 2012	19	18	11	17	21	20	21	20
	Juin 2013	18	23	20	23	23	22	22	25
	Diff	**-1**	**5**	**9**	**6**	**2**	**2**	**1**	**5**

Les graphiques d'évolution des performances pour chaque enfant se trouvent en annexe 10.

Lucile, fille, surdité profonde, implantée tardivement à 5 ; 3 ans, avec un mode de communication totale (Oral + LPC+ LSF) : ITCT

Lucile est scolarisée en regroupement spécialisé dans une classe bilingue depuis la maternelle avec quelques temps d'inclusion. D'après les bilans pédagogiques et orthophoniques, nous notons que c'est une enfant réservée, assez vite « effrayée » par son environnement et peu communicante. Entre les deux moments où nous l'avons rencontrée, elle a beaucoup progressé dans ces domaines. Elle est plus active en classe et en séance d'orthophonie. Elle ose participer. Ella a gagné en confiance.

Pour communiquer, elle utilise la LSF avec ses pairs ou l'oral avec de la LSF avec sa famille entendante. Elle est capable de se faire comprendre. En LSF, elle fait des progrès mais ne semble pas investir particulièrement cette langue. Son investissement et son intérêt pour l'oral et le monde sonore sont croissants mais fluctuants.

Cette enfant est peu intelligible sauf sur des phrases bien connues où elle peut être comprise par des personnes habituées à la surdité. Elle a une bonne lecture labiale et une bonne utilisation de la LPC comme outil pour orthographier un mot ou visualiser une syllabe. En complément de l'implant et, depuis le mois de septembre 2013, elle a à nouveau une prothèse controlatérale ; elle a aussi un nouvel implant plus ergonomique. Avec sa prothèse et/ou son implant, elle peut reconnaître des mots connus mais elle a beaucoup de difficulté à enregistrer avec précision les nouveaux mots.

Tous ces renseignements corroborent les performances obtenues en décembre 2013 et l'évolution. En effet, nous voyons une nette progression pour les conditions avec le son et avec la LPC. Dans la modalité verbale, cette enfant a progressé plus particulièrement pour les conditions avec du son comme la condition avec le son +LPC et sans image : Diff V_{S+LPC}= 10 (différence de +10 du nombre d'*items* rappelés).

Nous observons également que les performances dans la condition I+S+LPC sont meilleures mais cette condition reste la plus difficile. La gestion de multiples informations pertinentes (intérêt croissant pour la LPC) ne facilite pas la mémorisation à court terme de l'information verbale. Elle ne réussit sans doute pas à inhiber une information parmi les trois. Elles sont toutes au même niveau de pertinence. Nous soulignons aussi un petit effet d'apprentissage avec les conditions où la LPC est présente (ses scores augmentent pour la condition S+LPC). On peut aussi y voir l'effet de la suppression de l'information image. De plus, elle peut davantage s'appuyer sur son audition et donc cette condition sans image est mieux réussie.

Cette enfant s'est aussi beaucoup améliorée dans la modalité visuo-spatiale. Elle a même particulièrement augmenté pour la condition multimodale P+S+LPC (+16). En 2011, elle se trouvait en difficulté de mémorisation. En 2013, ses résultats sont comparables à ceux d'un enfant entendant d'âge moyen sept ans et demi. Nous remarquons, toutefois, une légère baisse pour la dernière condition. La charge mnésique est plus lourde du fait de la double tâche et de la gestion de la LPC. On peut supposer aussi qu'elle a privilégié un encodage visuo-spatial pour les trois premières conditions.

Julie, fille, surdité profonde, implantée tardivement à 4 ; 5 ans, un mode de communication totale (Oral + LPC+ LSF) : ITCT

Julie est scolarisée en regroupement spécialisé dans une classe bilingue depuis septembre 2010 avec peu de temps d'inclusion. Auparavant elle était en inclusion totale dans une école de proximité (près de chez elle) où aucune accessibilité n'était proposée et sans suivi par un SSEFS/SSEFIS (Services de Soutien à l'Education Familiale et à la Scolarisation). Elle était en grande difficulté scolaire.

Lors de la première présentation des épreuves, elle se familiarisait avec la LSF ; depuis elle a fait beaucoup de progrès et peut aisément communiquer en LSF (bilan pédagogique datant de janvier 2014). Depuis mai-juin 2013, elle réinvestit la langue orale (ce qu'elle avait cessé de faire le temps de s'approprier la LSF). Depuis son arrivée en regroupement spécialisé, elle bénéficie de trois séances d'orthophonie par semaine. D'après son dernier bilan orthophonique (janvier 2014) : « Son intérêt est croissant pour la LPC. Elle perçoit

auditivement tous les phonèmes de la langue française mais elle s'appuie toujours beaucoup sur la lecture labiale pour discriminer les sons. Elle est intelligible par une personne habituée à la surdité. Ses progrès lui permettent aujourd'hui d'utiliser son implant pour reconnaître quelques mots en audition pure.»

Elle a donc progressé dans de nombreux domaines : apprentissage de la LSF, amélioration de l'intelligibilité de la parole et meilleure discrimination auditive.

Toutefois ses difficultés peuvent expliquer la stagnation de ses performances mnésiques en modalité verbale avec une légère amélioration de la condition I+S+LPC. Ses résultats n'ont pas encore atteints ceux d'un enfant entendant d'âge moyen de sept ans et demi. Nous notons qu'elle a été implantée tardivement à quatre ans et demi.

Ses scores en 2013 dans la modalité visuo-spatiale ont peu évolué mais ses scores en 2011 étaient déjà élevés. Nous remarquons qu'elle atteint des scores plafonds pour les trois premières conditions. Elle réussit à inhiber toutes les informations non pertinentes à la rétention d'un matériel visuo-spatial. Par contre, elle perd des points pour la dernière condition, celle sans la grille. Est-ce dû à la fatigue ou au fait que la grille n'apparaît plus ? Elle a dû réajuster sa stratégie de mémorisation et effectuer un encodage verbal en plus d'un encodage visuo-spatial pour pointer les réponses dans la grille. Dans ce cas, la LPC et la lecture labiale ajoutées au son deviennent des repères importants pour elle. En effet, d'après ses bilans, son intérêt pour la LPC en 2013 est plus grand qu'en 2011. Ceci peut conduire à ce que sa charge mnésique soit supérieure en 2013 par rapport à 2011 pour cette condition (S+LPC).

Paul, garçon, surdité profonde, implanté tardivement à 3 ; 5 ans, avec un mode de communication (Oral + LPC) : ITCO

Cet enfant est scolarisé en regroupement spécialisé, avec utilisation de la LPC en classe, et avec des temps d'inclusion. Durant sa maternelle, il a suivi des enseignements en LSF avec de l'oral et de la LPC. Comme son projet linguistique était d'aller vers l'oral, à partir de son CP (2011), les enseignements reçus étaient exclusivement à l'oral avec la LPC. Nous observons que d'après l'échelle de Nottingham, l'intelligibilité de sa parole est meilleure en 2013. D'après un bilan de l'orthophoniste, datant de novembre 2012, « cet enfant est devenu bavard. Sa parole est intelligible pour une personne avertie. A l'oral tous les phonèmes isolés sont acquis mais la LPC permet un rappel articulatoire et donc une correction des défauts. La LPC reste un outil indispensable dans la compréhension du message oral. »

Dans la modalité verbale, cet enfant a amélioré ses performances et plus particulièrement pour les conditions : une image + le mot énoncé (I+S) et S+ LPC. Sa performance se situe

dans le profil 'faible'. Nous remarquons que la condition la mieux réussie en juin 2013 est celle avec une image/un mot c'est-à-dire celle où les informations sont redondantes : une image + le mot énoncé (I+S). Nous notons également que le nombre de mots rappelés dans la condition images seules (I) a peu évolué. La condition avec la LPC reste une condition difficile.

Pour cet enfant, l'intervalle de temps entre les deux recueils des données est de deux ans. Nous constatons un effet de la durée de l'utilisation de l'implant car les conditions avec le son sont mieux réussies. Nous notons que la condition avec la LPC a peu progressé. D'après nos résultats, nous constatons que l'utilisation plus intensive de la LPC en classe ne lui a pas encore permis de s'améliorer dans la condition I+S+LPC. Cette information apportée (LPC) en plus du son et de l'image est pertinente et sans doute importante pour lui, ce qui peut conduire à un coût cognitif supplémentaire. En plus des remarques de son orthophoniste, le résultat au test du TERMO, en 2013, montre que la réception du message oral est meilleure avec la LPC.

Ses résultats n'ont pas encore atteints ceux d'un enfant entendant d'âge moyen de sept ans et demi. D'après le bilan de novembre 2012, son niveau lexical reste en deçà d'un enfant de son âge.

Dans la modalité visuo-spatiale, ses scores ont moins progressé qu'en modalité verbale mais ils étaient déjà bien plus élevés qu'en modalité verbale.

Pour cette modalité (VS) et lors de l'ajout d'informations complémentaires, l'enfant doit être capable de modifier ses stratégies de mémorisation et doit faire appel à codage verbal (ajout de son) ; ce qui peut constituer une double tâche. C'est peut-être une des raisons qui expliquerait la baisse des résultats de Paul pour la condition : P+S+LPC. D'après ses bilans, c'est un enfant qui s'appuie encore beaucoup sur la LPC et donc cette information est importante pour lui et peut-être bien plus en 2013 qu'en 2011 car il n'utilise plus la LSF. En 2011, il était peut-être en capacité d'inhiber cette donnée moins utile. Ses résultats restent comparables à ceux d'un enfant entendant d'âge moyen sept ans et demi.

Léon, garçon, surdité profonde, implanté très précocement à 2 ans, avec un mode de communication (Oral + LPC) : IP-CO

Pour Léon, l'intervalle entre les deux sessions est d'un an. Son orientation scolaire entre les deux recueils de données a changé. En 2012, il était scolarisé en inclusion totale avec un soutien SSEFIS important où la LPC n'était pas utilisée en classe mais seulement en soutien pédagogique (2x1 heure par semaine) et en séance d'orthophonie (2x1 heure par semaine). En 2012, il a été réorienté vers un regroupement spécialisé avec l'utilisation de la LPC en classe avec des temps d'inclusion.

Nous observons un effet du développement et/ou de la durée de l'utilisation de l'IC. Les performances avec le son sont meilleures. La gestion de la LPC en plus du son et de l'image semble aussi plus facile. L'utilisation plus intensive de la LPC en classe, et donc une meilleure connaissance de la LPC, lui a peut-être permis de mieux gérer cette information lors de la mémorisation à court terme d'informations verbales ou alors l'utilisation de son implant lui permet de s'appuyer davantage sur son audition et donc d'inhiber cette information comme le font les entendants. Les résultats du TERMO, en 2013, indiquent que la réception du message oral est la même avec ou sans LPC.

D'après un bilan datant de mai 2013, «cet enfant utilise essentiellement la voie auditive, mais il cherche dorénavant davantage appui sur la lecture labiale ou la LPC en situation d'incompréhension».

Dans la modalité verbale, cet enfant a augmenté ses performances et plus particulièrement pour les conditions : une image+ le mot énoncé (I+S) et S+ LPC. La condition la mieux réussie en juin 2013 est celle avec une image/un mot, c'est-à-dire celle où les informations sont redondantes : une image+ le mot énoncé (I+S). Nous constatons aussi que la condition images seules (I) a peu évolué, que la condition avec la LPC reste une condition difficile mais notons qu'il s'agit pour cet enfant de la condition où il a le plus progressé Diff $V_{I+S+LPC}$= 9.

Dans cette modalité verbale, ses résultats de juin 2013 sont peu éloignés en moyenne, voire supérieurs pour certaines conditions à ceux d'un enfant entendant d'âge moyen de sept ans et demi (voir tableau 64).

De plus, nous remarquons que les progrès de cet enfant après un an sont aussi importants (voire plus) que ceux de Paul en deux ans. Ceci est peut-être dû à l'âge de l'implantation. En effet Léon a été implanté à l'âge de deux ans alors que Paul l'a été à l'âge de trois ans et demi avec un mode de communication total jusqu'à l'entrée en CP. Nous notons aussi que le processeur de Léon a été renouvelé fin 2011 (nouvelle technologie).

Dans la modalité visuo-spatiale, ses résultats en juin 2013, même s'ils ont progressé sont légèrement inférieurs à ceux d'un enfant entendant d'âge moyen sept ans et demi, à l'exception de la condition Son + LPC où la progression est élevée. Y a-t-il un effet d'apprentissage en lien avec la condition juste avant ? Ou bien la durée d'utilisation de son implant étant plus grande peut-il davantage se fier à son audition et manipuler l'information verbale ?

.3 Etude préliminaire des compétences exécutives de quatre enfants sourds

Le contrôle exécutif, assuré par les fonctions exécutives, permet la réalisation de conduites complexes, particulièrement dans des situations nouvelles où il n'existe pas de routines (Chevalier, 2010). Ce contrôle exécutif, ou centre exécutif dans le modèle de Baddeley (1990, 2000), est particulièrement important dans les tâches mnésiques dans lesquelles la charge cognitive est importante et les informations à mémoriser et gérer sont nombreuses.
Comme évoqué dans le chapitre 3, Kronenberger, Beer, Castellanos, Pisoni, Miyamoto (2014) indiquent que 33 à 50 % des enfants porteurs d'implants cochléaires seraient exposés à un risque de retard cognitif, notamment concernant les fonctions exécutives comme l'attention, la mémoire, le processus séquentiel, l'apprentissage, etc. Ce risque serait deux à cinq fois plus élevé (selon le type de fonction exécutive) que chez des enfants normo-entendants. Ces auteurs préconisent que les séances de réadaptation post-implantation ne ciblent pas uniquement l'audition et le langage mais que les enfants sourds IC suivent aussi un programme visant à améliorer leurs fonctions exécutives.
De même, Figueras, Edwards & Langdon (2008) suggèrent que le développement du langage chez les enfants sourds est en lien avec le développement des fonctions exécutives. En effet, les enfants sourds IC, de leur étude, se sont retrouvés en difficultés uniquement pour des tests évaluant des compétences de fonctions exécutives qui font appel à des compétences linguistiques. Pour ces auteurs, il serait pertinent de prendre en compte ces données lors d'apprentissages scolaires (enseignement) en proposant des supports qui font appel au visuel ou en mettant l'accent sur des aspects particuliers de la langue afin de maximiser les compétences des enfants sourds. Toutefois, ces recherches sont peu nombreuses et restent à approfondir.

Lors de notre deuxième rencontre avec les quatre enfants sourds que nous avons eu l'opportunité de voir à deux reprises, nous leur avons présenté deux tests exécutifs classiquement utilisés pour mesurer l'inhibition/attention sélective et la flexibilité. Les tests sélectionnés sont le test des cloches et le TMT.

- Test de barrage des cloches : test d'attention sélective

L'attention sélective est la capacité à se concentrer sur les informations importantes. La réalisation du test des cloches demande à la fois un traitement visuel et un maintien de l'attention dans une tâche de conflit (attention sélective). Il s'agit d'une épreuve perceptive et motrice, car elle nécessite de situer les *items* et d'agir en les barrant. Ce test dit « de barrage » est très utilisé dans l'évaluation des déficits visuo-attentionnels.

La tâche consiste à barrer le plus de cibles (cloches) dispersées sur une feuille en deux minutes. La planche comporte trente-cinq cloches parmi environ trois-cents autres objets distracteurs. D'après le manuel d'utilisation de l'ODEDYS, si le score est inférieur ou égal à huit cloches et que l'enfant ne soutient pas son attention et sa concentration pour cette activité prescrite, un déficit de l'attention avec ou sans hyperactivité doit être recherché.

- *Trail Making Test*, forme A et forme B : Alternance de l'attention

La flexibilité cognitive fait référence à la capacité d'alterner entre règles, tâches ou stratégies. Elle implique l'abandon d'une règle non appropriée, et la mise en œuvre subséquente d'une règle plus adaptée. On peut distinguer la flexibilité « spontanée », à l'œuvre par exemple dans les épreuves de fluence verbale, et la flexibilité «réactive» qui correspond plus spécifiquement à la définition donnée et serait mise en jeu dans des épreuves telles que le *Trail Making Test* (Reitan, 1958).

Le *Trail Making Test* est issu de l'*Army Individual Test Battery* (1944). Il permet également d'évaluer l'attention, les capacités de recherche visuelle et les habiletés motrices. Cette épreuve se déroule en deux temps. Dans un premier temps, l'individu doit relier des chiffres dans l'ordre croissant le plus rapidement possible (1-2-3-4…25) disposés pseudo-aléatoirement sur une feuille, et dans un second temps il doit procéder de la même manière mais en alternant des chiffres et des lettres (1-A-2-B-3-C, etc). Lorsqu'il se trompe, il doit repartir de l'*item* qui précède. La partie A évalue la stratégie d'exploration, le déplacement de l'attention et les capacités à se désengager. La partie B évalue la flexibilité.

Le "coût d'alternance ou de *shifting*" est calculé en faisant la différence entre le temps mis pour réaliser la deuxième et la première planche.

Lorsque l'enfant est suffisamment expert pour réaliser ces tâches, il peut alors distribuer son attention sur deux de ces tâches. Le *Trail Making Test* permet d'étudier cette distribution de l'attention. Les enfants d'âge scolaire le réussissent comme les adultes.

Tableau 65 : Caractéristiques des enfants sourds, résultats aux test des cloches et au *Trail Making Test*

		Lucile		**Julie**		**Paul**		**Léon**
	Age	fille	**Age**	fille	**Age**	garçon	**Age**	garçon
Surdité **Implanté(e)**		profonde tardivement à 5;3 ans		profonde tardivement à 4;5 ans		profonde tardivement à 3;5 ans		profonde très précocement à 2 ans
Mode de communication		totale (Oral + LPC+ LSF) : ITCT		totale (Oral + LPC+ LSF) : ITCT		(Oral + LPC) : ITCO		(Oral + LPC) : IP-CO
Profils		3 : Faible en VS		4 : Moyen		1 : faible en V		3 :Faible en VS
Test des cloches	**11**	33/35	**11;3**	34/35	**10**	31/35	**7;7**	23/35
TMT **Coût de *shifting* (secondes)**	**11**	(a : 65) (b : 111) 37s	**11;3**	(a : 80) (b : 117) 46s	**10**	(a : 43) (b : 180) 137s	**7;7**	(a : 38) (b : 150) 112s

Le tableau 65 présente les résultats des quatre enfants. Pour ce qui est du test des cloches, les enfants l'ont en général bien réussi : le nombre minimum de cloches barrées est de 23 et le maximum de 34/35. Léon a été un peu moins performant mais il est le plus jeune. D'après la norme mentionnée dans l'ODEDYS, ce score correspond à la moyenne moins un écart-type des enfants tout-venant de sa classe (CE1).

Par ailleurs, la distribution spatiale des cloches omises ne permet pas d'observer de négligence spatiale unilatérale (droite ou gauche) chez lui comme pour les autres. Aucun déficit visuo-attentionnel n'est identifié.

Pour ce qui est du *TMT*, nous observons pour les quatre enfants examinés un retard par rapport aux normes de développement établies par Chevignard (2007). Ce retard est moins marqué pour Léon si nous comparons les temps pour les parties A et B par rapport aux normes établies pour son âge. Cet enfant a été implanté très précocement comparativement aux trois autres enfants sourds IC. Nous observons un meilleur coût de *shifting* pour les enfants Lucile et Julie. Il est possible de l'attribuer à un effet de l'âge mais aussi peut-être à leur mode de communication (totale : LSF ou orale ou LPC). En effet, elles sont davantage habituées à passer d'une modalité de communication à une autre (alternance).

En résumé, nous constatons que ces quatre enfants présentent un retard plus ou moins important selon le test ou la fonction exécutive évaluée. Les enfants qui ont les scores les plus faibles ne sont pas ceux qui ont été implantés le plus précocement ou qui ont un mode de communication totale. Léon qui est le plus jeune est celui qui a les scores les plus bas, ce qui est cohérent avec le développement des fonctions exécutives.

En ce qui concerne la mémoire, les deux enfants (Lucile et Julie) qui ont obtenu les scores les plus élevés dans ces deux tests ont des profils de rappel faible ou moyen en modalité visuo-

spatiale. Ce profil faible (en verbal ou en visuo-spatial) est aussi celui des enfants qui ont obtenu les scores les plus faibles à ces deux tests exécutifs. On peut aussi relever une cohérence au niveau de la modalité. La performance au test des cloches est plus basse et le temps plus court pour Léon classé dans le profil 'Faible en visuo-spatial' et inversement pour Paul. Le test des cloches sollicite des compétences visuo-attentionnelles et de sélection, le TMT mobilise le langage pour se remémorer les suites alphabétiques et numériques. Ces premiers résultats ouvrent des pistes d'interprétation à approfondir.

Chapitre 8 : Conclusion, discussion et perspectives

Le point de départ de notre recherche a été de s'interroger sur la mémorisation d'informations verbales et visuo-spatiales des enfants sourds IC. Comme évoqué dans l'introduction de ce mémoire, l'implant cochléaire est une solution possible à la surdité profonde congénitale depuis la fin des années 1980. Les implants cochléaires (IC) permettent une meilleure acquisition et un meilleur développement du langage oral et écrit. Les IC donnent généralement de bons résultats, surtout si l'implantation a été réalisée de façon précoce. Cependant, la pose d'un implant cochléaire ne permet pas pour autant d'accéder instantanément au langage oral. Même dans les cas d'implantation précoce, il semble indéniable que les informations visuelles (lecture labiale et clés de la Langue Parlée Complétée : LPC) améliorent la perception de la parole parce qu'elles fournissent un complément phonétique au signal appauvri délivré par l'implant. Malgré cela, les recherches relatives au bénéfice de l'IC et de la LPC sur la perception de la parole et les habiletés langagières soulignent une grande hétérogénéité. Pour expliquer cette hétérogénéité plusieurs facteurs ont été identifiés : l'étiologie, l'âge de l'enfant à l'implantation, le mode de communication, la durée de port de l'implant, l'environnement familial. Cependant, même avec une implantation précoce, cette variabilité entre les individus existe toujours. Des chercheurs ont, alors, exploré d'autres raisons de cette diversité interindividuelle et se sont intéressés aux fonctions cognitives générales en lien avec le développement du langage dont la mémoire à court terme ou la mémoire de travail. Cependant cette question reste assez peu précisée. A l'heure actuelle, il est difficile de trancher entre un simple retard de développement par rapport aux enfants entendants ou des développements différenciés ou un dysfonctionnement cognitif du fait de la privation auditive. Partant de ces constats, la présente thèse s'est efforcée d'étudier les capacités de mémorisation selon les modalités verbale et visuo-spatiale. Par ailleurs, la plupart des recherches sur les aspects verbaux, recensées dans cette thèse, utilisent des tâches d'empans de chiffres pour examiner les performances en MCT/MDT. De plus, nous observons que peu d'auteurs s'intéressent à la question de la mémorisation des tâches visuo-spatiales et que très peu ont étudié l'impact d'une présentation multimodale. Nous avons donc conçu une série d'épreuves originales de rappel immédiat et avons également évalué l'apport recommandé de la lecture labiale et des clés de la LPC sur le rappel. Nous avons, également, testé trois hypothèses susceptibles d'expliquer les plus faibles performances en MCT/MDT : origines phonologiques, maintien de l'ordre des *items* ou gestion des ressources. Enfin nous avons exploré les profils individuels des enfants sourds IC de notre cohorte.

➢ Démarche et apports généraux de la thèse

Depuis la loi du 11 février 2005, de plus en plus d'élèves sourds sont scolarisés en milieu scolaire ordinaire. Lorsqu'ils se retrouvent en situation d'inclusion, la plupart sont considérés comme des enfants avec des difficultés d'audition mais il ne suffit pas de pallier aux problèmes de communication. D'un point de vue pédagogique, il a nous semblé important de saisir comment les enfants sourds apprennent et mémorisent après l'implantation afin de leur proposer des activités et des supports pédagogiques adaptés. En effet, des travaux (Gathercole & Pickering, 2000) ont montré que les mesures d'empan de mémoire de travail sont étroitement associées aux habilités des enfants dans le domaine de la lecture. De plus, Marschark & al. (2006) ont montré que les enfants entendants et sourds diffèrent non seulement quant à leurs connaissances et aptitudes, mais aussi par le fait qu'ils apprennent autrement.

A partir des modèles de Baddeley (1990) et Majerus (2009) qui intègrent la distinction verbale visuo-spatiale, nous avons formulé un ensemble d'hypothèses concernant les différents effets dus à la modalité, aux conditions de présentation, au maintien de l'ordre, à la longueur des listes et à la nature des erreurs en distinguant les erreurs d'ordre et *d'item* et la nature des erreurs (intrusions et omissions).

Dans la perspective de tester ces hypothèses nous avons conçu un protocole expérimental et effectué une étude empirique.

Le premier apport de notre recherche concerne l'originalité de celle-ci en proposant de comparer les capacités de rappel dans l'ordre en modalité verbale et en modalité visuo-spatiale mais également en présentant des conditions multimodales. En effet, les travaux qui portent sur les capacités visuo-spatiales sont plus rares et contradictoires. Les enfants sourds mais aussi entendants sont amenés à traiter régulièrement des informations multimodales et la tâche (uni-modale) classique d'empan de chiffres correspondant à un rappel immédiat dans l'ordre est le plus souvent utilisé dans les recherches portant sur la MCT/MDT verbale des enfants sourds avec un implant cochléaire.

Le second apport a trait à nos résultats qui confirment la pertinence de s'intéresser à la question. En effet, les données statistiques obtenues en comparaison avec des pairs entendants confortent l'idée que l'organisation de la mémoire des enfants sourds IC diffère de celle des enfants entendants du même âge. Nos épreuves présentent dans l'ensemble une bonne sensibilité.

Enfin, le dernier apport est l'étude des profils individuels. Lorsque l'on travaille avec des populations atypiques, nous sommes confrontés au problème de la taille restreinte des cohortes et de leur hétérogénéité. Nous le constatons avec nos résultats. En conséquence,

nous avons établi différents profils d'enfants sourds IC pour mieux appréhender ces différences interindividuelles.

Afin d'approfondir davantage ces différents éléments, nous allons préciser quelques points.

♦ La condition uni-modale comparée à la littérature

La condition uni-modale correspond à la situation dans laquelle est le plus souvent évaluée la MCT/MDT des enfants sourds IC.

Nous observons pour la modalité verbale que le nombre moyen d'*items* correctement rappelés par les enfants sourds IC est significativement inférieur à celui des enfants NE. Nos résultats confirment ceux de la littérature dans un contexte classique de mesure d'empan. L'implantation cochléaire ne permet pas aux enfants sourds IC d'obtenir un niveau de perception et de compréhension du langage comparable à celui des enfants entendants NE appariés. Leur capacité à maintenir l'information verbale à court terme est moindre par rapport aux enfants NE qui ont une plus grande expérience de l'utilisation de la boucle phonologique et du maintien de l'information verbale en mémoire de travail.

Dans la modalité visuo-spatiale, la différence entre les deux groupes n'est pas significative. Nous pensions que les performances des enfants sourds IC en raison de l'expérience et la pratique supposée plus importante de l'analyse visuo-spatiale des stimuli chez les enfants sourds seraient supérieures à celles des enfants NE appariés. Les résultats de la littérature sur ce sujet sont divergents et rares. Ils rapportent des performances inférieures ou équivalentes à leurs pairs entendants.

Concernant les erreurs d'*item* et d'ordre, dans la modalité verbale, pour les enfants sourds IC comme pour les enfants NE appariés, le nombre moyen d'erreurs d'*item* diffère significativement du nombre moyen d'erreurs d'ordre et est plus élevé. Dans la modalité visuo-spatiale, la différence entre les erreurs d'*item* et d'ordre n'est pas significative pour les deux groupes. Contrairement aux données de la littérature sur ce sujet, nos résultats ne permettent pas de faire ressortir des difficultés dans le traitement et le stockage de l'ordre pour les enfants sourds IC.

Par ailleurs, les comparaisons entre les deux groupes appariés indiquent que les différences entre les pourcentages moyens d'*items* correctement rappelés pour chaque longueur des listes dans les conditions *Items* seuls ne sont pas significatives à l'exception de la liste de quatre *items* dans la modalité verbale. L'effet de la longueur des listes est préjudiciable dans la modalité verbale pour les enfants sourds IC. De plus, nous notons dans la modalité verbale que pour les enfants sourds IC et les enfants NE appariés, le nombre moyen d'erreurs d'omission est plus important que le nombre moyen d'erreurs d'intrusion. Dans la modalité

visuo-spatiale, la différence entre les erreurs d'omission et d'intrusion n'est pas significative pour les deux groupes. Nos résultats contredisent ceux de Burkholder & Pisoni (2006) qui trouvent un nombre d'intrusions supérieur à celui du nombre d'omissions dans une tâche d'empan de chiffres endroit.

♦ La nature de l'information à mémoriser en contexte enrichi

Nous observons chez les enfants normo-entendants (NE) que le nombre moyen d'*items* correctement rappelés est inférieur dans la modalité verbale par rapport à la modalité visuo-spatiale. La différence entre les deux modalités, c'est-à-dire la supériorité des scores en visuo-spatiale, se manifeste quelle que soit la condition de présentation. Pross, Gaonac'h et Gaux (2008) ont montré que les performances aux épreuves d'empan simple verbal sont supérieures à celles des épreuves d'empan simple non verbal chez des enfants d'âge moyen 8,2 ans. Contrairement aux résultats de ces auteurs, nous observons l'inverse. Ceci est peut-être dû aux épreuves verbales et visuo-spatiales proposées aux enfants qui diffèrent des nôtres. De plus, l'âge moyen de notre cohorte est inférieur à celui des auteurs. Les traitements verbaux sont peut-être moins bien maîtrisés que des traitements visuo-spatiaux à 7,5 ans.

Pour les enfants sourds IC, comme nous le prévoyions (Cleary & al., 2001 ; Bharadwaj & al., 2015), le nombre moyen d'*items* correctement rappelés est inférieur dans la modalité verbale par rapport à la modalité visuo-spatiale. Les différences entre les nombres moyens d'items correctement rappelés dans les modalités verbale et visuo-spatiale sont significatives pour chacune des conditions. Pour tous les enfants sourds IC, la partie visuo-spatiale leur a semblé plus facile et ils étaient plus rapides dans l'exécution de cette tâche. En effet, un enfant ayant été privé de son audition a tendance à développer ses stratégies de mémorisation visuo-spatiale très tôt. Même après une bonne réhabilitation auditive, les enfants munis d'un IC réussissent nettement plus aisément les tâches de mémorisation visuelles et spatiales. On peut noter que la différence entre les deux modalités a tendance à augmenter quand l'enfant ne réussit pas bien la partie verbale. Il est toujours plus efficace pour traiter une information visuo-spatiale et d'autant plus quand il se trouve en difficulté en modalité verbale.

L'influence des conditions de présentation et de la modalité diffère selon le groupe d'enfants. Comme nous l'envisagions pour les enfants NE et selon les résultats de Cleary & al. (2000 & 2001), dans la modalité verbale, le nombre moyen d'*items* correctement rappelés est significativement plus bas dans la condition Image seule par rapport aux conditions avec la présence du son. De plus, l'ajout de la LPC ne semble pas constituer un élément

perturbateur pour nos enfants NE. Leurs performances de rappel par rapport à la condition avec le son ne sont pas modifiées. Les enfants NE, ne connaissant pas la LPC, pourraient ignorer l'information manuelle non pertinente pour eux. Bayard & al. (2012) montrent que les enfants normo-entendants naïfs de la LPC, donnent de l'importance au système perceptif le plus informatif pour eux : auditif. Dans la modalité verbale, la présence de la LPC ne paraît pas constituer une charge cognitive supplémentaire pour les enfants NE de notre cohorte.

Pour les enfants sourds, dans la modalité verbale, les informations ajoutées à l'image (son et/ou LPC) ne permettent pas d'améliorer la mémorisation. Le nombre moyen d'*items* correctement rappelés par les enfants sourds avec IC est significativement plus faible dans la condition où le son est ajouté (I+S) par rapport à la condition image seule (I). Le son ne permet pas d'améliorer la performance de rappel. Dans l'étude de Cleary et al. (2001) les enfants implantés ne montrent aucune différence entre la condition lumière et la condition lumière avec son alors que les enfants entendants sont meilleurs dans la condition lumière avec son. Contrairement aux résultats de ces auteurs, nous obtenons une différence significative pour les enfants implantés entre les conditions images seules et images avec sons. Cet écart est peut-être dû à la durée de présentation des images. En effet, Cleary et al. (2001) ont adapté le jeu de mémoire « Simon » pour leurs tâches de mémorisation et la durée de présentation est inférieure à deux secondes. Pour nous, le maintien du matériel à mémoriser est plus long (4s) et l'ajout du son (simultanément) peut devenir un élément perturbateur. De même, le nombre moyen d'*items* correctement rappelés par les enfants sourds avec IC est significativement plus faible lorsque le son et le codage LPC sont ajoutés (I+S+LPC) par rapport à la condition image seule (I). Nous pensions que l'utilisation de la LPC, en plus du son, permettrait une augmentation, dans la modalité verbale, du nombre moyen d'items correctement rappelés. En effet, la LPC est une aide à la lecture labiale pour favoriser l'encodage verbal (Leybaert & al., 2005). Lors de cette tâche de mémorisation de séries d'images, les enfants ont pu privilégier un encodage visuo-spatial et ceci dans chacune des conditions de présentation. Les enfants encoderaient l'information visuelle et n'utiliseraient pas spontanément un codage phonologique. Du coup, l'apport de la LPC n'apparaît pas comme une hypothèse pertinente. Il y a aussi le fait que tous les enfants rencontrés n'ont pas été exposés de la même façon à la LPC. La plupart d'entre eux l'utilisent en classe depuis la maternelle mais pas obligatoirement chez eux. De plus, les résultats des tests du TERMO renseignés nous indiquent que pour trois d'entre eux la perception de la langue orale n'est pas forcément meilleure avec la LPC. La précocité de l'exposition à la LPC et l'utilisation régulière à la maison doivent être prises en compte pour valider ou infirmer notre hypothèse de départ. Peut-être aussi que dans certaines des conditions de présentation utilisées l'enfant a trop d'informations à traiter et que la LPC devient un élément perturbateur

dans cette tâche de mémorisation. Burkholer et Pisoni (2006) soutiennent que les signes manuels comme la LSF ou les clés de la LPC détournent l'attention portée aux lèvres et aux sons et donc que la parole est moins bien perçue. Dans ce cas, l'image et le code apportent des informations qui ne sont pas complémentaires mais concurrentes. Si l'enfant se centre sur la lecture labiale et la LPC son attention visuelle peut être détournée par l'image proposée. Si l'enfant regarde l'image, il peut ensuite rencontrer des difficultés à guider son déplacement visuel de l'image vers la séquence vidéo. De fait, le score de rappel est légèrement plus élevé dans la condition Son+LPC dans laquelle il n'a pas à déplacer son regard, par rapport à la condition image.

Dans la modalité visuo-spatiale, l'ajout du son et/ou du codage LPC à la visualisation des points ne permet pas d'améliorer les rappels. Les informations supplémentaires apparaissant à l'écran ne perturbent pas significativement la mémorisation. Précisons toutefois que le rappel est légèrement plus faible lorsque les points n'apparaissent plus (condition Son+LPC). Dans cette condition, les enfants sont obligés de faire appel à une autre stratégie de maintien temporaire de la position des points qui n'apparaissent plus visuellement devant eux. Ils peuvent mentalement se représenter les points dans la grille à partir des positions énoncées et codées en LPC et/ou se répéter les chiffres correspondant aux cases dans lesquelles se trouvent les points. Ce codage ne conduit cependant pas à un bénéfice, sans doute parce que la tâche devient double. Il est possible également que le codage de la position des points utilisé, c'est-à-dire la numérotation des cases par ligne de gauche à droite, ait suscité des difficultés de codage de la position.

Dans la modalité visuo-spatiale, les enfants entendants ont comme les enfants sourds, obtenu des rappels plus élevés que dans la modalité verbale. Par ailleurs, comme pour les enfants sourds, l'ajout de la dénomination de la position du point dans la grille ou de la LPC n'a pas d'effet bénéfique pour ces enfants entendants. Leur stratégie de mémorisation semble essentiellement correspondre à un encodage visuo-spatial. Les écarts entre les conditions ont pu être cependant limités par les performances élevées, plusieurs enfants ayant un score plafond. Pour les enfants NE, le nombre moyen d'*items* correctement rappelés dans la condition Point seul est significativement supérieur au nombre de points rappelés dans les conditions dans lesquelles la LPC a été ajoutée (P+S+LPC et S+LPC). Nous remarquons que l'effet de l'ajout de la LPC a un effet délétère dans la modalité visuo-spatiale. Cette présence de la LPC peut être une source de distraction. Elle nécessite un contrôle des traitements des informations perçues et leur gestion. De plus la LPC, information non pertinence pour les enfants NE, est visuelle et s'ajoute à une autre information visuelle (position des points dans la grille). Cela pourrait entrainer une concurrence entre les deux et constituer une charge cognitive supplémentaire.

L'analyse des résultats des enfants sourds IC montrent que la condition S+LPC suscite une diminution significative du nombre d'*items* correctement rappelés par rapport à la condition Point seul (P). L'absence de présentation des points dans la grille est préjudiciable au rappel. En effet, la condition S+LPC suscite une diminution significative du nombre d'*items* correctement rappelés par rapport à la condition P+S. La condition la plus favorable pour mémoriser une information visuo-spatiale reste celle où l'on présente la grille seule avec les points. Lors d'une tâche de mémorisation visuo-spatiale, ces enfants ne s'appuient pas sur une aide auditive, ni sur la LPC. Leur stratégie de mémorisation est aussi essentiellement un encodage visuo-spatial. Comme pour la modalité verbale, la précocité de l'exposition ainsi que l'utilisation régulière à la maison de la LPC sont des paramètres importants pour évaluer réellement sa contribution. On peut noter aussi que les scores sont élevés. Lors des passations de ces épreuves les enfants étaient plus à l'aise que lors des passations des épreuves en modalité verbale. Cependant, les performances des enfants ne sont pas plafond et des différences apparaissent entre eux. Pour la condition S+LPC, les enfants sont obligés de faire appel à une autre stratégie de mémorisation qui n'est pas uniquement visuo-spatiale. En effet, durant cet exercice, la plupart des enfants reproduisaient spatialement l'emplacement énoncé et se redisaient à l'oral la position entendue. Ils utilisaient alors un encodage verbal et visuo-spatial. La tâche devient double et probablement plus difficile. Contrairement à cette modalité visuo-spatiale, la condition (S+LPC) semble moins difficile lors d'une tâche verbale. Le fait que les images (mots) présentées à l'enfant soient toutes connues (fréquences supérieures à 50 %) permet éventuellement une récupération du mot (en mémoire à long terme) et une répétition plus aisée des mots. L'exercice devient plus facile.

Par ailleurs, les comparaisons entre les enfants sourds IC et les enfants NE appariés selon l'âge et le NNAT montrent que les enfants sourds avec IC rappellent un nombre moyen d'items inférieur à celui des enfants entendants appariés lorsque les items à rappeler sont de nature verbale. De plus, les comparaisons inter-groupes révèlent, pour la modalité visuo-spatiale, que les performances des enfants sourds ne diffèrent pas de celles des enfants entendants, comme le laissait supposer l'hypothèse d'une supériorité des enfants sourds avec IC dans la modalité visuelle. Les deux groupes obtiennent des performances de rappel élevées.

Dans la modalité verbale, les enfants sourds obtiennent de plus faibles performances de rappel dans les conditions de présentation comportant plusieurs modalités de présentation de l'information. La multiplicité des sources d'information semble constituer une difficulté lorsqu'il s'agit de mémoriser des images (le nom des objets qu'elles représentent). Cette multiplicité des sources ne semble en revanche pas susciter de dégradation des

performances chez les enfants entendants et au contraire constituer une aide à la mémorisation. Compte-tenu de l'ordre de présentation fixe des quatre conditions, il est possible aussi d'interpréter la supériorité des performances des enfants entendants comme résultant de l'effet d'un apprentissage de la situation de mémorisation. Cependant, cet effet n'apparaît pas dans la modalité visuo-spatiale.

♦ Le maintien de l'ordre des *items* en contexte enrichi

Majerus & al. (2009) ont observé, chez des enfants NE, que le rappel de l'information « *item* » est influencé par les connaissances langagières existantes. Nous constatons que dans la modalité verbale, la différence entre le nombre moyen d'erreurs d'*item* et d'ordre est significative pour la condition Images seules pour les deux groupes. Les enfants sourds IC ayant une dégradation des connaissances langagières, il est possible que l'augmentation des erreurs « *item*» par rapport au nombre d'erreurs d'ordre en soit la raison. De même des jeunes apprenants lecteurs (Sourds et NE) ayant des connaissances langagières en cours d'apprentissage peuvent présenter un nombre d'erreurs *items* plus important qu'un nombre d'erreurs d'ordre.

Pour ce qui concerne la modalité visuo-spatiale, les erreurs (*item* et ordre) sont moins nombreuses pour les deux groupes. Le groupe des enfants sourds avec IC ne se caractérise pas par un nombre plus élevé d'erreurs d'ordre dans cette modalité. Le nombre moyen d'erreurs d'*item* est significativement plus élevé que celui du nombre d'erreurs d'ordre dans les conditions Points seuls et S+LPC. L'absence de présentation visuelle des points dans la grille semble être à l'origine de cette augmentation des erreurs *item* pour les deux groupes. Durant cette tâche, les enfants sont contraints de modifier leur stratégie de mémorisation : encodage visuo-spatial *versus* verbal ou d'utiliser les deux. Nous observons chez les enfants NE que les erreurs *item* sont davantage touchées (leur nombre augmente) par rapport aux erreurs d'ordre dans la condition S+LPC. La mémorisation de l'information *item* des enfants NE est perturbée par le contrôle et la gestion des informations vues et entendues mais pas les erreurs d'ordre. Pour les enfants sourds IC le nombre des erreurs *item* et ordre augmente dans cette condition. L'enfant sourd IC utiliserait essentiellement un encodage visuo-spatial et donc, il se peut qu'il reproduise dans sa tête 'visuellement' l'emplacement et l'ordre. Ainsi, la compétition entre informations visuelle et sonore pourrait susciter l'augmentation des erreurs *item* et ordre dans la modalité visuo-spatiale.

Dans la modalité verbale, il est intéressant de relever également que l'ajout de la LPC a un impact sur les erreurs d'ordre pour les deux groupes. L'ajout du codage suscite une augmentation de ces erreurs chez les enfants NE et sourds avec IC. L'apparition de la vidéo comportant la LPC semble associée à l'augmentation des erreurs d'ordre. Bjork et Healy

(1974) montrent que le traitement de l'ordre et le traitement de l'*item* pourraient posséder des propriétés distinctes. Les auteurs rapportent entre autres que la mémoire de l'ordre disparait plus rapidement que la mémoire de l'*item*. Il est possible que la vidéo de la LPC provoque une distraction de l'attention visuelle et perturbe la mémorisation de l'information ordre qui s'efface plus vite.

Les comparaisons entre les groupes montrent que les enfants sourds IC commettent davantage d'erreurs d'*item* que des enfants entendants dans la modalité verbale. Ces résultats confirment des difficultés pour les enfants sourds IC, par rapport aux enfants NE, au niveau des connaissances langagières existantes. Par contre, nos résultats ne permettent pas de mettre nettement en évidence des difficultés dans le traitement et le stockage de l'ordre. Il est intéressant de noter que les enfants sourds IC présentent des capacités de rappel de l'ordre sériel semblables aux enfants NE. En effet, cette capacité de rappel 'ordre sériel' qui contribue à l'apprentissage de nouvelles séquences verbales (Majerus & al., 2010) semble garantie chez les enfants sourds IC. Majerus et al. (2009) postulent que la capacité à stocker l'ordre des phonèmes en mémoire à court terme détermine la vitesse d'apprentissage à long terme de nouvelles séquences verbales, lesquelles consistent surtout dans un ordonnancement nouveau de phonèmes déjà connus. L'ordre 'agencement de phonèmes' permettrait de distinguer un mot d'un autre mot de même longueur et de même structure syllabique. Il semble que les enfants sourds ont réussi à développer des capacités d'analyse de l'ordre séquentiel. En conséquence, le rappel des *items* semblerait plus pertinent pour expliquer les difficultés aux tâches de MCT/MDT des enfants sourds IC.

♦ La gestion des ressources attentionnelles-mnésiques en contexte enrichi

Les performances de rappel diminuent avec l'augmentation du nombre d'*items* à mémoriser pour les deux groupes. L'effet délétère de la longueur des listes est plus marqué en modalité verbale qu'en modalité visuo-spatiale pour les enfants sourds IC comme pour les enfants NE. Cet effet délétère en modalité verbale est plus marqué pour les enfants sourds IC que pour les enfants NE : il se manifeste dès trois *items* pour les enfants sourds IC et à partir de quatre *items* pour les enfants E.

L'effet de la longueur des listes ainsi que l'effet de la multiplicité des sources d'informations semblent influer sur la mémorisation des enfants sourds IC. En effet, le pourcentage d'*items* correctement rappelés, lors des séquences de trois *items* dans la condition I+S+LPC des enfants sourds IC, est inférieur à celui des enfants NE. Du point de vue des ressources du système cognitif, la présence de la LPC peut constituer une charge cognitive supplémentaire pour les enfants sourds IC. Le contrôle exécutif est donc plus sollicité pour la régulation et la gestion des différentes informations et pour le traitement de celles-ci.

Dans la modalité visuo-spatiale, la diminution du pourcentage d'*items* correctement rappelés est significative pour les conditions multimodales chez les enfants sourds. Cette baisse est régulière pour la condition S+LPC.

Nous notons, également, que la différence entre les groupes est significative pour les erreurs d'omission dans chacune des conditions de la modalité verbale mais pas dans chacune des conditions de la modalité visuo-spatiale. Dans la modalité verbale, les enfants sourds produisent un nombre plus élevé d'erreurs d'omission. Ce nombre croît avec la multiplicité des informations à gérer.

Pour les erreurs d'intrusion, nous n'observons pas de différences entre les groupes dans les deux modalités. L'analyse de cet indicateur va à l'encontre de l'hypothèse de difficultés de contrôle exécutif (Pisoni et al., 2010) généralement mesuré à partir des erreurs d'intrusion.

Au demeurant, dans la modalité verbale, pour les enfants sourds IC, nous relevons une augmentation importante des omissions par rapport aux enfants NE. La récupération des connaissances verbales à long terme semble plus difficile pour les enfants sourds IC que pour les enfants NE. De plus, pendant la présentation des tâches expérimentales lorsque les enfants sourds IC ne savaient pas quel mot ou emplacement rappelé, ils avaient tendance à répondre plus rapidement que les enfants NE « j'ai oublié » ou « je ne sais plus ». Cela peut expliquer ce fort accroissement du nombre d'erreurs d'omission chez les enfants sourds IC. Ceci peut aussi révéler une difficulté à gérer le déplacement de l'attention des informations maintenues en MCT vers une recherche des informations en mémoire à long terme donc de contrôle exécutif.

Dans la modalité visuo-spatiale, la différence entre les erreurs d'omission et d'intrusion n'est pas significative pour les deux groupes

♦ L'examen des profils individuels

En premier lieu, l'analyse des profils individuels en référence aux quarante-deux enfants NE, même si la taille du groupe est limitée, est riche d'informations par les contrastes qu'elle met en évidence. Elle souligne l'intérêt, à terme, d'une telle batterie de tâches pour une démarche diagnostique, rééducative et pédagogique. Les tableaux récapitulatifs pourraient être utilisés pour déterminer le profil d'un enfant sourd IC.

En deuxième lieu, l'examen des profils des enfants sourds et de leurs caractéristiques individuelles ne permet pas de supposer l'existence d'un lien entre le mode de communication privilégié dans le contexte de vie des enfants et les performances de rappel. Nous pouvions supposer que les performances mnésiques dans les modalités verbale et visuo-spatiale seraient meilleures pour les enfants implantés très précocement (avant deux

ans) et précocement (avant trois ans) avec un mode de communication orale que pour les enfants implantés plus tardivement (après trois ans) avec un mode de communication totale. En effet, comme ont pu l'observer Svirsky et al. (2000), les enfants implantés avant deux ans ont une meilleure perception de la parole et un meilleur niveau d'apprentissage du vocabulaire que les enfants implantés plus tardivement. De même, O'Donoghue et al. (2000) soulignent l'importance du mode de communication orale dans la perception de la parole.

Les données obtenues ne permettent pas de valider l'effet de ces paramètres (âge d'implantation et mode de communication) sur la réussite aux tâches mnésiques en modalité verbale ce qui peut être attribuable au nombre restreint d'enfants correspondant à chaque profil ainsi qu'à la variabilité des scores de rappel. On retrouve dans les profils 'faible en modalité verbale', 'faible en modalité visuo-spatiale et 'moyen' des enfants implantés tardivement et avec un mode de communication totale mais aussi des enfants implantés tôt avec un mode de communication oral. La réussite dans les conditions de mémorisation en modalité visuo-spatiale ne semble pas non plus dépendre de l'âge de l'implantation ni du mode de communication. Toutefois, nous remarquons que dans les profils élevés n'apparaissent plus d'enfants implantés tardivement, les modes de communication utilisés sont tous oraux et tous les enfants sont intelligibles et compréhensibles. Il est intéressant de relever que trois enfants sur quatre des profils 'faible en modalité verbale' et 'faible en modalité verbale et en visuo-spatiale' n'ont pas une parole très intelligible contrairement à ceux du profil 'élevé en modalité verbale et visuo-spatiale' ce qui attesterait du rôle de la maîtrise de l'expression orale dans la réussite aux tâches mnésiques. On peut supposer que la boucle audio-phonatoire est altérée quand l'intelligibilité est mauvaise ce qui pourrait également avoir des effets sur la mémorisation en modalité verbale.

Concernant l'utilisation de la LPC, tous les enfants rencontrés n'ont pas été exposés de la même façon à la LPC. Ils l'utilisent en classe depuis la maternelle mais pas systématiquement et pas ou plus obligatoirement chez eux. Rappelons que la précocité de l'exposition à la LPC ainsi que l'utilisation régulière à la maison sont des données importantes pour le traitement de l'information phonologique (Alegria, Charlier & Mattys, 1999). Le test du TERMO indique que six enfants rencontrés ont une meilleure réception du message oral avec la LPC, cinq une réception du message oral avec la LPC égale à celle du message oral sans la LPC et trois pour qui la réception orale est moins bonne avec la LPC.

A travers le suivi longitudinal, nous remarquons un effet du mode de communication et de la durée d'utilisation de l'implant : le choix d'un projet linguistique exclusivement oral semble être associé à une augmentation plus rapide de l'empan verbal.

➢ Conclusion et perspectives

Notre étude a permis de conforter d'idée que l'organisation de la mémoire de l'enfant sourd IC diffère de celle de l'enfant NE. De même, elle a permis de constater que l'apport de la LPC, et plus particulièrement dans la modalité verbale, ne favorise pas l'augmentation des performances de mémorisation chez les enfants sourds rencontrés. Le rappel est moins bon dans les conditions 'Image et son' et 'Image son et LPC' que dans la condition 'Image seule'. L'aide visuelle à la lecture labiale offerte par la LPC, qui est supposée permettre à l'enfant sourd implanté d'affiner sa perception du langage oral, n'a pas permis une amélioration des performances mnésiques dans les tâches proposées. Il se pourrait que le déplacement des yeux nécessaire à la perception du codage LPC perturbe la mémorisation et joue comme un distracteur. Cette interprétation s'appuie sur le fait que le score de rappel est plus bas dans la condition 'Image avec son et LPC' que dans la condition 'Image seule'. En toute rigueur, il aurait fallu, cependant, comparer la condition 'son et LPC' avec une condition 'son seul sans image', ce qui aurait permis de tester l'effet spécifique de la LPC en l'absence de l'information apportée par l'image nécessitant un déplacement visuel. Cette condition n'a pas été présentée aux enfants du fait de la longueur des épreuves et de la difficulté d'écoute 'seule' pour certains enfants IC. Contrairement aux enfants sourds, les enfants entendants qui ne connaissent pas la LPC n'ont pas été perturbés par l'ajout du code LPC dans la modalité verbale et ont été capables d'inhiber cette information. Une autre interprétation possible, comme Horn & al. (2005) l'observent, serait que les enfants sourds IC ont un déficit d'attention visuelle par rapport aux enfants entendants du même âge. L'information visuelle offerte par la LPC pourrait être donc moins bien mémorisée. Ces mêmes auteurs remarquent que la durée du port de l'implant permettrait l'amélioration des performances d'attention visuelle des enfants IC.

A l'issue de cette étude, nous pouvons dégager un certain nombre de propositions pour poursuivre cette recherche.

La présentation des épreuves de rappel immédiat à une population d'enfants sourds IC plus nombreuse permettrait d'affiner les résultats et notamment les profils individuels. Il ne faut, cependant, pas oublier la difficulté de rencontrer cette population (les cohortes sont souvent restreintes), que les enfants implantés constituent une «cible mouvante» (Giezen, 2011) du fait de l'évolution permanente de la technologie de l'implant et des critères d'implantation et que de nombreux facteurs influent sur le développement cognitif de cette population. De même, il serait intéressant d'ajouter des *items* supplémentaires afin d'éviter d'obtenir des scores plafonds trop importants comme nous l'avons remarqué plus particulièrement pour la

modalité visuo-spatiale. De plus, l'ajout d'une condition 'son seul sans image' permettrait de vérifier l'effet spécifique de la LPC, comme nous l'avons évoqué plus haut.

Par ailleurs, l'influence des capacités de contrôle exécutif sur la mémorisation à court terme pourrait être examinée de façon plus approfondie. Cette hypothèse pourrait être testée en étudiant la relation entre les performances à des tâches de contrôle exécutif à partir de tâches d'inhibition et d'alternance présentées plus loin et les performances aux épreuves de mémorisation utilisées dans la présente étude. En effet des études récentes (Pisoni, Conway, Kronenberger, Henning & Anaya, 2010) suggèrent que la réorganisation des systèmes neuronaux du cerveau, consécutive à l'implantation, pourrait être responsable des disparités observées dans l'acquisition de la langue orale et écrite après implantation ; ce qui expliquerait la variabilité dans le développement des processus cognitifs de l'enfant sourd implanté.

L'intérêt de l'évaluation des capacités exécutives des quatre enfants sourds IC qui ont été suivis (chapitre 7), nous a conduit à considérer qu'il était nécessaire de concevoir des épreuves adaptées à la population de ces enfants sourds. A titre exploratoire nous avons conçu un certain nombre d'épreuves originales. Les principes et le descriptif de ces tâches sont présentés en annexe 11. La validation de ces tâches constitue un projet que nous aurons à cœur de pouvoir conduire. En effet, cela confirme la pertinence de pouvoir étudier de manière analytique les modes de traitements dont sont capables les enfants. Il s'agit à la fois d'identifier les fonctionnements efficaces de ceux qui nécessitent d'être construit grâce à des activités adaptées.

Bibliographie

A

Aboutabit, N. (2007). *Reconnaissance de la Langue Française Parlée Complété (LPC) : décodage phonétique des gestes main-lèvres.* Thèse non publiée de l'Institut National Polytechnique de Grenoble.

ANDEM. (1994). *L'implant cochléaire chez l'enfant sourd pré-lingual*. Paris : ANDEM-Service des Etudes.

Alegria, J. (1999). La lecture chez l'enfant sourd : conditions d'acquisition. *Langage et Pratiques, 23,* 27-46. Sprimont : Mardaga.

Alegria, J., Charlier, B., & Mattys, S. (1999). The role of lip-reading and Cued-Speech in the processing of phonological information in French-educated deaf children. *European Journal of Cognitive Psychology,11(4),* 451-472.

Allen, C., Nikolopoulos, T.P., Dyar, D., & O'Donoghue, G.M. (2001). Reliability of a rating scale for measuring speech intelligibility after pediatric cochlear implantation. *Otology and Neurotology*, *22*(5), 631-633

Alloway, T. (2007). *Automated Working Memory Assessment manual*. London: Harcourt Assessment.

Alloway, T., Gathercole, S.E., Kirkwood, H., & Elliott J. (2009). The cognitive and behavioral characteristics of children with low working memory. *Child Development , 80*(2), 606–621.

Arfé, B., Rossi, C., & Sicoli, S. (2015). The Contribution of Verbal Working Memory to Deaf Children's Oral and Written Production. *Journal of Deaf Studies and Deaf Education*, *20* (3), 203-214

Artières, F., Vieu, A., Mondain, M., & Venail, F. (2009). Impact of early cochlear implantation on the linguistic development of the deaf child. *Otology and Neurotology, 30*, 736–742.

Atkinson, R.C., & Shiffrin, R.M. (1968). The control of short-term memory. *Scientific American*, *225*, 82–90.

Attina V., (2005). *La Langue française Parlée Complétée: Production et Perception*. Thèse de Doctorat en Sciences Cognitives non publiée, Institut National Polytechnique de Grenoble.

Avons, S.E., Ward, G., & Melling, L. (2004). Item and order memory for novel visual patterns assessed by two-choice recognition. *The Quarterly Journal of Experimental Psychology*, *57*A, 865-891.

B

Baddeley, A., & Hitch, G. (1974). Working memory. In G.H. Bower (Ed.), *The psychology of learning and motivation: Advances in research and theory* (pp.47-89). New York: Academic Press.

Baddeley, A. D., Thomson, N., & Buchanan, M. (1975). Word length and the structure of short-term memory. *Journal of Verbal Learning and Verbal Behavior*, *14*, 575–589.

Baddeley, A., Gathercole, S., & Papagno, C. (1998). The phonological loop as a language learning device. *Psychological Review*, *105*, 158-173.

Baddeley, A. D. (1986). *Working memory*. Oxford: Clarendon Press.

Baddeley, A. (1990). *Human Memory. Theory and Practice.* Hillsdale, N.J.: Lawrence Erlbaum Ass.

Baddeley, A. (2000). The episodic buffer: A new component of working memory? Trends in *Cognitive Sciences, 12*, 417-423.

Baddeley, A. (2007). *Working memory, thought and action*. Oxford: Oxford University Press.

Barrouillet, P., Bernardin, S., & Camos, V. (2004). Time constraints and resource sharing in adults' working memory spans. *Journal of Experimental Psychology: General, 133,* 83-100.

Barrouillet, P., Camos, V., Morlaix, S., Suchaut, B. (2008). Compétences scolaires, capacités cognitives et origine sociale : Quels liens à l'école élémentaire ? *Revue Française de Pédagogie, 162*, 5-14.

Bavelier, D., Newport, E.L., Hall, M., Supalla, T., & Boutla, M. (2008). Ordered short-term memory differs in signers and speakers: Implications for models of short-term memory. *Cognition, 107*, 433–459.

Bayard, C., Leybaert, J., Tilmant, A.S., & Colin, C. (2012). Perception de la Langue française Parlée Complétée (LPC) et effet d'expertise chez les normo-entendants. *Actes de la conférence conjointe JEP-TALN-RECITAL*, *1*, 819-826.

Bayard, C., Colin, C., & Leybaert, J. (2014). How is McGurk effect modulated by Cued Speech in deaf and hearing adults? *Frontiers in Psychology*, 1-9.

Beer, J., Pisoni, D.B., Kronenberger, W.G., & Geers, A.E. (2010, décembre). *New research findings: executive functions of adolescents who use cochlear implants*. The ASHA Leader, Rockville.

Benoît, H. (2012). Pluralité des acteurs et pratiques inclusives : les paradoxes de la collaboration. *La nouvelle revue de l'adaptation et de la scolarisation*, 57, 65-78.

Bergeson, T.R., Pisoni, D.B & Davis, R.A.O. (2003). A longitudinal study of audiovisual speech perception by hearing-impaired children with cochlear implants. *The Volta Review*, 347–370.

Bergeson, T.R., Pisoni, D.B., & Davis, R.A.O. (2005). Development of Audiovisual Comprehension Skills in Prelingually Deaf Children With Cochlear Implants. *Ear and Hearing*, *26*(2), 149-164.

Berland, A. (2014). *Le développement psychologique d'enfants sourds porteurs d'un implant cochléaire : études longitudinale et transversale*. Thèse de doctorat en psychologie non publiée, Université Toulouse le Mirail -Toulouse II.

Bertoncini, J., & Boysson-Bardies (de), B. (2000). La perception et la production de la parole avant deux ans. In Kail, M., et Fayol, M. *L'acquisition du langage. T1 : Le langage en émergence. De la naissance à trois ans* (pp. 95-136). Paris, PUF.

Bertoncini, J. & Busquet, D. (2011). La découverte de la parole : L'enfant entendant, l'enfant sourd porteur d'implant cochléaire et la LPC : une histoire d'adaptabilité. In J. Leybeart, *La langue française parlée et complétée : Fondements et perspectives* (pp.209-226) Marseille : Solal Editeur.

Bharadwaj S, Maricle D, Green L, Allman T (2015). Working memory, short-term memory and reading proficiency in school-age children with cochlear implants. *Intl. J. Pediatric Otalaryngology*, *79*(10), 1647-1653.

BIAP, (2011). Recommandation BIAP 07/4-25/5 : Implantation cochléaire bilatérale chez l'enfant, Athènes : Bureau International d'Audiophonologie. http://www.biap.org/index.php?option=com_content&view=article&id=19%3Arecommandation-biap-074--255--implantation-cochleaire-bilaterale-chezlenfant&catid=67%3Act-7--implant-cochleaire&Itemid=19&lang=de.

Bjork, E.L., & Healy, A.F. (1974). Short-term order and item retention. *Journal of Verbal Learning & Verbal Behavior*, *13*, 80-97.

Blamey, P.J. (2003). Development of spoken language in deaf children. In M. Marschark & P.E. Spencer (Eds.), *The Oxford handbook of deaf studies, language and education* (pp.232–246). London : Oxford University Press.

Boons, T., Brokx, J. P. L., Dhooge, I., Frijns, J. H. M., Peeraer, L., Vermeulen, A., …, & van Wieringen, A. (2012). Predictors of spoken language development following pediatric cochlear implantation. *Ear and Hearing*, *33*(5), 617–639.

Bouchard, M-E., Ouellet, C., & Cohen, H. (2009). Speech development in prelingually deaf children with cochlear implants. *Language and Linguistics Compass*, *3*(1), 1-18.

Bourdin, B. & Hugonet, A. (2008). Codage phonologique, apprentissage de la lecture et surdité. In F. Labrell & G. Chasseigne, *Aspects du développement conceptuel et langagier* (pp. 51-70). Paris : Edition Publibook.

Boutla, M., Supalla, T., Newport, E.L. & Bavelier, D. (2004). Short-term memory span : insights from sign language. *Nature Neuroscience, 7*(9), 997-1002.

Briec, J. (2012). *Implant cochléaire et développement du langage chez les jeunes enfants sourds profonds*. Thèse de doctorat en psychologie non publiée, Université de Rennes 2.

Brown, G.D.A., Preece, T., & Hulme, C. (2000). Oscillator-based memory for serial order. *Psychological Review*, *107*(1), 127–181. doi:10.1037/0033-295X.107.1.127

Bull, R., & Scerif, G. (2001). Executive functioning as a predictor of children's mathematics ability : Inhibition, switching and working memory. *Developmental Neuropsychology, 19*(3), 273–293.

Burkholder, R. A & Pisoni, D. B. (2003). Speech timing and working memory in profoundly deaf children after cochlear implantation. *Journal of Experimental Child Psychology*, *85*(1), 63–88.

Burgess, N., & Hitch, G.J. (2006). A revised model of short-term memory and long-term learning of verbal sequences. *Journal of Memory and Language, 55*, 627–652. doi:10.1016/j.jml.2006.08.005

Burkholder, R.A & Pisoni, D.B. (2006). Working Memory Capacity, Verbal Rehearsal Speech, and Scanning in deaf children with cochlear implants. In P. Spencer and M. Marschark (eds). *Spoken language development in deaf children* (pp. 328-359). Oxford: University Press.

C

Cajal, M. (2013). *Surdités, implants cochléaires et impasses relationnelles*. Les enfants inouïs : Editions Erès ,Toulouse.

Camos V., & Barrouillet, P. (2013). Le développement de la mémoire de travail : perspectives dans le cadre du modèle de partage temporal des ressources. *Psychol.fr*, *59*(1), 21-39. http://dx.doi.org/10.1016/j.psfr.2012.12.003

Campbell, R., & Wright, H. (1989). Immediate memory in the orally trained deaf: effects of « lipreadability » in the recall of written wyllabes. *British Journal of Psychology, 80,* 299-312.

Case, R. (1987). The structure and process of intellectual development. *International Journal of Psychology, 22*, 571–607.

Chamberland, C. (2010). *Incidence de l'alternance de tâches en mémoire sérielle visuelle*. Thèse de doctorat en psychologie non publiée. Université de Laval, Québec.

Charlier, B.L. (1994). *Le développement des représentations phonologiques chez l'enfant sourd : étude comparative du Langage Parlé Complété avec d'autres outils de communication*. Bruxelles, Université Libre de Bruxelles.

Charlier, B.L., Hage, C., Alegria, J., & Perier, (1990). Evaluation d'une pratique prolongée au LPC sur la compréhension de la parole par l'enfant atteint de déficience auditive. *Glossa, 22*, 28-39.

Chevalier, N. (2010). Les fonctions exécutives chez l'enfant : Concepts et développement. *Canadian Psychology/Psychologie Canadienne, 51*(3), 149-163.

Chevignard, M. (2007, avril). *Fonctions exécutives chez l'enfant*. Cours collège français des enseignants universitaires de médecine physique et de réadaptation.
En ligne http://www.cofemer.fr/UserFiles/File/ENF07FonctExecut.pdf

Cleary, M., Pisoni, D.B., & Kirk, K. I. (2000). Working Memory Spans as Predictors of Spoken Word Recognition and Receptive Vocabulary in Children with Cochlear Implants. *The Volta Review*, *102*(4): 259–280.

Cleary, M., Pisoni, D.B., & Geers A.E. (2001). Some measures of verbal and spatial working memory in eight and nine-year-old hearing-imparaired children with cochlear implants. *Ear and hearing, 22*, 395-411.

Conway A. R., Kane M. J., Bunting M. F., Hambrick D. Z., Wilhelm O., Engle R. W. (2005). Working memory span tasks: A methodological review and user's guide. *Psychonomic Bulletin & Review, 12,* 769–786.

Conway, C.M., Karpicke, J., & Pisoni, D.B. (2007). Contribution of implicit sequence learning to spoken language processing: Some preliminary findings with hearing adults. *Journal of Deaf Studies and Deaf Education*, *12*, 317-334.

Conway, C.M., Pisoni, D.B. (2008) Neurocognitive basis of implicit learning of sequential structure and its relation to language processing. *Annals of the New York Academy of Sciences*, *1145*, 113-131.

Conway, C.M., Pisoni, D.B., & Kronenberger, W.G. (2009). The importance of sound for cognitive sequencing abilities: The auditory scaffolding hypothesis. *Current Directions in Psychological Science*, *18*, 275–279.

Conway, C. M., Karpicke, J., Anaya, E. M., Henning, S. C., Kronenberger, W. G., & Pisoni, D. B. (2011). Nonverbal cognition in deaf children following cochlear implantation: Motor sequencing disturbances mediate language delays. *Developmental Neuropsychology*, *36*(2), 237-254.
doi: 10.1080/87565641.2010.549869.

Cornett, O. (1967). Cued Speech. *American Annals of the Deaf*, *112*, 3-13.

Corsi, P.M. (1972). *Human memory and the medial temporal region of the brain*. Unpublished thesis, McGill University, Montréal.

Courtin, C., Limousin, F. & Morgenstern, A. (2010). Evaluer les compétences linguistiques des enfants en langue des signes française : Une expérience pionnière. *Language,*

Interaction and Acquisition/Langage, Interaction et Acquisition, *1*(1), 129–158. Doi : 10.1075/lia.1.1.08cou

Cowan, N., Keller, T., Hulme, C., Roodenrys, S., McDougall, S., & Rack J. (1994). Verbal memory span in children: Speech timing clues to the mechanisms underlying age and word length effects. *Journal of Memory and Language*, *33*, 234-250.

Cowan, N. (1995). *Attention and memory: An integrated framework*. New York: Oxford University Press.

Cowan, N. (2001). The magical number 4 in short-term memory: A reconsideration of mental storage capacity. *Behavioural and Brain Sciences*, 24, 87–185.

Crone, E.A. (2009). Executive functions in adolescence: inferences from brain and behavior. *Developmental science, 12*(6), 825-830. Doi: 10.1111/j.1467-7687.2009.00918.x

D

Daigle, D., Armand, F., Demont, E., & Gombert, J.-E. (2006). Apprentissage implicite et traitement morphologique : le cas d'élèves sourds gestuels. In D. Daigle & A.M. Parisot (Eds.), *Surdité et société : perspectives psychosociale, didactique et linguistique* (pp. 99-113). Québec : Presses de l'Université du Québec.

Dawson, P. W., Busby, P. A., McKay, C. M., & Clark, G. M. (2002). Short-term auditory memory in children using cochlear implants and its relevance to receptive language. *Journal of Speech, Language and Hearing research*, *45*, 789–801.

De Giacomo, A., Craig, F., D'Elia, A., Giagnotti, F., Matera, E., & Quaranta, N. (2013). Children with cochlear implants : Cognitive skills, adaptive behaviors, social and emotional skills. *International Journal of Pediatric Otorhinolaryngology*, *77*(12), 1975–1979.

Delamotte-Legrand, R., & Sabria, R. (2001). L'enfant sourd et ses langues : l'unicité des choix en parcours langagiers pluriels. In V. Castellotti (Ed.), *D'une langue à d'autres*, coll. Dyalang, (pp. 81-111). Publications de l'Université de Rouen.

De Raeve, L., & van Hardeveld, R. (2014). Prevalence of cochlear implants in Europe: What do we know and what can we expect? *Journal of Hearing Science*, *3*(4), 9–16.

Descourtieux, C. (2006). Le TERMO : Test d'Evaluation de la Réception du message Oral par l'enfant sourd. In C. Hage, B. Charlier et J. Leybeart, *Compétences cognitives, linguistiques et sociales de l'enfant sourd* (pp.26-53). Sprimont (Belgique) : Editions Mardaga.

Dettman, S., Pinder, D., Briggs, R., Dowell, R. & Leigh, J. (2007). Communication development in children who receive the cochlear implant younger than 12 months: risks versus benefits. *Ear and Hearing*, *28*, 11-18.

Dodd, B. (1976). The phonological systems of deaf children. *Journal of Speech and Hearing Disorders, 41*, 185-198.

Ducharme, D. et Mayberry, R. (2005). L'importance d'une exposition précoce au langage : la période critique s'applique au langage signé tout comme au langage oral. In C. Transler, J. Leybaert, J.E Gombert, (dir.) (2005). *L'acquisition du langage par l'enfant sourd. Les signes, l'oral, l'écrit* (pp.15-28). Marseille : Solal.

Duchesne, L. (2008). *Développement des habilités linguistiques chez les enfants porteurs d'un implant cochléaire*. Thèse de doctorat en sciences biomédicales option orthophonie non publiée, Université de Montréal.

Dumont, A. (1996). *Implants cochléaires, surdité et langage*. Bruxelles : De Boeck.

Dumont, A. & Calbour, C. (2002). *Voir la parole*. Paris : Masson.

Dumont, A. (2008). *Orthophonie et surdité*. Issy-les-Moulineaux : Elsevier Masson.

Dye, M.W.G., Hauser, P.C., Bavelier, D. (2009). Is Visual Selective Attention in Deaf Individuals Enhanced or Deficient ? The Case of the Useful Field of View. *PLOS ONE 4*(5) : e5640. https://doi.org/10.1371/journal.pone.0005640

Dye, M.W.G., & Bavelier, D. (2010). Attentional enhancements and deficits in deaf populations: An integrative review. *Restorative Neurology and Neuroscience. Special Issue on Development and Plasticity of Multisensory Functions*, *28*(2), 181-192.

E

Ebbinghaus, H. (1964). *Memory: A contribution to experimental psychology* : Oxford, England: Dover.

Eilers, R.E., & Oller, D.K. (1994). Infant vocalizations and the early diagnosis of severe hearing impairment. *Journal of pediatrics*, *124*(2), 199-203.

Ertmer, D. J., & Stark, R. E. (1995). Elicitation of pre-speech vocalizations in a young child with profound hearing impairment : Usefulness of real-time spectrographic speech displays. *American Journal of Speech-Language Pathology*, *4* (1), 33-38.

Ertmer, D. J., Young, N. M., & Nathani, S. (2007). Profiles in vocal development in young cochlear implant recipients. *Journal of Speech, Language, and Hearing Research, 50*, 393-407.

Emmorey, K. (1991). Repetition priming with aspect and agreement morphology in American Sign language. *Journal of Psycholinguistic Research*, *20*, 365-388.

Emmorey, K., Kosslyn, S., & Bellugi, U. (1993). Visual imagery and visual-spatial language : Enhanced imagery abilities in deaf and hearing ASL signers. *Cognition*, *46*, 139-181.

Emmorey, K., Corina, D., & Bellugi, U. (1995). Differential porcessing of topographie and referential functions of space. In K. Emmorey and J.S. Reilly (*Eds*.), *Language, gesture, and space. Hillsdale* (pp.43-62). New Jersey : Erlbaum.

Emmorey, K. (2002). *Language, cognition, and the brain. Insights from language research.* Mahwah,NJ : Lawrence Erlbaum Associates.

Emmorey, K., Bosworth, R., & Kraljic, T. (2009). Visual feedback and self-monitoring of sign language. *Journal of Memory and Language*, *61*(3), 398–411.

Engle, R.W., Tuholski, SW., Laughlin, J.E., & Conway, R.A. (1999). Working memory, short-term memory, and general fluid intelligence: A latent-variable approach. *Journal of Experimental Psychology : General, 128*, 309–331.

F

Fayol, M., & Gaonac'h, D. (2007). Le développement de la mémoire. In A Blaye et P Lemaire (Eds). *Psychologie du développement cognitif de l'enfant* (pp.125-156). Bruxelles : de Boeck.

Figueras, B., Edwards, L., & Langdon, D. (2008). Executive Function and Language in Deaf Children. *Journal of Deaf Studies and Deaf Education*, *13* (3), 362-77.
Doi : https://doi.org/10.1093/deafed/enm067

Fryauf-Bertschy, H., Tyler, R. S., Kelsay, D. M. R., & Gantz, B. J. (1992). Performance over time of congenitally deaf and postlingually deafened children using a multichannel cochlear implant. *Journal of Speech and Hearing Research*, *35*(4), 913–920.

G

Garnham, C., O'Driscoll, M., Ramsden, R. & Saeed, S. (2002). Speech understanding in noise with a Med-El COMBI 40+ cochlear implant using reduced channels sets. *Ear and Hearing*, 23, 540-552.

Gathercole, S.E., & Baddeley, A.D. (1989). Evaluation of the role of phonological STM in the development of vocabulary in children: a longitudinal study. *Journal of memory and Language, 28,* 200-213.

Gathercole, S.E., Willis, C.S., Emslie, H., & Baddeley, A.D. (1992). Phonological memory and vocabulary development during the early school years: A longitudinal study. *Developmental Psychology*, *28*, 887–898.

Gathercole, S.E., & Pickering, S. J. (2000). Assessment of working memory in six- and seven-year-old children. *Journal of Educational Psychology*, *92*, 377–390.

Geers, A., Nicholas, J., Tye-Murray, N., Uchanski, R., Brenner, C., Davidson, L, Torretta, G. M. (1998, juin). *Effects of communication mode on skills of long-term cochlear implant users*. Presented at the Seventh Symposium on Cochlear Implants in Children. Iowa City, IA.

Geers, A.E., & Kuehn, G., & Moog, J.S (1981). EPIC: Experimental project in the instructional concentration: evaluation and results. *American annals of the deaf*, *126*, 929-964.

Geers, A.E. (2002). Factors affecting the development of speech, language, and literacy in children with early cochlear implantation. *Language, Speech and Hearing Services in Schools*, *33*, 172–183.

Geers, A. E., Brenner, C., & Davidson, L. S. (2003). Factors associated with development of speech perception skills in children implanted by age five. *Ear and Hearing*, *24,* 24–35.

Geers, A.E., Nicholas, J.G., & Moog, J.S. (2007). Estimating the Influence of Cochlear Implantation on Language Development in Children. *Audiological Medicine*, *5*(4), 262–273.

Geers A.E., Strube M.J., Tobey E.A., Pisoni D.B., & Moog J.S. (2011). Epilogue: Factors contributing to long-term outcomes of cochlear implantation in early childhood. *Ear and Hearing*, 32, 84S–92S

Giezen, M.R. (2011). *Speech and Sign Perception in Deaf Children with Cochlear Implants*. Unpublished doctoral dissertation, University of Amsterdam, Amsterdam.

Gilbert G. (2006). *Conception et évaluation d'un système de synthèse 3D de Langue française Parlée Complétée (LPC) à partir du texte*. Thèse de doctorat en physique non publiée en signal, image, parole, télécoms, Institut National Polytechnique de Grenoble.

Gillot, D (1998). Rapport ministériel sur le droit des sourds : 115 propositions.

Gordon, K.A., & Papsin, B.C., (2009). Benefits of short interimplant delays in children receivng bilateral cochlear implants. *Otology & neurology*, *30*(3), 319-331.

Guidetti, M., & Tourette, C. (2002, 2014). *Handicaps et développement psychologique de l'enfant.* Paris : Armand Colin.

Gupta, P. (2003). Examining the relationship between word learning, nonword repetition and immediate serial recall in adults. *Quarterly Journal of Experimental Psychology*, *56A*(7), 1213-1236.

H

Hage, C. (1994). *Développement de certains aspects de la morpho-syntaxe chez l'enfant à surdité profonde : rôle du langage parlé complété.* Thèse de doctorat non publiée, Université libre de Bruxelles.

Hage, C. (2005). De la communication au langage : Développement du langage oral chez l'enfant atteint de déficience auditive profonde. In C. Transler, J. Leybaert, & J.-E. Gombert (Eds.), *L'acquisition du langage par l'enfant sourd : les signes, l'oral et l'écrit* (pp. 121–146). Marseille : Solal.

Hage, C. (2006). L'évaluation du jeune enfant sourd : la période prélinguistique. In C. Hage, B. Charlier, & J. Leybaert (Eds.), *Compétences cognitives, linguistiques et sociales de l'enfant sourd : Pistes d'évaluation*. Sprimont : Mardaga.

Hall, M.L., & Bavelier, D. (2011). Short-term memory stages in sign vs. Speech : The source of the serial span discrepancy. *Cognition*, *120*, 54–66.

Hanson, V. (1982). Short term recall by deaf signers of American Sign Language: Implication of encoding strategy for order recall. *Journal of Experimental Psychology: Learning, Memory and Cognition, 8*, 572-583.

Harris M. S., Pisoni D. B., Kronenberger W. G., Gao S., Caffrey H. M., & Miyamoto R. T. (2011). Developmental trajectories of forward and backward digit spans in deaf children with cochlear implants. *Cochlear Implants International*, *12*(1), S84–S88.

Harris, M.S., Kronenberger, W.G., Gao, Sujuan, Hoen, H.M., Miyamoto, R.T., & Pisoni D.B. (2013). Verbal Short-Term Memory Development and Spoken Language Outcomes in Deaf Children with Cochlear Implants. *Ear & Hearing*, *34*(2): 179–192.

HAS (2007). *Evaluation du dépistage néonatal systématique de la surdité permanente bilatérale*. Direction Générale de la Santé.

HAS, (2012). *Le traitement de la surdité par implants cochléaires ou du tronc cérébral*, Haute Autorité de Santé.

Holt, R.F., & Svirky, M.A. (2008). An exploratory look at pediatric cochlear implantation : is ear Liest always best ? *Ear and Hearing*, *29* (4), 492-511.

Horn, D. L., Davis, R. A. O., Pisoni, D. B., & Miyamoto, R. T. (2005). Behavioral inhibition and clinical outcomes in children with cochlear implants. *The Laryngoscope*, *115*(4), 595– 600.

Hurlstone, M.J., Hitch, G.J., & Baddeley, A.D. (2014). Memory for serial order across domains : An overview of the literature and directions for future research. *Psychological Bulletin*, *140*, 339-373.

K

Kennedy, C.R., McCann, D.C., Campbell, M.J., Law, C.M., Mullee, M., Petrou, S., Watkin, P., Worsfold, S., Yuen, H.M. & Stevenson, J. (2006). Language ability after early detection of permanent childhood hearing impairment. *New England Journal of Medicine*, *354*(20), 2131-2142.

Korkman, M., Kirk, U., & Kemp, S.(1998a). NEPSY. *A developmental neuropsychological assessment manual*. London: The Psychological Corporation.

Korkman, M., Kirk, U., & Kemp, S.(1998b). NEPSY. *A developmental neuropsychological assessment stimulus booklet*. London: The Psychological Corporation.

Kronenberger, W.G., Pisoni, D.B., Henning, S.C., Colson, B.G., & Hazzard, L.M. (2011). Working Memory Training for Children with Cochlear Implants: A Pilot Study. *Journal of Speech, Language and Hearing Research*, *54*(4): 1182–1196.

Kronenberger, W.G., Pisoni, D.B., Harris, M.S. Hoen, H.M. Xu, H., & Miyamoto, R.T. (2013). Profiles of Verbal Working Memory Growth Predict Speech and Language Development in Children with Cochlear Implants. *J Speech Lang Hear Res*, *56*(3), 805–825.

Kronenberger W. G., Beer J., Castellanos I., Pisoni D. B., & Miyamoto R. T. (2014). Neurocognitive risk in children with cochlear implants. *JAMA Otolaryngology-Head and Neck Surgery*, *140*, 608–615. doi:10.1001/jamaoto.2014.757

L

Lachs, L., Pisoni, D. B., & Kirk, K. I. (2001). Use of audiovisual information in speech perception by prelingually deaf children with cochlear implants : A first report. *Ear and Hearing*, *22*(3), 236-251.

Lashley, K. S. (1951). The problem of serial order in behavior. In L.A. Jeffress (Ed.), *Cerebral mechanisms in behavior* (pp. 112-136). New York : Wiley.

Lété, B. (2004). MANULEX : Le lexique des manuels scolaires de lecture. Implications pour l'estimation du vocabulaire des enfants de 6 à 11 ans. In E. Calaque & J. David (Eds.), *Didactique du lexique : Contextes, démarches, supports* (pp. 241-257). Bruxelles : De Boeck.

Le Maner-Idrissi, G., Pajon-Clinquart, C., Baligand, Z., Dardier, V., Deleau, M., Tan-Bescond, G., & Godey, B. (2008). Implant cochléaire et développement des échanges conversationnels. *Revue Canadienne des Sciences du Comportement*, *40*(2), 120-127.

Le Normand, M.-T. (2005). Production du lexique chez des enfants sourds profonds munis d'un implant cochléaire sur un suivi de quatre ans. *Handicap-Revue de Sciences Humaines et Sociales*, *105-106*, 21–31.

Legerstee, M. (1990). Infant use multimodal information to imitate speech sounds. *Infant behavior and deveLopment*, *13*, 343-354.

Lepot-Froment, C., & Clerebaut, N. (1996). *L'enfant sourd : communication et langage*. De Boeck.

Lesinski-Schiedat A., Illg A., Heermann R., Bertram B., & Lenarz T. (2004). Paediatric cochlear implantation in the first and in the second year of life: A comparative study. *Cochlear Implants International*, *5*, 146–159

Leybaert, J., & Lechat, J. (2001). Phonological similarity effects in memory for serial order of Cued Speech. *Journal of Speech, Language, and Hearing Research*, 44, 949-963.

Leybaert, J. (2005) : Quelles compétences visuelles pour construire la phonologie avec le LPC ?, *Connaissances surdité, 12*, 6-12.

Leybaert, J., & D'Hondt, M. (2005). Développement neurolinguistique des enfants sourds : l'effet de l'expérience linguistique précoce. In C. Transler, J. Leybaert, et J.E Gombert (dir.). *L'acquisition du langage par l'enfant sourd. Les signes, l'oral, l'écrit* (pp. 29-43). Marseille : Solal.

Leybaert, J., Schepers, F., Renglet, T., Simon, P., Serniclaes, W., Deltenre, P., Marquet, T., Mansbach, A.-L., Périer, O., & Ligny, C. (2005). Effet de l'implant cochléaire sur le développement du langage et l'architecture cognitive de l'enfant sourd profond. In C. Transler, J. Leybaert et J.E Gombert (eds), *L'acquisition du langage par l'enfant sourd : les signes, l'oral et l'écrit* (pp.173-191). Marseille : Solal Editeur.

Leybaert, J., & Colin, C. (2007) : Rôle des informations visuelles dans le développement du langage de l'enfant sourd muni d'un implant cochléaire, *Enfance*, *59*, 245-253.

Leybaert, J., Bayard, C., Huyse, A., & Colin, C. (2012). Perception multimodale de la parole chez l'implanté cochléaire. *L'implant cochléaire chez le jeune enfant : langage, parole et cognition. Rééducation orthophonique*, *252*, 33-53.

Leybaert, J., Macchi, L., Huyse, A., Champoux, F., Bayard, C., Colin, C., & Berthommier, F. (2014). Atypical audio-visual speech perception and McGurk effects in children with specific language impairment. *Frontiers in Psychology*, *5*, 1-15.

Leybaert, J., Bayard, C., Colin, C., & LaSasso, C. (2015). Cued Speech and Cochlear Implants: a powerful combination for Natural Spoken Language Acquisition and the Development of Reading. In M. Marschark & P. Elizabeth (eds.), *The Oxford Handbook of Deaf Studies in Language* (pp.359-375). Oxford University Press, Oxford, UK.

Lina-Granade, G., & Truy, E (2005). Conduite à tenir devant une surdité de l'enfant. *EMC-Oto-rhino-laryngologie*, *2*, 390-300.

Lina-Granade, G., Martinon, G., Jonas, A.-M., Porot, M. et Truy, E. (2006). Implantation cochléaire chez des enfants avec troubles neurologiques : les effets sur la communication. *Rééducation orthophonique*, *228*, 73-84.

Locke, J. L & Pearson, D. M. (1992). Vocal learning and the mergence of phonological capacity: A neurobiological approach. In C.A Ferguson, L. Menn et C. Stoel Gammon (Eds), *PhonoLogicaL DeveLopment : ModeLs Research Implications* (pp.91-129). Maryland, York Press.

Logan, K., Maybery, M. & Fletcher, J. (1996). The short-term memory of profoundly deaf people for words, signs and abstract spatial stimuli. *Applied Cognitive Psychology*, *10*, 105–119.

Lopez Krahe, J. (2007). *Surdité et langage : prothèses, LPC et implants cochléaires*. Saint Denis : Presse Universitaires de Vincennes

Loundon, N. (2014). Surdité de l'enfant. *La revue du praticien Médecine générale*, *28*, 688-689.

Loundon, N., Gaillart, D., & Garabédian, E.N. (2006). Implantation pédiatrique et foetopathie à CMV. *Rééducation Orthophonique*, *228*, 61-72.

M

Marschark, M. & Mayer, T. (1998). Mental representation and memory in deaf adults and children. In M. Marschark and M.D. Clark (Eds), *Psychological perspectives on deafness, 2* (pp. 53-77). Mahhwah, N.J : LEA.

Marchark, M. Convertino, CM., & LaRock, D. (2006). L'évaluation dans le domaine de la cognition, de la communication et des apprentissages chez les élèves et étudiants sourds. In C. Hage, B. Charlier et J. Leybeart, *Compétences cognitives, linguistiques et sociales de l'enfant sourd* (pp.26-53).Sprimont (Belgique) : Editions Mardaga.

Marchark, M. (2007). Comprendre et utiliser les bases cognitives de l'apprentissage chez les enfants sourds, *Enfance*, *59*, 271-281.

Marschark. M., & Spencer, P.E. (2010). *The Oxford Handbook of Deaf Studies, Language and Education*. New York: Oxford University Press.

Marschark M. Morrison C. Lukomski J. Borgna G., & Convertino C. (2013). Are deaf students visual learners? *Learning and Individual Differences*, *25*, 156–162.
Doi : 10.1016/j.lindif.2013.02.006

Majerus, S., Norris, D., & Patterson, K. (2007). What do patients with semantic dementia remember in verbal short-term memory ? Sounds and order but not words. *Cognitive Neuropsychology*, *24*, 131-151.

Majerus, S. (2009). Verbal short-term memory and temporary activation of language representations : the importance of distinguishing item and order information. In A.S.Thorn & M. Page (Eds.), *Interactions between short-term and long-term memory in the verbal domain* (pp. 244-276). Hove, UK : Psychology Press.

Majerus, S., Heiligenstein, L., Gautherot, N., Poncelet, M., & Van der Linden, M. (2009). The impact of auditory selective attention on verbal short-term memory and vocabulary development. *Journal of Experimental Child Psychology*, *103*, 66-86.

Majerus, S. (2010). Les multiples déterminants de la mémoire à court terme verbale : implications théoriques et évaluations, *Développements, 4*, 5-15.

Majerus, S. (2013). Evaluation de la mémoire à court terme. In X. Seron & M van der Linden (Eds), *Traité de neuropsychologie clinique de l'adulte.* Marseille : Solal.

Mayberry, R. I. (1992). The cognitive development of hearing impaired children: Recent insights. In S. J. Segalowitz & I. Rapin (Eds.), *Handbook of neuropsychology* (Vol. 7, pp.51–68). New York : Elsevier Science.

Mayberry, R.I. (1993). First-language acquisition after childhood differs from second-language acquisition : the case of American Sign Language. *Journal of Speech and Hearing Reseach*, *36*, 51-68.

Mayberry, R.I. (2007). When timing is everything : Age of firts-language acquisition effects on second-language learning. *Applied Psycholinguistics*, 28, 537-549.

Mazeau, M (2005) : Perception visuelle et mémoire, *Connaissances surdité, 11*, 9-14

MacSweeney, M., Campbell, R. & Donlan, C. (1996). Varieties of short-term memory coding in deaf teenagers. *Journal of Deaf Studies and Deaf Education*, *1*(4), 249-262.

McCormack, T., Brown, G. D., Vousden, J. I., & Henson, R. N. A. (2000). Children's serial recall errors : implications for theories of short-term memory development. *Journal of Experimental Child Psychology*, *76*, 222-252.

McGurk, H., & MacDonald, J. (1976). Hearing lips and seeing voices. *Nature, 264*, 746-748.

Michalczyk, K., Malstädt, N., Worgt, M., Könen, T., & Hasselhorn, M. (2013). Age Differences and Measurement Invariance of Working Memory in 5- to 12-Year-Old Children. *European Journal of Psychological Assessment*, *29*(3), 220-229

Miyake, A., Friedman, N. P., Emerson, M. J., Witzki, A. H., Howerter, A., & Wager, T. D. (2000). The unity and diversity of executive functions and their contribution to complex 'frontal lobe' tasks: A latent variable analysis. *Cognitive Psychology*, *41*, 49–100.

Miyamoto, R.T., Houston, D.M., & Bergeson, T. (2005). Cochlear implantation in deaf infants. *Laryngoscope*, *115*, 1376-1380.

Mondain, M., Blanchet, C., Venail, F., & Vieu, A. (2005). Classification et traitement des surdités de l'enfant. *EMC-Oto-rhino-laryngologie*, *2*, 301-319.

Mott, A. (1899). A Comparison of Deaf and Hearing Children in Their Ninth Year. *American Annals of the Deaf*, *44*, 401–12.

N

Naglieri Non verbal Ability Test. (1999). Paris: les éditions du Centre de Psychologie Appliquée.

Nairne, J.S. (1988). A framework for interpreting recency effects in immediate serial recall. *Memory & Cognition*, *16*, 343-352.

Nairne, J.S., & Kelley, M.R. (2004). Separating item and order information through process dissociation. *Journal of Memory and Language*, *50*, 113-133.

Neath, I. (1993). Distinctiveness and serial position effects in recognition. *Memory & Cognition*, *21*, 689-698.

Neville, H.J. & Lawson, D. 1987. Attention to Central and Peripheral Visual Space in Movement Detection Task: An Eventrelated Potential and Behavioral Study. Congenitally Deaf Adults. *Brain Research*, *405*, 268-283.

Nicholas, J.G., Geers, A.E., & Kozak, V. (1994). Development of communicative function in young hearing impaired and normally hearing children. *The Volta Review*, *96,* 113-135.

Nicholls, G.H. & Ling, D. (1982). Cued Speech and the reception of spoken language. *Journal of Speech and Hearing Research, 25*, 262-269.

Nicholas, J. G., & Geers, A. E. (2007). Will they catch up? The role of age at cochlear implantation in the spoken language development of children with severe to profound hearing loss. *Journal of Speech, Language, and Hearing Research, 50*(4), 1048–1062.

Nie, K., Barco, A., & Zeng, FG. (2006). Spectral and temporal cues in cochlear implant speech perception. *Ear and hearing*, *27* (2), 208-217.

Niederberger, N. (2007). Apprentissage de la lecture-écriture chez les sourds. *Enfance, 59,* 254-262.

Nikolopoulos, T.P., Lloyd, H., Archbold, S. M. & O'Donoghue, G. M. (2001). Pediatric cochlear implantation, the parents' perspective. *Arch otolaryngol head neck surgery*, *127*, p 363-367.

Niparko, J., Tobey, E.A., Thal, D.J., Eisenberg, L.S., Wang, N.Y., Quittner, A.L., & Fink, N.E. (2010). Spoken language development in children following cochlear implantation. *JAMA*, *303*(15), 1498–1506

Nouelle, M. (2005). La perception de mots et pseudo-mots dans le bruit chez l'enfant sourd porteur d'un implant cochléaire : impact du LPC. Mémoire de licence en Logopédie, *non publié.* Université libre de Bruxelles - Université catholique de Louvain.

O

O'Donoghue,G., Nikolopoulos,T. & Archbold, S. (2000). Determinants of speech perception in children after cochlear implantation. *The Lancet, 356,* 466-468.

Osberger, M.J., Moeller, M.P., Eccarius, M., Robbins, A.M., & Johnson, D. (1986). Language and learning skills of hearing-impaired students: expressive language skills. *ASHA*, *23*, 54-65.

Ottem, E. (1980). An Analysis of Cognitive Studies with Deaf Subjects. *American Annals of the Deaf*, *125,* 564-75.

P

Palladino P., Gaux C., Boulc'h L. (2010). Le contrôle de l'interférence à l'origine des faibles capacités de mémoire de travail des enfants présentant des difficultés d'apprentissage. *A.N.A.E*, *107/108*, 1-8.

Parasnis, I., Samar, V., Bettger, J. & Sathe, K. (1996). Does Deafness Lead to Enhancement of Visual Spatial Cognition in Children? Negative Evidence from Deaf Nonsigners. *Journal of Deaf Studies and Deaf Education, 1*(2), 145-152.

Pascual-Leone, J. (1987). Organismic processes for neo-Piagetian theories: A dialectal causal account of cognitive development. *International Journal of Psychology*, 22, 531–570.

Pennequin, V., Nanty, I., & Khomsi, A. (2004). Mesurer la résistance à l'interférence chez l'enfant : élaboration d'un nouveau test à effet Stroop. *L'année Psychologique*, *104*, 203-226.

Peterson, N.R., Pisoni, D.B., & Miyamoto, R.T. (2010). Cochlear Implants and spoken language processing abibilities : Review and assessment of the literature. *Restorative Neurology and Neuroscience, 28*, 237-250.

Perrin, L. (2009). *Le rôle des connaissances sémantiques dans la mémoire de l'ordre en mémoire à court à terme*. Thèse de doctorat non publiée. Université de Poitiers

Pickering, S.J. & Gathercole, S.E. (2001). *The Working Memory Test Battery for Children*. UK: Psychological Corporation.

Piron, J.P (2006). Le réglage des implants cochléaires, *Les cahiers de l'audition*, 19 (3), 34-39.

Pisoni, D. B., Svirsky, M. A., Kirk, K. I., & Miyamoto, R. T. (1997). Looking at the "Stars": A first report on the intercorrelations among measures of speech perception, intelligibility, and language development in pediatric cochlear implant users. *Speech Research Laboratory, 21,* 51-91.

Pisoni, D. (2000). Cognitive factors and cochlear implants: some thoughts on perception, learning, and memory in speech perception. *Ear and Hearing*, *21*(1), 70-78.

Pisoni, D., Cleary, M., Geers, A., & Tobey, E. (2000). Individual differences in effectiveness of cochlear implants in children who are prelingually deaf: New process measures of performance. *Volta Review*, *101*, 111-164.

Pisoni, D., & Geers, A. (2000). Working memory in deaf children with 195 cochlear implants: correlations between digit span and measures of spoken language processing. *Annals of otology, rhinology and laryngology*, *109*, 92-93.

Pisoni, D.B., & Cleary, M. (2003). Measures of Working Memory Span and Verbal Rehearsal Speed in Deaf Children after Cochlear Implantation. *Ear & Hearing*, 24, 1, 106S-120S.

Pisoni, D.B. (2005). Speech perception in deaf children with cochlear implants. In D.B. Pisoni & R.E. Remez (Eds.), *Handbook of Speech Perception*. (pp.494-523). Blackwell Publishers.

Pisoni, D. B., Conway, C. M., Kronenberger, W. G., Horn, D. L., Karpicke, J., & Henning, S. C. (2008). Efficacy and effectiveness of cochlear implants in deaf children. In M. Marschark & P. Hauser (Eds.), *Deaf cognition: Foundations and outcomes*. New York:Oxford University Press.

Pisoni, D.B., Conway, C.M., Kronenberger, W.G., Henning, S.C., & Anaya, E.M. (2010). Executive function and cognitive control in deaf children with cochlear implants. In M. Marschark (Ed.), *Oxford Handbook of Deaf Studies, Language, and Education* (2nd *Ed*, 439–457). New York: Oxford University Press.

Pisoni D, Kronenberger W, Roman A., & Geers A. (2011). Measures of Digit Span and Verbal Rehearsal Speed in Deaf Children After More Than 10 Years of Cochlear Implantation. *Ear & Hearing*, *32*, 60S–74S.

Prang, I. (2006). Prosodie et intelligibilité des enfants sourds implantés. *Connaissances Surdité*, *15*, 22-24.

Preisler, G. (2001). *Les implants cochléaires chez les enfants sourds*. Strasbourg : Edition du Conseil de l'Europe.

Pross, N., Gaonac'h, D., & Gaux, C. (2008). Développement de la mémoire de travail : relations du centre exécutif avec la boucle phonologique et le calepin visuo-spatial chez des enfants de CE1 et de CM2. *Psychologie Française*, *53*, 307-326.

R

Rachesboeuf, M. (2011). *Fuse, un crossover entre l'intra-auriculaire et l'appareil à écouteur déporté*. Mémoire non publié pour l'obtention du diplôme d'état d'Audioprothésiste.

Rajput, K., Brown, T., & Bamiou, D.E. (2003). Aetiology of hearing loss and other related factors versus language outcome after cochlear implantation in children. *International Journal of Pediatric Otorhinolaryngology, 67* (5), 497-504.

Reitan, R.M. (1958). The validity of the Trail Making Test as an indicator of organic brain damage Perceptual and Motor Skills. *Perceptual and Motor Skills*, *8*, 271-276.

Rileigh, K.K. & Odom, P.B. (1972). Perception of rhythm by subjects with normal and deficient hearing. *Developmental Psychology*, *7*, 54-61.

de Ribaupierre, A., Lecerf, T., & Bailleux, C. (2000). Is encoding in a non verbal task necessarily non verbal ? *Current Psychology of Cognition*, *19*, 135-170.

Richardson, JTE., & Woodley, A. (1999). Approaches to studying in people with hearing loss. *British Journal of Educational Psychology*, *69*, 533–546.

Rogers, R. D., & Monsell, S. (1995). Costs of a predictable switch between simple cognitive tasks. *Journal of Experimental Psychology : General*, *124*(2), 207–231.

Rondal J.-A., Henrot, F. et Charlier, M. (1986). *Le langage des signes*. Bruxelles : Mardaga.

Rosenzweig, M. R., Leiman A. L. & Breedlove, S. M. (1998). *Psychobiologie*. De Boeck Université.

Rueda, M. R., Posner, M. I., Rothbart, M.K., & Davis-Stober, C.P. (2004). Development of the time course for processing conflict. An ERP study with 4 year olds and adults. *BMC Neuroscience, 5*, 39.

S

Schauwers, K., Gillis, S., Daemers, K., De Beukelaer, C., & Govaerts, P. (2004). Cochlear Implantation Between 5 and 20 Months of Age: The Onset of Babbling and the Audiological Outcome. *Otology & Neurology*, *25*(3), 263-70.

Scherf, F.W.A.C., van Deun, L., van Wieringen, A., Wouters, J., Desloovere, C., Dhooge, I., Offeciers, E., Deggouj, N., De Raeve, L., De Bodt, M., & Van de Heyning P. (2009). Functional outcome of sequential bilateral cochlear implantation in young children: 36 months postoperative results. *International Journal of Pediatric Otorhinolaryngology*, *73* (5), 723-730.

Schorr, E. A., Fox, N. A., Van Wassenhove, V., & Knudsen, E. I. (2005). Auditory-visual fusion in speech perception in children with cochlear implants. *Proceedings of National Academy of Sciences*, 102 (51), 18748-18750. Doi:10.1073/pnas.0508862102

Seewald, R.C., Ross, M., Giolas, T.G.,& Yonovitz A. (1985). Primary modality for speech perception in children with normal and impaired hearing. *Journal of Speech and Hearing Research* , *28*, 36-46.

Shannon R. V. (2007). Understanding hearing through deafness. *Proceedings of the National Academy of Sciences USA*, *104*, 6883–6884.

Smith, L.B., Quittner, A.L., Osberger, MJ., & Miyamoto, R (1998). Auditions and visua1 attention: the developmental trajectory in deaf and hearing populations. *Developmental Psychology*, *34*(5), 840-50.

St Clair-Thompson, H.L., & Gathercole, S.E. (2006). Executive functions and achievements in school: Shifting, updating, inhibition, and working memory. *Quarterly Journal of Experimental Psychology*, *59*(4), 745-759. Doi:10.1080/17470210500162854

Svirsky, M-A.,Robbins, A-M., Kirk, K-L., Pisoni, D-B., & Miyamoto, R-T. (2000). Language development in profoundly deaf children with cochlear implants. *Psychological Science, 11,* 153-158.

T

Teissier, N., Doehring, I., Noel-Petroff, N., Elmaleh-Bergès, M., Viala, P., François, M., Faye, A., Van den Abbeele, T., & Lorrot, M. (2013). Audiophonological evaluation of 16 children fitted with cochlear implants for sensorineural hearing loss induced by bacterial meningitis. *Archives de pédiatrie*, *20*(6), 616–623.

Thoutenhoofd, E.D., Archbold, S.M., Gregory, S., Lutman, M.E., Nikolopoulos, T.P., & Sach, T.H (2005). *Paediatric cochlear implantation: Evaluating outcomes*. Oxford, UK: Wiley Blackwell.

Tobey, E. A., Geers, A. E., Brenner, C., Altuna, D., & Gabbert, G. (2003). Factors associated with development of speech production skills in children implanted by age five. *Ear and Hearing*, *24*, 36–45.

Todman, J. & Seedhouse, E. (1994). Visual-action code processing by deaf and hearing children. *Language & Cognitive Processes, 9*, 129-141.

Tomblin, J. B., Peng, S.C., Spencer, L.J., & Lu, N. (2008). Long-Term Trajectories of the Development of Speech Sound Production in Pediatric Cochlear Implant Recipients. *Journal of Speech-Language and Hearing Research*, *51*(5), 1353-1368.

Turgeon, C. (2011). *Mesure du développement de la capacité de discrimination auditive et visuelle chez des personnes malentendantes porteuses d'un implant cochléaire*. Thèse de doctorat en sciences biomédicales option audiologie non publiée. Université de Montréal.

V

Valencia, D.M., Rimell, F.L., Friedman, B.J., Oblander, M.R., & Helmbrecht, J. (2008). Cochlear implantation in infants less that 12 months of age. *International Journal of Pediatric Otorhinolaryngology*, *72*, 767–773. Doi:10.1016/j.ijporl.2008.02.009

van der Sluis, S., de Jong, P.F., & van der Leij, A. (2007). Executive functioning in children, and its relations with reasoning, reading, and arithmetic. *Intelligence*, *35*(5), 427-449. http://dx.doi.org/10.1016/j.intell.2006.09.001

Vieu, A. Mondaina, M., Blanchard, K., Sillon, M., Reuillard-Artieres, F., Tobey., & Piron, J. (1998). Influence of communication mode on speech intelligibility and syntactic structure of sentences in profoundly hearing impaired French children implanted between 5 and 9 years of age. *International Journal of Pediatric Otorhinolaryngology*, *44,* 15-22.

Vinter, S. (1994). *L'émergence du langage de l'enfant déficient auditif, des premiers sons aux premiers mots*. Paris : Masson.

Virole, B. (Ed.). (2006). *Psychologie de la surdité*. Paris: De Boek Université.

Vivero, R.-J., Fan, K., Angeli, S., Balkany, T.-J. et Liu, X.-Z. (2010). Cochlear implantation in common forms of genetic deafness. *International Journal of Pediatric Otorhinolaryngology*, *74* (10), 1107-1112.

W

Wass, M. (2009). *Children with Cochlear Implants: Cognition and Reading Ability*. Thèse de doctorat non publiée. Linköping University, Sweden.

Waters, G.S., & Doehring, D.G. (1990). Reading acquisition in congenitally deaf children who communicate orally: insights from an analysis of component reading, language and memory skills. In T. Carr and B.A. Levy (Eds), *Reading an Its Development: component Skills Approaches.* NewYork: Academic Press.

Wechsler, D. (1991). *Wechsler Intelligence Scale for Children* (3rd edn). San Antonio, TX: The Psychological Corporation.

Willems, P.J. (2003). *Genetic hearing loss*. Boca Raton, FL: CRC Press.

Wilson, M. & Emmorey, K. (1997). A visuospatial "phonological loop" in working memory: Evidence from American Sign Language. *Memory and Cognition*, *25*, 313-320.

Wilson, M. & Emmorey, K. (1998). A "word length effect" for sign language: Further evidence for the role of language in structuring working memory. *Memory and Cognition, 26,* 584-590.

Wilson, M. & Emmorey, K. (2003). The effect of irrelevant visual input on working memory for sign language. *Journal of Deaf Studies and Deaf Education*, *8*(2), 97-103.

Y

Yoshida, H., Kanda, Y., Takahashi, H., Miyamoto, I., Yamamoto, T., & Kumagami, H. (2009). Cochlear implantation in children with congenital cytomegalovirus infection. *Otology and Neurotology, 30*, 725–730.

Z

Zheng, Y., & Xiaolin, Z. (2009). Executive control in language processing. *Neuroscience and Biobehavioral Reviews*, *33*, 1168-1177.

Table des illustrations

Figure 1 : La zone conversationnelle 30
Figure 2 : Surdité de transmission 32
Figure 3 : Surdité de perception ou neurosensorielle 33
Figure 4 : Exemple de phrase en LSF 41
Figure 5 : Dactylologie de la LSF..... 42
Figure 6 : Le code LPC, Configurations des consonnes et positions des voyelles 43
Figure 7 : un *Tubus Cochleatus* et un *Ellipsis Otica* 47
Figure 8 : Dispositif de l'implant cochléaire 49
Figure 9 : Modèle de la mémoire de travail d'après Baddeley (1990) 74
Figure 10 : Modèle de la mémoire à court terme de Majerus, 2009..... 76
Figure 11 : Schéma du jeu utilisé pour la tâche de mémoire et les différentes conditions. Tous les stimuli auditifs ont été présentés *via* un haut parleur situé derrière l'appareil. 108
Figure 12 : Scores aux tâches de mémoire selon les différentes conditions : 'noms des couleurs'=C, 'noms des chiffres'= D et 'lumières seules'= S. (scores pondérés moyen, au moins une fois -erreur dans une liste-, la moitié ou plus, toujours correct) 109
Figure 13 : Scores pour les deux groupes dans les conditions : 'audition seule'= A, 'audition + noms des couleurs'= A+V-S et 'noms des couleurs sans audition'= V-S. 112
Figure 14 : Localisations et nombre d'enfants sourds rencontrés 121
Figure 15 : Nombre moyen d'*items* correctement rappelés pour chaque condition de présentation des *items* selon la modalité verbale ou visuo-spatiale. 137
Figure 16 : Nombre moyen d'*items* correctement rappelés pour les conditions de présentation '*Items* seuls' et '*Items*+Son' selon la modalité verbale ou visuo-spatiale. 139
Figure 17 : Nombre moyen d'*items* correctement rappelés pour les conditions de présentation '*Items* seuls' et '*Items*+Son+LPC' selon la modalité verbale ou visuo-spatiale. 140
Figure 18 : Nombre moyen d'*items* correctement rappelés pour les conditions de présentation '*Items* Seuls' et 'Son+LPC' selon la modalité verbale ou visuo-spatiale. 141
Figure 19 : Nombre moyen d'*items* correctement rappelés pour les conditions de présentation '*Items*+Son' et '*Items*+Son+LPC' selon la modalité verbale ou visuo-spatiale. 142
Figure 20 : Nombre moyen d'*items* correctement rappelés pour les conditions de présentation '*Items*+Son' et 'Son+LPC' selon la modalité verbale ou visuo-spatiale..... 143
Figure 21 : Nombre moyen d'*items* correctement rappelés pour les conditions de présentation '*Items*+Son+LPC' et 'Son+LPC' selon la modalité verbale ou visuo-spatiale. 144
Figure 22 : Nombre moyen d'*items* correctement rappelés pour la modalité verbale ou visuo-spatiale selon la classe des enfants. 146

Figure 23 : Nombre moyen d'*items* correctement rappelés pour chacune des quatre conditions de présentation des *items* selon la classe des enfants. 146
Figure 24 : Nombre moyen d'*items* correctement rappelés pour chacune des quatre conditions de présentation des *items* selon la classe des enfants et la modalité verbale ou visuo-spatiale. 147
Figure 25 : Dendrogramme représentant l'analyse en cluster du nombre d'*items* correctement rappelés dans chacune des conditions de présentation des *items* pour chaque modalité. 151
Figure 26 : Nombre moyen d'erreurs selon le type d'erreur (*Item* ou Ordre) et la modalité (verbale ou visuo-spatiale) dans les conditions *Items* seuls. 154
Figure 27 : Nombre moyen d'erreurs selon le type d'erreur (*Item* ou Ordre) et la modalité (verbale ou visuo-spatiale) dans toutes les conditions. 155
Figure 28 : Dendrogramme représentant l'analyse en cluster du nombre d'erreurs d'*Item* ou d'Ordre dans chacune des modalités de présentation (verbale et visuo-spatiale). 158
Figure 29 : Pourcentage moyen d'*items* correctement rappelés dans la condition '*Items* seuls' pour chacune des longueurs des séquences (2 *items*, 3 *items*, 4 *items*) dans chacune des modalités (verbale vs visuo-spatiale). 161
Figure 30 : Pourcentage moyen d'*items* correctement rappelés pour chacune des longueurs des séquences (2 *items*, 3 *items*, 4 *items*) dans chacune des modalités (verbale vs visuo-spatiale), sur l'ensemble des conditions de présentation des *items*. 162
Figure 31 : Pourcentage moyen d'*items* correctement rappelés pour chacune des conditions de présentation dans chacune des modalités (verbale vs visuo-spatiale). 163
Figure 32 : Pourcentage moyen d'*items* correctement rappelés pour chacune des longueurs des séquences (2 *items*, 3 *items*, 4 *items*) dans chacune des conditions de présentation des *items*. 164
Figure 33 : Pourcentage moyen d'*items* correctement rappelés pour chacune des longueurs des séquences (2 *items*, 3 *items*, 4 *items*) dans chacune des modalités (verbale vs visuo-spatiale), sur l'ensemble des conditions de présentation des *items*. 165
Figure 34 : Pourcentage moyen d'*items* correctement rappelés dans la modalité verbale pour chacune des longueurs des séquences (2 *items*, 3 *items*, 4 *items*) dans chacune des conditions de présentation des *items*. 166
Figure 35 : Pourcentage moyen d'*items* correctement rappelés dans la modalité visuo-spatiale pour chacune des longueurs des séquences (2 *items*, 3 *items*, 4 *items*) dans chacune des conditions de présentation des *items*. 168
Figure 36 : Nombre moyen d'erreurs selon le type d'erreur (Omission ou Intrusion) et la modalité (verbale ou visuo-spatiale) dans les conditions *Items* seuls. 170

Figure 37 : Nombre moyen d'erreurs selon le type d'erreur (Omission ou Intrusion) et la modalité (verbale ou visuo-spatiale) dans toutes les conditions..... 172
Figure 38 : Dendrogramme représentant l'analyse en cluster du nombre d'erreurs d'Omission ou d'Intrusion dans chacune des modalités (verbale et visuo-spatiale)..... 175
Figure 39 : Nombre moyen d'*items* correctement rappelés par les enfants sourds avec IC et les enfants entendants appariés pour chaque condition de présentation des *items* selon la modalité verbale ou visuo-spatiale..... 190
Figure 40 : Différences entre le nombre d'*items* correctement rappelés à deux conditions de présentation pour chacun des groupes d'enfants, pour la modalité verbale puis pour la modalité visuo-spatiale. 193
Figure 41 : Nombre moyen d'erreurs d'*item* et d'ordre des enfants sourds avec IC et des enfants entendants appariés pour chaque modalité. 195
Figure 42 : Nombre moyen d'erreurs commises par les enfants sourds avec IC et les enfants entendants appariés, selon le type d'erreur (*Item* ou Ordre) et la modalité (verbale ou visuo-spatiale) dans toutes les conditions..... 198
Figure 43 : Pourcentage moyen d'*items* correctement rappelés par les enfants sourds avec IC et les enfants entendants appariés dans la condition '*Items* seuls' pour chacune des longueurs des séquences (2 *items*, 3 *items*, 4 *items*) dans chacune des modalités (verbale vs visuo-spatiale). 204
Figures 44a et 44b : Pourcentage moyen d'*items* correctement rappelés par les enfants sourds avec IC et les enfants entendants pour chaque longueur des séquences et chacune des conditions des modalités verbale et visuo-spatiale..... 206
Figure 45 : Pourcentage moyen d'*items* correctement rappelés pour chacune des longueurs des séquences dans chacune des conditions de présentation des *items* pour les modalités verbales et visuo-spatiales pour les enfants entendants puis pour les enfants sourds avec IC. 209
Figure 46 : Nombre moyen d'erreurs d'omission et d'intrusion commises par les enfants sourds avec IC et les enfants entendants appariés selon la modalité (verbale ou visuo-spatiale) dans les conditions *Items* seuls. 212
Figure 47 : Nombre moyen d'erreurs d'omission et d'intrusion commises par les enfants sourds avec IC et les enfants entendants appariés dans chacune des conditions selon la modalité (verbale ou visuo-spatiale). 214

Table des tableaux

Tableau 1 : Structure de la thèse..... 25
Tableau 2 : Classification audiométrique des déficiences auditives..... 31
Tableau 3 : Catégories de surdité selon l'âge d'apparition 37
Tableau 4 : Tableau synoptique des tâches utilisées pour examiner les performances en MCT/MDT 115
Tableau 5 : Caractéristiques des enfants sourds 121
Tableau 6 : Exemples d'*items* dans les quatre conditions en modalité verbale et en modalité visuo-spatiale 127
Tableau 7 : Synthèse des contrastes entre les conditions pour la modalité verbale puis pour la modalité visuo-spatiale. 137
Tableau 8 : Corrélations entre les conditions de présentation des *items* pour les modalités verbales et visuo-spatiales (R de Spearman). 150
Tableau 9 : Synthèse des comparaisons entre les types d'erreur pour la modalité verbale puis pour la modalité visuo-spatiale, puis entre modalités pour chaque type d'erreur..... 154
Tableau 10 : Synthèse des comparaisons entre les types d'erreur pour chacune des conditions de la modalité verbale puis chacune des conditions de la modalité visuo-spatiale. 154
Tableau 11 : Synthèse des comparaisons entre les conditions pour les erreurs d'*item* puis pour les erreurs d'ordre pour la modalité verbale. 156
Tableau 12 : Synthèse des comparaisons entre les conditions pour les erreurs d'*item* puis pour les erreurs d'ordre pour la modalité visuo-spatiale. 157
Tableau 13 : Corrélations entre les nombres d'erreurs d'*item* et d'ordre intra-modalité et inter-modalités (verbales et visuo-spatiales), réalisées avec le test des rangs de Spearman. 157
Tableau 14 : Synthèse des contrastes entre les conditions de présentation des *items* pour chacune des longueurs de liste pour la modalité verbale et pourcentages moyens d'*items* correctement rappelés dans chacune des conditions. 166
Tableau 15 : Synthèse des contrastes entre les longueurs de listes pour chacune des conditions de présentation des *items* pour la modalité verbale. 167
Tableau 16 : Synthèse des contrastes entre les conditions de présentation des *items* pour chacune des longueurs de liste pour la modalité visuo-spatiale, et pourcentages moyens d'*items* correctement rappelés dans chacune des conditions. 168
Tableau 17 : Synthèse des contrastes entre les longueurs de listes pour chacune des conditions de présentation des *items* pour la modalité visuo-spatiale. 169

Tableau 18 : Synthèse des comparaisons entre les types d'erreur pour la modalité verbale puis pour la modalité visuo-spatiale, puis entre modalités pour chaque type d'erreur. 171
Tableau 19 : Synthèse des comparaisons entre les types d'erreur pour chacune des conditions de la modalité verbale puis chacune des conditions de la modalité visuo-spatiale. 172
Tableau 20 : Synthèse des comparaisons entre les conditions pour les erreurs d'*item* puis pour les erreurs d'ordre pour la modalité verbale. 173
Tableau 21 : Synthèse des comparaisons entre les conditions pour les erreurs d'*item* puis pour les erreurs d'ordre pour la modalité visuo-spatiale. 174
Tableau 22 : Corrélations entre les nombres d'erreurs d'omission et d'intrusion intra-modalité et inter-modalités (verbales et visuo-spatiales), réalisées avec le test des rangs de Spearman. 174
Tableau 23 : Synthèse des hypothèses relatives aux comparaisons entre les différences (gain ou détérioration du rappel) entre les modalités verbales et visuo-spatiales pour chacune des comparaisons inter-conditions pour les enfants sourds IC puis entendants. 188
Tableau 24 : Synthèse des comparaisons réalisées avec le test non paramétrique U de Mann-Whitney entre les groupes d'enfants sourds avec IC et entendants appariés dans chacune des conditions de présentation des *items* pour les modalités verbale puis visuo-spatiale. 190
Tableau 25 : Synthèse des comparaisons entre les conditions deux à deux dans la modalité verbale puis dans la modalité visuo-spatiale, pour les enfants entendants puis pour les enfants sourds avec IC (test non paramétrique de Wilcoxon). 191
Tableau 26 : Différences entre le nombre d'*items* correctement rappelés à deux conditions de présentation pour la modalité verbale puis pour la modalité visuo-spatiale et résultats des comparaisons entre les deux groupes d'enfants (test non paramétrique U de Mann-Withney). 192
Tableau 27 : Comparaisons entre les groupes d'enfants sourds avec IC et entendants appariés pour chaque type d'erreurs commises, pour la modalité verbale puis pour la modalité visuo-spatiale. 195
Tableau 28 : Comparaisons entre les deux types d'erreurs commises pour la modalité verbale puis pour la modalité visuo-spatiale, d'une part, et entre les deux modalités pour chaque type d'erreurs d'autre part, pour le groupe d'enfants sourds avec IC puis pour le groupe d'enfants entendants appariés. 196
Tableau 29 : Comparaisons entre les groupes d'enfants sourds avec IC et entendants appariés pour chaque type d'erreurs commises et chacune des conditions de la modalité verbale puis chacune des conditions de la modalité visuo-spatiale. 197

Tableau 30 : Synthèse des comparaisons entre les conditions pour les erreurs d'*item* puis pour les erreurs d'ordre, commises par les enfants entendants puis par les enfants sourds avec IC, pour la modalité verbale (Test de Wilcoxon). 199
Tableau 31 : Synthèse des comparaisons entre les conditions pour les erreurs d'*item* puis pour les erreurs d'ordre, commises par les enfants entendants puis par les enfants sourds avec IC, pour la modalité visuo-spatiale. (Test de Wilcoxon)..... 200
Tableau 32 : Comparaisons entre les enfants sourds avec IC et les enfants entendants appariés des pourcentages moyens d'*items* correctement rappelés à chacune des longueurs des séquences, pour la modalité verbale puis pour la modalité visuo-spatiale (test U de Mann-Whitney). 202
Tableau 33 : Synthèse des comparaisons entre les pourcentages moyens d'*items* correctement rappelés, par les enfants sourds avec IC et les enfants entendants appariés, pour chacune des longueurs des séquences, pour la modalité verbale puis pour la modalité visuo-spatiale. 203
Tableau 34 : Synthèse des comparaisons entre les pourcentages d'*items* correctement rappelés par les enfants sourds avec IC ainsi que par les enfants entendants appariés, dans la modalité verbale et la modalité visuo-spatiale selon la longueur des séquences. 205
Tableau 35 : Comparaisons entre les pourcentages moyens d'*items* correctement rappelés par les enfants sourds avec IC et les enfants entendants pour chacune des longueurs des séquences dans chacune des conditions des modalités verbales puis visuo-spatiale (test U de Mann-Whitney). 206
Tableau 36 : Synthèse des comparaisons entre les longueurs des séquences pour chacune des conditions de présentation des *items* pour les modalités verbales et visuo-spatiales pour les enfants entendants puis les enfants sourds avec IC (test de Wilcoxon)..... 207
Tableau 37 : Comparaisons entre les groupes d'enfants sourds avec IC et entendants appariés pour les erreurs d'omission puis d'intrusion, dans les modalités verbale puis visuo-spatiale. 212
Tableau 38 : Comparaisons entre les groupes d'enfants sourds avec IC et entendants appariés pour les erreurs d'omission puis d'intrusion dans chacune des conditions de la modalité verbale puis chacune des conditions de la modalité visuo-spatiale. 213
Tableau 39 : Synthèse des comparaisons entre les conditions pour les erreurs d'omission puis pour les erreurs d'intrusion, commises par les enfants entendants puis par les enfants sourds avec IC, pour la modalité verbale (Test de Wilcoxon). 215
Tableau 40 : Synthèse des comparaisons entre les conditions pour les erreurs d'omission puis pour les erreurs d'intrusion, commises par les enfants entendants puis par les enfants sourds avec IC, pour la modalité visuo-spatiale (Test de Wilcoxon)..... 216

Tableau 41 : Tableau synoptique des résultats des comparaisons entre les groupes des enfants sourds avec IC et des entendants appariés dans chacune des conditions de présentation des *items* pour les modalités verbale puis visuo-spatiale..... 218
Tableau 42 : Tableau synoptique des résultats des comparaisons entre les conditions deux à deux dans la modalité verbale puis dans la modalité visuo-spatiale, pour les enfants entendants puis pour les enfants sourds avec IC (test non paramétrique de Wilcoxon, Z). 220
Tableau 43 : Tableau synoptique des résultats des comparaisons entre les conditions deux à deux dans la modalité verbale puis dans la modalité visuo-spatiale, pour les enfants entendants puis pour les enfants sourds avec IC (test non paramétrique de Wilcoxon, Z). 221
Tableau 44 : Tableau synoptique des résultats des comparaisons entre les conditions deux à deux dans la modalité verbale puis dans la modalité visuo-spatiale, pour les enfants entendants puis pour les enfants sourds avec IC (test non paramétrique de Wilcoxon, Z). 222
Tableau 45 : Tableau synoptique des résultats des comparaisons entre les conditions deux à deux dans la modalité verbale puis dans la modalité visuo-spatiale, pour les enfants entendants puis pour les enfants sourds avec IC (test non paramétrique de Wilcoxon, Z). 223
Tableau 46 : Seuils, nombre d'*items* correctement rappelés par chacun des 14 enfants sourds avec IC dans les conditions *Items* seuls en fonction de la modalité et profils de performances. 227
Tableau 47 : Seuils, nombre d'*items* correctement rappelés par chacun des 14 enfants sourds avec IC dans chacune des conditions en fonction de la modalité et profils de performances. 229
Tableau 48 : Valeur du Chi2 de Pearson pour chacune des comparaisons des distributions des conditions deux à deux pour chaque modalité. 231
Tableau 49 : Seuils de la différence entre deux conditions de présentation (gain ou détérioration), valeur de ces différences pour chacun des 14 enfants sourds avec IC dans chacune des conditions en fonction de la modalité et profils de performances. 232
Tableau 50 : Seuils, nombre d'erreurs de chacun des 14 enfants sourds avec IC pour chaque type d'erreurs (*item* ou ordre) pour les conditions *Items* seuls en fonction de la modalité et profils de performances. 234
Tableau 51 : Seuils, nombre d'erreurs d'*item* ou d'ordre pour chacun des 14 enfants sourds avec IC pour chaque condition des modalités verbale et visuo-spatiale et profils de performances..... 237
Tableau 52 : Seuils, pourcentages individuels d'*items* rappelés par chacun des 14 enfants sourds avec IC pour chaque longueur des séquences d'*items* dans chaque modalité et profils de performances. 239

Tableau 53 : Seuils, pourcentages individuels d'*items* rappelés par chacun des 14 enfants sourds avec IC pour chaque longueur des séquences d'*items* dans chacune des conditions des deux modalités et profils de performances. 242
Tableau 54 : Seuils, nombre d'erreurs pour chacun des 14 enfants sourds avec IC pour chaque type d'erreurs (Omission et Intrusion) pour les conditions *Item*s seuls en fonction de la modalité et profils de performances. 244
Tableau 55 : Seuils, nombre d'erreurs pour chacun des 14 enfants sourds avec IC pour chaque type d'erreurs (Omission et Intrusion) pour chacune des conditions de chacune des modalités et profils de performances. 246
Tableau 56 : Tableau synoptique du nombre d'enfants sourds avec IC (N=14) dans chacun des profils selon la variable considérée (nombre d'*item*s rappelés, erreurs d'*item* ou d'ordre, longueur des séquences, erreurs d'omission et d'ordre) et la modalité, dans les conditions *Item*s seuls..... 249
Tableau 57 : Tableau synoptique du nombre d'enfants sourds avec IC situés dans le profil de performances le plus faible en fonction de la condition de présentation des *item*s et de la modalité pour chacune des variables considérées..... 250
Tableau 58 : Tableau synoptique du profil de chacun des enfants sourds avec IC dans chacun des profils selon les variable considérées (nombre d'items rappelés et gain ou détérioration) la modalité, dans chacune des conditions de présentation des items. 252
Tableau 59 : Tableau synoptique du profil de chacun des enfants sourds avec IC dans chacun des profils selon les variable considérées (nombre d'items rappelés, erreurs d'*item* ou d'ordre) et la modalité, dans chacune des conditions de présentation des items. 255
Tableau 60 : Tableau synoptique du profil de chacun des enfants sourds avec IC dans chacun des profils selon les variable considérées (nombre d'items rappelés, longueur des séquences) et la modalité, dans chacune des conditions de présentation des items. 256
Tableau 61 : Tableau synoptique du profil de chacun des enfants sourds avec IC dans chacun des profils selon les variable considérées (nombre d'items rappelés, erreurs d'omission et d'intrusion) et la modalité, dans chacune des conditions de présentation des items. 258
Tableau 62 : Caractéristiques des enfants sourds suivis de façon longitudinale..... 260
Tableau 63 : Seuils, évolution du nombre d'items correctement rappelés pour chacun des 4 enfants sourds avec IC dans les conditions Items seuls en fonction de la modalité..... 260
Tableau 64 : Seuils, évolution du nombre d'*items* correctement rappelés pour chacun des 4 enfants sourds avec IC dans chacune des conditions en fonction de la modalité. 262
Tableau 65 : Caractéristiques des enfants sourds, résultats aux test des cloches et au *Trail Making Test* 269

Index des auteurs

Aboutabit, 44
Alegria, 43, 44, 45, 57, 58, 106, 116, 287
Allen, 129
Allman, 88, 116
Alloway, 21
Altuna, 18
Anaya, 20, 95, 288
Angeli, 35
Archbold, 57, 60, 62
Armand, 58
Artières, 36
Atkinson, 79
Attina, 44, 45
Avons, 78
Baddeley, 19, 20, 22, 73, 74, 75, 78, 80, 82, 90, 213, 214, 277
Bailleux, 75
Baligand, 17
Balkany, 35
Bamiou, 35
Barco, 52
Barrouillet, 81, 145, 146
Bavelier, 59, 63, 95, 96, 97, 116
Bayard, 21, 45, 65, 69, 136, 186, 280
Beer, 99, 271
Bellugi, 39, 85, 103, 116
Benoit, 18
Bergeson, 21, 62
Bergson, 66
Berland, 21
Bernardin, 81
Bertoncini, 56, 64, 68
Bertram, 61
Bettger, 60
Bharadwaj, 88, 116, 279
Bjork, 80, 153, 154, 284
Blachet, 34
Blamey, 57
Boons, 61, 62
Borgna, 88, 116
Bosworth, 97, 116
Bouchard, 60
Boulc'H, 213
Bourdin, 57
Boutla, 95, 116
Brenner, 18, 66, 102
Briec, 57
Briggs, 61
Brokx, 61
Brown, 35, 78, 79
Burgess, 78
Burkholder, 19, 21, 67, 90, 91, 103, 104, 116, 186
Burkholer, 281
Busby, 87, 116
Busquet, 64, 68
Cajal, 2013, 38, 47, 51
Camos, 81, 145, 146
Campbell, 57, 90, 91
Cannard, 126
Case, 98
Castellanos, 99, 271
Chamberland, 78, 79
Charlier, 39, 43, 44, 103, 105, 116, 287
Chevalier, 20, 98, 99, 271
Chevignard, 273
Chouard, 47
Clark, 87, 116
Clearly, 186
Cleary, 19, 20, 21, 67, 71, 83, 87, 88, 93, 94, 102, 106, 107, 110, 113, 115, 116, 124, 136, 137, 140, 279, 280
Clerebaut, 34
Coffrey, 20, 84, 116
Cohen, 60
Colin, 21, 22, 45, 64, 65, 66, 69, 104, 116, 136, 186
Companys, 41
Convertino, 18, 58, 88, 116
Conway, 18, 20, 72, 84, 94, 95, 116, 288
Corina, 39
Cornett, 42
Corsi, 74, 77, 86, 88, 126
Couloigner, 53
Courtin, 39
Cowan, 81, 90, 96, 116
Craig, 20
Crone, 99
D'Elia, 20
D'Hondt, 39
Daemers, 61
Daigle, 58
Dardier, 17
Davidson, 21, 66, 102
Davis, 21, 63, 66
Dawson, 87, 88, 116
De Beukelaer, 61
De Bodt, 53
De Boysson-Bardies, 56
De Giacomo, 20
De Raeve, 17, 53
De Ribaupierre, 75

Deggouj, 53
Delamotte-Legrand, 56
Deleau, 17
Deltenre, 19, 46, 60, 104, 116, 185
Demont, 58
Descourtieux, 130
Desloovere, 53
Dettman, 61
Dhooge, 53, 61
Djourno, 47
Dodd, 89
Doehring, 50, 103
Donlan, 91
Dowell, 61
Ducharme, 39
Duchesne, 17
Dumont, 46, 47, 52, 59, 63
Dyar, 129
Dye, 59, 63
Ebbinghaus, 77
Eccarius, 57
Edwards, 20, 100, 271
Eilers, 56
Eisenberg, 61
Elmaleh-Bergès, 50
Emerson, 98
Emmorey, 39, 40, 85, 86, 96, 97, 105, 106, 116
Emslie, 78
Engle, 72
Ertmer, 56
Esperanza, 18, 94, 116
Eyriès, 47
Fabius, 38
Fan, 35
Faye, 50
Fayol, 74, 145, 146
Figueras, 20, 100, 213, 271
Fisher, 103, 116
Fox, 66
François, 50
Friedman, 50, 98
Frinjs, 61
Froechlich, 35
Fryauf-Bertschy, 61
Gabbert, 18
Gaillart, 36
Gantz, 61
Gao, 19, 20, 84, 91, 116
Gaonac'h, 74, 145, 146, 279
Garabédian, 36
Garnham, 52
Gathercole, 77, 78, 98, 145, 277
Gautherot, 75
Gaux, 213, 279
Geers, 18, 19, 21, 57, 61, 66, 71, 83, 87, 93, 102, 106, 107, 110, 113, 115, 116, 124, 136, 137, 140
Giagnotti, 20
Gibert, 44
Giezen, 288
Gillet, 17
Gillis, 61
Godey, 17
Gombert, 58
Gordon, 50
Govaerts, 61
Green, 88, 116
Gregory, 57
Guidetti, 29, 34
Hage, 17, 37, 39, 43, 55, 56, 58
Hall, 95, 96, 97, 116
Hanson, 90
Hardeveld, 17
Harris, 19, 20, 84, 91, 94, 116
Hasselhorn, 75
Hauser, 59
Healy, 80, 284
Heermann, 61
Heiligenstein, 75
Helmbrecht, 50
Henning, 18, 20, 84, 94, 95, 116, 288
Hitch, 78, 80
Hoen, 19, 91, 116
Holt, 61
Horn, 63, 84, 116, 288
House, 47
Houston, 62
Howerter, 98
Hugonet, 57
Hulme, 78, 90
Hurlstone, 80, 154
Huyse, 45, 65, 136, 186
Illg, 61
Johnson, 57, 89
Jonas, 35
Kanda, 35
Karpicke, 18, 20, 84, 94, 95, 116
Kaufman, 89
Keller, 90
Kelley, 78, 81
Kelsay, 61
Kemp, 94
Kennedy, 57
Kircher, 46, 47
Kirk, 19, 21, 53, 61, 66, 94, 113, 116, 136
Knudsen, 66

Könen, 75
Korkman, 94
Kosslyn, 85
Kozak, 57
Kraljic, 97, 116
Kronenberger, 18, 19, 20, 84, 93, 94, 95, 99, 116, 213, 263, 271, 288
Kuehn, 57
Kumagami, 35
Lachs, 21, 66
Langdon, 20, 100, 271
LaRock, 18, 58
LaSasso, 21, 69
Lashley, 77
Laughlin, 72
Law, 57
Lawson, 59
Le Cat, 47
Le Maner-Idrissi, 17, 58
Le Normand, 17
Lecerf, 75
Lechat, 45, 105, 106, 116
Leggerstee, 64
Leigh, 61
Lenarz, 61
Lepot-Froment, 34
Lesinski-Schiedat,, 61
Leybaert, 19, 21, 22, 39, 45, 46, 60, 64, 65, 66, 69, 72, 73, 104, 105, 106, 116, 185, 186, 280
Ligny, 19, 46, 60, 104, 116, 185
Limousin, 39
Lina-Granade, 35, 36, 37
Ling, 43
Liu, 35
Locke, 65
Lopez Krahe, 2007, 38
Lorrot, 50
Loundon, 17, 36
Lu, 60
Lukomski, 88, 116
Lutman, 57
MacSweeney, 91
Majerus, 20, 73, 75, 76, 77, 78, 79, 81, 153, 195, 283, 284
Malstädt, 75
Mansbach,, 19, 46, 104, 116, 185
Manulex, 126
Maricle, 88, 116
Marquet, 19, 46, 104, 116, 185
Marschark, 18, 57, 58, 88, 116, 277
Matera, 20
Mattys, 44, 116, 287
Mayberry, 39, 86, 116
Mazeau, 73
McCann, 57
McCormack, 79
McDougall, 90
McGarr, 103
McGurk, 64
McKay, 87, 116
Melling, 78
Michalczyk, 75
Miyake, 98
Miyamoto, 17, 19, 20, 35, 53, 61, 62, 63, 84, 91, 94, 99, 116, 271
Moeller, 57
Mondain, 34, 35, 36
Moog, 18, 57
Morgenstern, 39
Morlaix, 146
Morrison, 88, 116
Mott, 82
Mullee, 57
Naglieri, 24, 123, 131
Nairne, 78, 80, 81
Nathani, 56
Neath, 80
Neville, 59
Newport, 40
Nicholas, 18, 57, 61, 102
Nicholls, 43
Nie, 52
Nikolopoulos, 57, 60, 62, 129
Niparko, 61
Noel-Petroff, 50
Norris, 79
Nouelle, 68
O'Donoghue, 60, 62, 129, 286
O'Driscoll, 52
Oblander, 50
Odom, 95
Offeciers, 53
Ollers, 56
Osberger, 57, 62
Ouellet, 60
Pajon-Clinquart, 17
Palladino, 213
Papagno, 78
Papsin, 50
Parasnis, 60, 86, 116
Pascual- Leone, 98
Patterson, 79
Pearson, 65
Peeraer, 61
Peng, 60
Périer, 19, 43, 46, 104, 116, 185
Perrin, 171, 196, 214

Peterson, 17
Petrou, 57
Pickering, 77, 145, 277
Pinder, 61
Piron, 51
Pisoni, 17, 18, 19, 20, 21, 22, 52, 53, 61, 62, 63, 65, 66, 67, 71, 82, 83, 84, 87, 90, 91, 93, 94, 95, 99, 102, 103, 104, 106, 107, 110, 113, 115, 116, 124, 126, 136, 137, 140, 186, 196, 271, 281, 285, 288
Poncelet, 75
Porot, 35
Prang, 129
Preece, 78
Preisler, 48
Pross, 136, 279
Quaranta, 20
Quittner, 61, 62
Rachesboeuf, 46, 47
Rack, 90
Rajput, 35
Ramsden, 52
Reitan, 272
Renglet, 19, 46, 60, 104, 116, 185
Rileigh, 95
Rimell, 50
Robbins, 57, 61
Roodenrys, 90
Rosenzweig, 34
Ross, 67
Sabria, 56
Sach, 57
Samar, 60
Sathe, 60
Schauwers, 61
Schepers, 19, 46, 60, 104, 116, 185
Scherf, 53
Schorr, 66
Seedhouse, 95
Seewald, 67
Serniclaes, 19, 46, 60, 104, 116, 185
Shannon, 52
Shiffrin, 79
Simon, 19, 46, 60, 104, 107, 116, 185
Smith, 62
Spencer, 57, 60
Stark, 56
Stevenson, 57
Suchaut, 146
Supalla, 95, 116
Svirsky, 53, 61, 62, 286
Takahashi, 35
Tan-Bescond, 17
Teissier, 50
Thal, 61
Thompson, 98
Thoutenhoofd, 57
Tilmant, 45
Tobey, 18, 61, 93, 116
Todman, 95
Tomblin, 60
Torretta, 102
Tourette, 29, 34
Truy, 35, 36, 37
Tuholski, 72
Turgeon, 63
Tye-Murray, 102
Tyler, 61
Uchanski, 102
Uziel, 36
Valencia, 50
Vallancien, 47
Van de Heyning, 53
Van den Abbeele, 50
Van der Linden, 75
Van Deun, 53
Van Wassenhove, 66
Van Wieringen, 53, 61
Venail, 34, 36
Vermeulen, 61
Viala, 50
Vieu, 34, 36
Vinter, 56
Virole, 31, 32, 34, 37
Vivero, 35
Von Haller, 47
Vousden, 79
Wager, 98
Wang, 61
Ward, 78
Wass, 88, 116
Waters, 103
Wechsler, 82, 83, 89
Willem, 107
Willems, 90
Willis, 78
Wilson, 86, 96, 105, 106, 116
Witzki, 98
Worgt, 75
Wouters, 53, 61
Wright, 90
Yamamoto, 35
Yoshida, 35
Young, 56
Zeng, 52

ENGAGEMENT DE NON PLAGIAT

Je, soussigné(e) **Stéphanie Pouyat Houée**

déclare être pleinement conscient(e) que le plagiat de documents ou d'une partie d'un document publiée sur toutes formes de support, y compris l'internet, constitue une violation des droits d'auteur ainsi qu'une fraude caractérisée. En conséquence, je m'engage à citer toutes les sources que j'ai utilisées pour écrire ce rapport ou mémoire.

signé par l'étudiant(e) le **15** / **07**/ **2017**

Cet engagement de non plagiat doit être signé et joint à tous les rapports, dossiers, mémoires.

Présidence de l'université
40 rue de rennes – BP 73532
49035 Angers cedex
Tél. 02 41 96 23 23 | Fax 02 41 96 23 00

université angers

UNIVERSITE BRETAGNE LOIRE

université angers

Thèse de Doctorat

Stéphanie Houée

Mémoire à court terme/Mémoire de travail chez l'enfant sourd profond muni d'un implant cochléaire

Contribution à la compréhension des difficultés cognitives des enfants sourds

Short-term memory/Working memory in deaf children with a cochlear implant

Contribution to the understanding of cognitive difficulties of deaf children

Résumé

L'ambition de la thèse est de contribuer à une meilleure compréhension des difficultés cognitives rencontrées par les enfants sourds munis d'un implant cochléaire (IC). Elle présente une recension de travaux et une étude originale concernant la mémoire à court-terme/mémoire de travail. Est évalué l'apport recommandé de la lecture labiale et des clés de la LPC (Langue Parlée Complétée) sur le rappel.
Une série d'épreuves originales de rappel immédiat a été conçue sur support informatique. Elle comprend des tâches contrastées du point de vue de la nature de l'information à mémoriser (spatiale *vs* verbale) et des modalités de présentation de l'information. Les épreuves ont été validées auprès d'une population d'enfants normo-entendants (NE) (âgés de 6 à 8 ans, N=42). Les réponses d'enfants IC (N=14) ont été comparées à celles d'enfants NE, sur la base de la constitution de deux groupes appareillés selon les critères d'âge, de sexe et d'aptitude intellectuelle.
Pour les deux groupes, le rappel immédiat est meilleur pour les informations visuo-spatiales. Les informations verbales sont moins bien retenues par les enfants IC. Contrairement aux attentes, l'apport de la LPC, spécifiquement dans la modalité verbale, ne conduit pas à une augmentation des performances des enfants sourds. L'analyse de l'ordre de rappel des items ne fait pas apparaître de difficulté spécifique. En revanche, la longueur des listes est préjudiciable en verbal. L'analyse des erreurs atteste de leurs difficultés au plan des connaissances langagières. Une analyse fine des performances individuelles montre des profils différenciés attestant de la singularité des modes d'adaptation des enfants sourds IC.

Mots clés : Cognition, Enfant, Implant Cochléaire, Langue Parlée Complétée, Mémoire à court terme, Mémoire de travail, Surdité.

Abstract

The aim of the thesis is to contribute to a better understanding of cognitive difficulties in deaf children with a cochlear implant (CI). Firstly, this thesis presents a comparative analysis of previous research work. Secondly, it presents an original study addressing short-term memory (STM)/working memory (WM) issues, in which the contribution of cued speech (CS) is assessed on memorization performances.
To do so, a novel STM/WM task series was developed and used to investigate whether the use of verbal stimuli *versus* spatial stimuli differentially affects immediate memory processes and to examine whether the presentation of *items* in an enriched context has a benefit on the immediate memory capacity. The developed tasks were validated on normal-hearing (NH) children (6- and 8-year-old, N=42) and the capacities of CI deaf children (N=14) were compared to those of their NH peers matched for age, sex and reasoning ability.
For both groups, the immediate recall proves to be better for visuo-spatial information. Also, CI deaf children appear as memorizing less verbal information. Surprisingly, CS, appears to be ineffective to improve the CI deaf children performances, especially in the verbal modality case; if the analysis of the order of recall of *items* does not reveal any specific difficulty, the length of the *items* lists is harmful in the verbal modality. The analysis of the recall errors confirms difficulties in linguistic knowledge. Individual performances of CI deaf children show diverse patterns.

Key Words : Cognition, Child, Cochlear Implant, Cued Speech, Short-term memory, Working memory, Deafness.

L'Université Bretagne Loire

UNIVERSITE BRETAGNE LOIRE

université angers

Thèse de Doctorat

Stéphanie HOUEE

Mémoire présenté en vue de l'obtention du
grade de Docteur de l'Université d'Angers
sous le sceau de l'Université Bretagne Loire

École doctorale : *Cognition, Education, Interactions (ED 504 CEI)*
Discipline : *Psychologie*
Spécialité : *Psychologie développementale et cognitive*
Unité de recherche : *LPPL : Laboratoire de Psychologie des Pays de la Loire (UPRES EA 4638)*

Soutenue le : 23 octobre 2017
Thèse N° : 79842

Mémoire à court terme/Mémoire de travail chez l'enfant sourd profond muni d'un implant cochléaire

Contribution à la compréhension des difficultés cognitives des enfants sourds

TOME 2 : ANNEXES

JURY

Rapporteurs :	**Elizabeth DEMONT**, Professeur en Psychologie, Université de Strasbourg.
	Daniel DAIGLE, Professeur titulaire à la Faculté de Sciences de l'Education, Université de Montréal.
Examinateur :	**Hervé BENOIT,** Maitre de conférence en Sciences de l'Education à l'INSHEA, Université Paris Lumières. Rédacteur en chef de *la nouvelle revue de l'adaptation et de la scolarisation*.
Invité :	**Samuel BRETAUDEAU**, Inspecteur Pédagogique et Technique de la Direction Générale de la Cohésion Sociale (DGCS) du Ministère des affaires sociales et de la santé.
Directeur de Thèse :	**Annick WEIL-BARAIS**, Professeur Emérite en Psychologie, Université d'Angers.
Co-directeur de Thèse :	**Christine GAUX**, Maître de Conférences en Psychologie, Université d'Angers.

L'auteur du présent document vous autorise à le partager, reproduire, distribuer et communiquer selon les conditions suivantes :

- Vous devez le citer en l'attribuant de la manière indiquée par l'auteur (mais pas d'une manière qui suggérerait qu'il approuve votre utilisation de l'œuvre).
- Vous n'avez pas le droit d'utiliser ce document à des fins commerciales.
- Vous n'avez pas le droit de le modifier, de le transformer ou de l'adapter.

Consulter la licence creative commons complète en français :
http://creativecommons.org/licences/by-nc-nd/2.0/fr/

Ces conditions d'utilisation (attribution, pas d'utilisation commerciale, pas de modification) sont symbolisées par les icônes positionnées en pied de page.

Sommaire

Annexe 1 : Références, non exhaustives, sur l'histoire de l'éducation des sourds et muets en France 3

Annexe 2 : Documents transmis aux familles et institutions 5

Annexe 3 : Caractéristiques des enfants entendants 11

Annexe 4 : Matériel utilisé dans les tâches de MCT/MDT verbale 13

Annexe 5 : Matériel utilisé dans les tâches de MCT/MDT visuo-spatiale 15

Annexe 6 : Analyses descriptives pour le groupe des 42 enfants entendants 21

Annexe 7 : Données concernant le groupe des enfants sourds avec IC 29

Annexe 8 : Analyses descriptives pour le groupe des 14 enfants sourds IC 69

Annexe 9 : Comparaisons des groupes appariés 14 enfants NE - 14 enfants sourds avec IC 75

Annexe 10 : Profils individuels 89

Annexe 11 : Ensemble de tâches exécutives conçues 93

Table des illustrations 107

Table des tableaux 111

Index auteurs 115

Annexes

Annexe 1 : Références, non exhaustives, sur l'histoire de l'éducation des sourds et muets en France

BEBIAN Roch-Amboise Auguste, *Manuel d'enseignement pratique des sourds-muets, Tome 1 et 2*, Paris, Méquignon l'Aîné, 1827.

BEBIAN Roch-Amboise Auguste, *Essai sur les sourds-muets et sur le langage naturel*, Paris, J.G. Dentu, 1817.

BEZAGU-DELUY Maryse, *L'abbé de l'Epée : instituteur gratuit des sourds et muets*, 1712-1789, Paris, Seghers, 1990.

BUTON François, *L'administration des faveurs. L'Etat, les sourds et les aveugles (1789-1885)*, collection histoire, PUR, Rennes, 2009.

BUTON François, « *L'éducation des sourds-muets au XIXème siècle. Description d'une activité sociale* », Le Mouvement Social, 2008, n°223, p.69-82.

DE L'EPEE Abbé, *La véritable manière d'instruire les sourds et muets : confirmée par une longue expérience*, Paris, Fayard, 1784.

ENCREVÉ, F. «*Réflexions sur le congrès de Milan et ses conséquences sur la langue des signes française à la fin du XIXe siècle*», Le Mouvement Social 2/ 2008 (n° 223), p. 83-98

ENCREVE Florence, *Les sourds dans la société française au XIXème siècle : idée de progrès et langue des signes*, Paris, Créaphis, 2012.

HERREN Henri, *L'Education des enfants et des adolescents handicapés : en milieu scolaire et parascolaire*, Tome 3 Le handicapés sensoriels, Paris, Editions sociales françaises, 1971.

LE CAPITAINE Jean-Yves, *Des enfants sourds à l'école ordinaire : l'intégration des principes aux pratiques pédagogiques*, Paris, L'Harmattan, 2004.

Annexe 2 : Documents transmis aux familles et institutions

1. Courrier adressé aux familles

Madame, Monsieur**,**

Dans le cadre d'une recherche universitaire sur la mémoire de travail verbale et visuo-spatiale de l'enfant sourd profond muni d'un implant cochléaire, une étude va être conduite auprès d'une vingtaine d'enfants sourds muni d'un implant cochléaire. Elle vise à mieux comprendre comment l'enfant sourd profond avec un implant cochléaire utilise sa mémoire de travail. En effet, les capacités de mémoire de travail sont un bon indicateur du niveau de compréhension en lecture.

La réalisation de cette étude implique deux rencontres individuelles avec les enfants sur un temps scolaire ou lors de regroupement à l'institut spécialisé. Il leur sera proposé un ensemble d'exercices informatisés à effectuer (voir fiche descriptive). Les parents auront aussi à répondre par écrit à un questionnaire. Les données recueillies resteront confidentielles et l'anonymat sera préservé. Le traitement et l'analyse des réponses seront donc collectifs.

Votre enfant répond aux critères de sélection de cette étude. L'objet de ce courrier est de vous demander une autorisation pour que votre enfant puisse participer à cette étude ainsi que de solliciter le consentement de ce dernier qui sera libre de se retirer à tout moment de la recherche.

À l'issue de cette étude, vous pourrez prendre connaissance des résultats collectifs et de ceux de votre enfant si vous le souhaitez.

Pour nous informer de votre décision, nous vous demandons de bien vouloir compléter le coupon ci-dessous et de le remettre à l'enseignant (e) spécialisée .

En vous remerciant de l'attention accordée à cette demande et vous adressant nos cordiales salutations.

Stéphanie Pouyat-Houée

✂ ..... ….

Participation à l'étude :

« La mémoire de travail verbale et visuo-spatiale de l'enfant sourd profond muni d'un implant cochléaire et âgé de 6 à 8 ans.»

Nom :……. **Prénom de l'enfant** :…… **Classe** :…….

Je soussigné(e) Mr, Mme, Mlle …….

☐ Accepte ☐ N'accepte pas

que mon enfant participe à l'étude qui se déroulera entre les mois de janvier, février, mars 2011

Date : ……. Signature des parents:

Fiche descriptive de l'étude

« La mémoire de travail verbale et visuo-spatiale de l'enfant sourd profond muni d'un implant cochléaire et âgé de 6 à 8 ans. »

Objet de l'étude

- Mieux comprendre comment l'enfant sourd profond avec implant cochléaire (IC) utilise sa mémoire de travail lors de tâches cognitives comme le processus de compréhension de phrases. En effet celui-ci implique l'utilisation de la mémoire de travail.

- Plus particulièrement, étudier si l'enfant sourd avec IC utilise un encodage visuo-spatial dans des situations où les entendants utilisent un encodage phonologique (auditivo-verbal).

Attendus de l'étude

Disposer d'informations permettant d'améliorer et de concevoir des outils pédagogiques adaptés auprès de cette population notamment dans l'apprentissage et la compréhension du langage écrit. Le but étant de rendre ces enfants plus performants dans cet exercice.

Méthode

1. Mémoire de travail verbale

Entretiens individuels où l'on demandera à l'enfant de mémoriser des séquences d'images dénommables dans plusieurs conditions : images seules, images avec mot énoncé oralement, images avec codage LPC et images avec mot énoncé oralement et codage LPC

2. Mémoire de travail visuo-spatiale

Les modalités seront les mêmes que précédemment mais avec un matériel visuo-spatial, par exemple, le tracé d'un parcours (haut, bas, droite, gauche) .

Les enfants seront vus 2 fois entre les mois de janvier, février et mars 2011.

Un questionnaire sera à compléter par les parents.

Population

Élèves sourds avec IC dans un projet de langue plutôt orale et en classe de CP-CE1

Lieu de l'étude

Établissements médico-sociaux ou écoles Primaires publiques, privées ou domicile

Conditions particulières

L'étude est réalisée dans le cadre du master 2 recherche en Sciences Humaines, mention psychologie (M2R) pour l'année universitaire 2010-2011.

La participation des enfants se fait sur la base du volontariat et après autorisation parentale. Les données recueillies seront traitées anonymement.

Supervision de l'étude

Le laboratoire « Processus de Pensée et Intervention » de l'Université d'Angers.

Madame Gaux Christine
christine.gaux@univ-angers.fr

Madame Weil-Barais Annick
annick.weil-barais@univ-angers.fr

Contact

Stéphanie Pouyat-Houée, Professeur spécialisée auprès d'enfants sourds
stephanie.pouyat-houee@mfam49-53.fr

2. Questionnaire envoyé aux familles ayant acceptés de participer à l'étude

Lors de questions à choix multiples entourez la ou les réponses correspondantes.

Merci de me rendre ce questionnaire complété lors de mon intervention auprès de votre enfant.

Stéphanie Pouyat-Houée

« **Étude comparative de la mémoire de travail verbale et visuo-spatiale entre des enfants sourds munis d'un implant cochléaire et âgés de 6 à 8 ans**. »

Nom de l'enfant :……

Prénom : ……

Date de naissance : ……

Établissement spécialisé : ……

Âge de l'apparition de la surdité : ……

A-t-elle été évolutive ?

non ☐ oui ☐

Origine de la surdité : ……

Type de surdité : ……

Date du 1er appareillage : ……

Handicap associé :

non ☐ oui ☐

si oui,

Lequel: ……

L'implant cochléaire :

Âge de l'implantation : ……

- oreille droite
- oreille gauche

Âge de l'activation de l'implant : ……

- si 2ième implant:

Âge de l'implantation de la 2ième oreille : ……

Âge de l'activation de la 2ième oreille : ……

Port de l'implant :

- uniquement à l'école
- à la maison et à l'école
- pas pendant les vacances
- tout le temps (excepté la nuit)

Marque de l'implant : ……

Lieu de l'implantation : ……

Prothèse controlatérale

non ☐ oui ☐

si oui,

Marque de la prothèse : ……

- oreille droite
- oreille gauche
- aucune

Le mode de communication : Oral avec lecture labiale, LPC, français signé, LSF

Langue maternelle française :

non ☐ oui ☐

Utilisation de la LfPC / du LPC:

non ☐ oui ☐

si oui,

- à la maison et à l'école
- uniquement en classe
- sur la cour de récréation

Âge de l'exposition à la LfPC/ au LPC : ……

Utilisation du Français signé et/ou de la LSF :

non ☐ oui ☐

si oui,

- uniquement à la maison
- à la maison et à l'école
- sur la cour de récréation

Âge de l'exposition à la LSF : ……

Suivi orthophonique :

non ☐ oui ☐

si oui,

Nombre de séances par semaines : …….

Durée d'une séance : …….

La fratrie :

Nombre de frères et/ou sœurs : ……

Sont-ils atteints de surdité ?

non ☐ oui ☐

si oui,

Type de surdité : ……

Mère

est-elle atteinte de surdité ?

non ☐ oui ☐

si oui,

Type de surdité : ……

Profession de la mère : ……

Père

est-il atteint de surdité ?

non ☐ oui ☐

si oui,

Type de surdité : ……

Profession du père : ……

Scolarisation :

Pour l'année scolaire 2010-2011 :

École : ……

Classe : …….

Modalité de la scolarisation :

- Regroupement spécialisé (SEES ou CLIS) avec des temps en intégration.
- Intégration complète avec un accompagnement (codeur LPC) en classe et avec soutien (SSEFIS).
- Intégration complète sans accompagnement en classe et avec soutien (SSEFIS)
- Intégration complète sans accompagnement en classe et sans soutien (SSEFIS)

Parcours scolaire

Années scolaires antérieures	Classes	Regroupement spécialisé en classe Oui/Non	Intégration avec accompagnement Oui/Non	Intégration sans accompagnement Oui/Non
……	……	…….	…….	…….
……	……	……	…….	…….
……	……	……	…….	…….
……	……	……	…….	…….

Annexe 3 : Caractéristiques des enfants entendants

Numéro	Enfant	Particip	Sexe	Classe	AGREELmois	NNAT/38
1	1	Entendant	F	CE1	94	30
2	2	Entendant	F	CE1	87	19
3	3	Entendant	M	CE1	92	17
4	4	Entendant	M	CE1	96	34
5	5	Entendant	F	CE1	92	24
6	6	Entendant	F	CE1	92	31
7	7	Entendant	F	CE1	91	17
8	8	Entendant	F	CE1	94	23
9	9	Entendant	M	CE1	86	14
10	10	Entendant	M	CE1	90	10
11	11	Entendant	M	CE1	94	32
12	12	Entendant	M	CE1	96	23
13	13	Entendant	F	CE1	97	21
14	14	Entendant	F	CE1	90	22
15	15	Entendant	F	CE1	94	30
16	16	Entendant	F	CE1	96	29
17	17	Entendant	M	CE1	90	16
18	18	Entendant	M	CE1	87	14
19	19	Entendant	F	CE1	94	12
20	20	Entendant	M	CE1	94	14
21	1	Entendant	M	CP	73	18
22	2	Entendant	F	CP	83	11
23	3	Entendant	F	CP	80	10
25	5	Entendant	M	CP	82	24
26	6	Entendant	M	CP	79	17
27	7	Entendant	M	CP	83	22
28	8	Entendant	M	CP	80	9
30	10	Entendant	F	CP	80	17
31	11	Entendant	M	CP	82	16
32	12	Entendant	M	CP	85	26
33	13	Entendant	F	CP	77	18
34	14	Entendant	M	CP	76	14
35	15	Entendant	F	CP	87	13
36	16	Entendant	M	CP	86	11
37	17	Entendant	F	CP	85	19
38	18	Entendant	F	CP	77	17
39	19	Entendant	M	CP	79	18
40	20	Entendant	F	CP	78	8
41	21	Entendant	M	CP	78	9
42	22	Entendant	M	CP	79	20
44	24	Entendant	F	CP	81	17
45	25	Entendant	M	CP	78	15

Annexe 4 : Matériel utilisé dans les tâches de MCT/MDT verbale

1. Listes des *items* à rappeler selon les conditions

Conditions d'images seules : I

Séries de 2	Ours (ISF : 68,08)	Bouton (ISF : 57,23)	Avion (ISF : 63,71)
	Bébé (ISF : 65,79)	Poisson (ISF : 68,65)	Soleil (ISF : 67,74)

Séries de 3	Cheval (ISF : 64,67)	Couteau (ISF : 59,06)	Livre (ISF : 67,85)
	Ballon (ISF : 63,36)	Garçon (ISF : 67,28)	Souris (ISF : 67,11)
	Arbre (ISF : 66,00)	Fleur (ISF : 63,12)	Table (ISF : 66,81)

Séries de 4	Clou (ISF : 58,46)	Collier (ISF : 55,29)	Lion (ISF : 63,06)
	Moto (ISF : 64,14)	Vache (ISF : 62,46)	Vélo (ISF : 67,58)
	Balai (ISF : 60,34)	Chaise (ISF : 61,54)	Poire (ISF : 58,50)
	Chien (ISF : 68,95)	Lapin (ISF : 65,87)	Robe (ISF : 64,10)

Conditions d'images et mots énoncés : I+S

Séries de 2	Fleur (ISF : 63,12)	Cheval (ISF : 64,67)	Botte (ISF : 53,44)
	Vélo (ISF : 67,58)	Bague (ISF : 61,18)	Citron (ISF : 61,01)

Séries de 3	Ciseaux(ISF :58,49)	Fille (ISF : 66,02)	Fraise (ISF : 60,54)
	Lapin (ISF : 65,87)	Robe (ISF : 64,10)	Crabe (ISF : 57,34)
	Livre (ISF : 67,85)	Cuillère (ISF :56,41)	Maison (ISF : 71,65)

Séries de 4	Marteau (ISF :57,32)	Oiseau (ISF : 66,50)	Plume (ISF : 60,50)
	Vache (ISF : 62,46)	Pied (ISF : 61,91)	Gâteau (ISF :64,35)
	Poire (ISF : 58,50)	Avion (ISF : 63,71)	Moto (ISF : 64,14)
	Fourmi (ISF : 58,10)	Jupe (ISF : 60,86)	Poisson (ISF :68,65)

Conditions d'images, mots énoncés et LPC : I+S+LPC

Séries de 2	Fille (ISF : 66,02)	Fourmi (ISF : 58,10)	Arbre (ISF : 66,00)
	Plume (ISF : 60,50)	Collier (ISF : 55,29)	Tortue (ISF : 67,12)

Séries de 3	Fleur (ISF : 63,12)	Gâteau (ISF : 64,35)	Avion (ISF : 63,71)
	Chien (ISF : 68,95)	Jupe (ISF : 60,86)	Bébé (ISF : 65,79)
	Vélo (ISF : 67,58)	Ours (ISF : 68,08)	Robe (ISF : 64,10)

Séries de 4	Souris (ISF : 67,11)	Moto (ISF : 64,14)	Serpent (ISF : 58,97)
	Chaise (ISF : 61,54)	Soleil (ISF : 67,74)	Bouton (ISF : 57,23)
	Maison (ISF : 71,65)	Singe (ISF : 57,98)	Table (ISF : 66,81)
	Livre (ISF : 67,85)	Garçon (ISF : 67,28)	Ciseaux (ISF : 58,49)

Conditions de mots énoncés, LPC et sans images : S+LPC

Séries de 2	Maison (ISF : 71,65)	Balai (ISF : 60,34)	Jupe (ISF : 60,87)
	Lapin (ISF : 65,87)	Singe (ISF : 57,98)	Poire (ISF : 58,50)

Séries de 3	Bague (ISF : 61,18)	Livre (ISF : 67,85)	Fille (ISF : 66,02)
	Fleur (ISF : 63,12)	Avion (ISF : 63,71)	Souris (ISF : 67,11)
	Bébé (ISF : 65,79)	Lion (ISF : 63,06)	Marteau (ISF : 57,32)

Séries de 4	Garçon (ISF : 67,28)	Citron (ISF : 61,01)	Table (ISF : 66,81)
	Pied (ISF : 61,91)	Serpent (ISF : 58,97)	Oiseau (ISF : 66,50)
	Chaise (ISF : 61,54)	Fourmi (ISF : 58,10)	Arbre (ISF : 66,00)
	Plume (ISF : 60,50)	Moto (ISF : 64,14)	Vélo (ISF : 67,58)

2. Liste des noms communs par ordre alphabétique et leur fréquence d'occurrence au niveau du CP (Manulex)

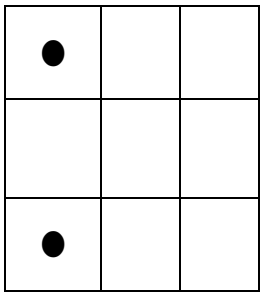
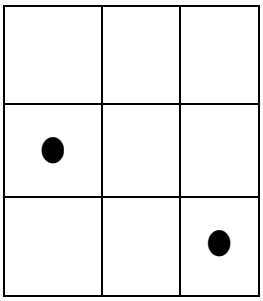
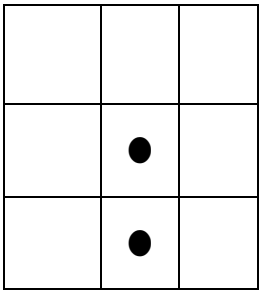
Noms communs	Indice standard de fréquence
1. Arbre	66,00
2. Avion	63,71
3. Bague	61,18
4. Balai	60,34
5. Ballon	63,36
6. Bébé	65,79
7. Bouton	57,23
8. Botte	53,44
9. Chaise	61,54
10. Cheval	64,67
11. Chien	68,95
12. Ciseaux	58,49
13. Citron	61,01
14. Clou	58,46
15. Collier	55,29
16. Couteau	59,06
17. Crabe	57,34
18. Cuillère	56,41
19. Fille	66,02
20. Fleur	63,12
21. Fourmi	58,10
22. Fraise	60,54
23. Gâteau	64,35
24. Garçon	67,28
25. Jupe	60,86
26. Lapin	65,87
27. Lion	63,06
28. Livre	67,85
29. Maison	71,65
30. Marteau	57,32
31. Moto	64,14
32. Oiseau	66,50
33. Ours	68,08
34. Pied	61,91
35. Plume	60,50
36. Poire	58,50
37. Poisson	68,65
38. Robe	64,10
39. Serpent	58,97
40. Singe	57,98
41. Soleil	67,74
42. Souris	67,11
43. Table	66,81
44. Tortue	67,12
45. Vache	62,46
46. Vélo	67,58

Annexe 5 : Matériel utilisé dans les tâches de MCT/MDT visuo-spatiale

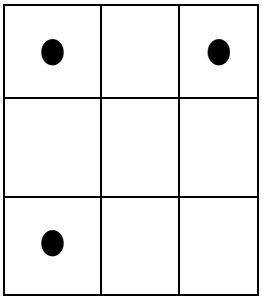
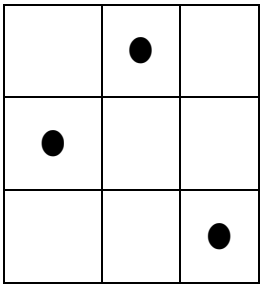
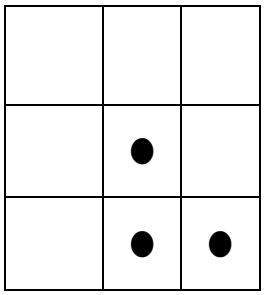
1. Emplacements des points en fonction des conditions

Conditions suites de points seuls

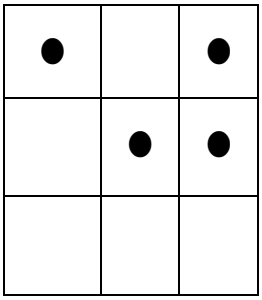
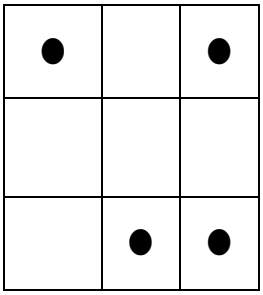
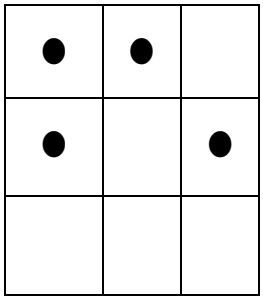
Séries de 2

Séries de 3

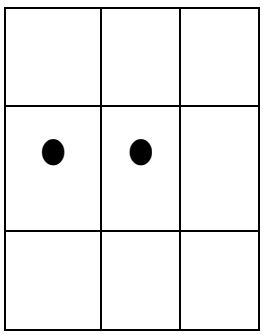
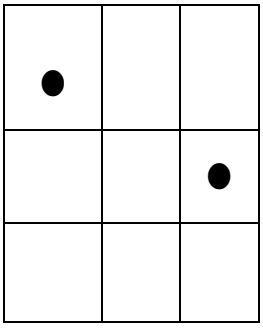
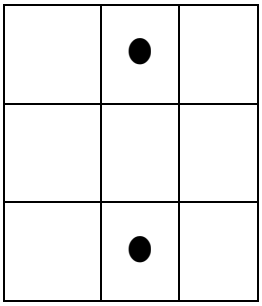




Séries de 4

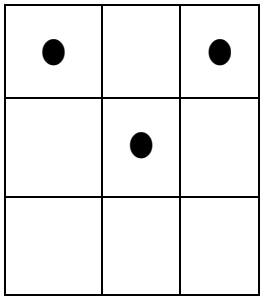




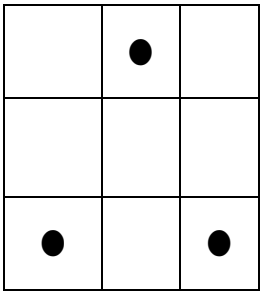
Conditions suite de points et localisations des points énoncées à l'oral

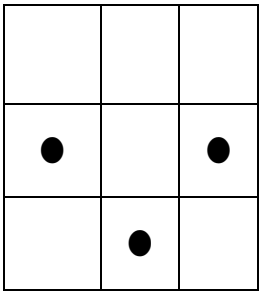
Séries de 2

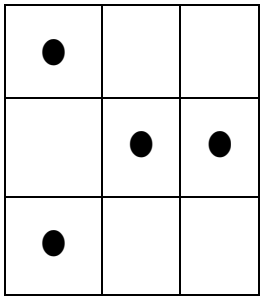
Séries de 3

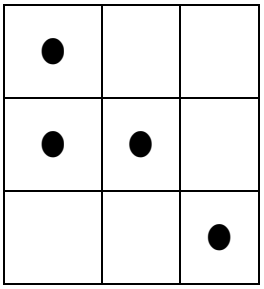


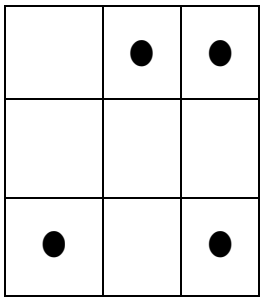




Séries de 4

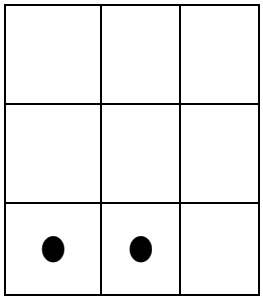


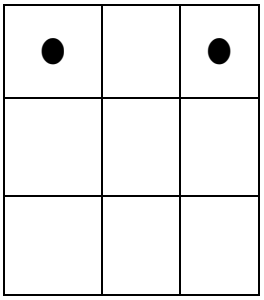


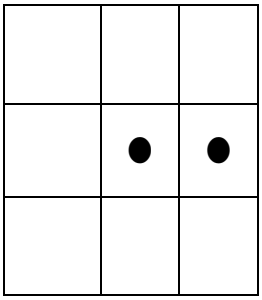


<u>Conditions suite de points, localisations des points énoncées à l'oral et codées en LPC</u>

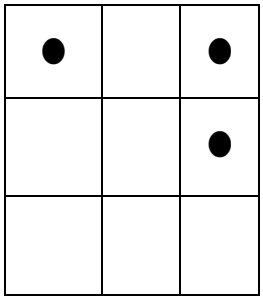
Séries de 2

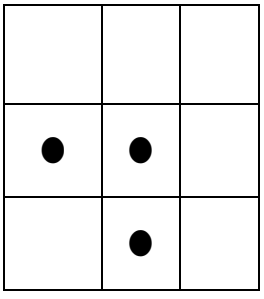


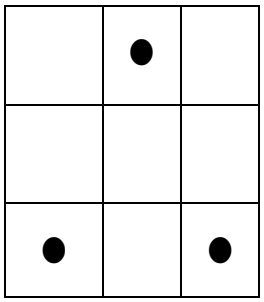




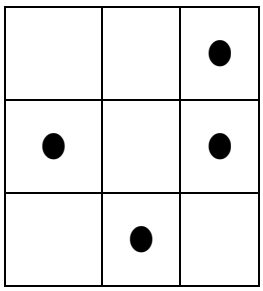
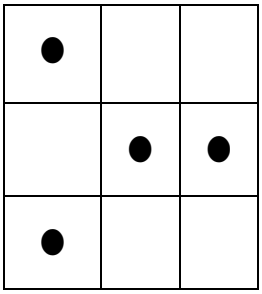
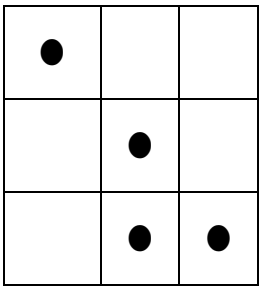
Séries de 3





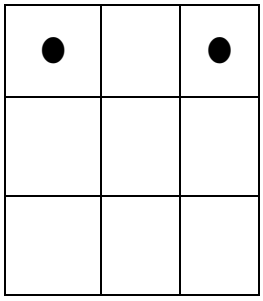
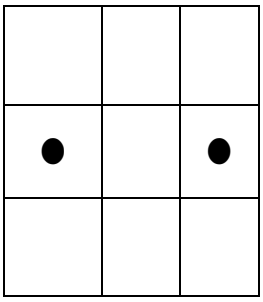
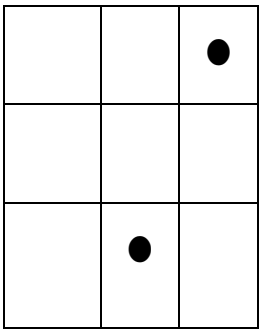


Séries de 4

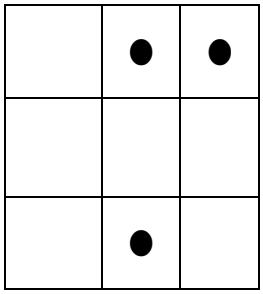
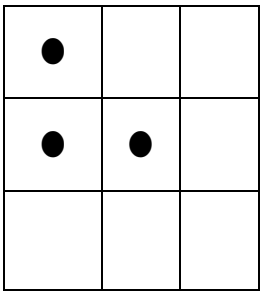
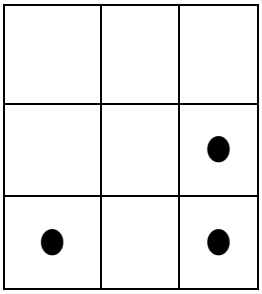




<u>Conditions localisations des points énoncées à l'oral et codées en LPC, sans images</u>

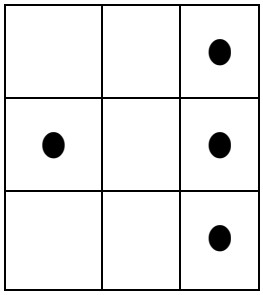
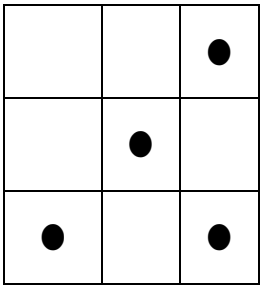
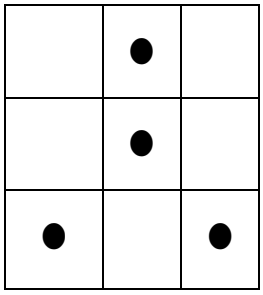
Séries de 2

Séries de 3

Séries de 4

2. Listes des *items* à rappeler selon les conditions

1	2	3
4	5	6
7	8	9

Le tableau ci-dessus n'est pas présenté, ni expliqué à l'enfant (sauf pour la dernière condition).

Conditions suite de points seuls : P

Séries de 2	1	9	5
	7	4	8
Séries de 3	1	4	5
	3	2	6
	7	9	8
Séries de 4	5	9	4
	6	3	1
	3	1	2
	1	8	9

Conditions suite de points et localisations des points énoncées à l'oral : P+S

Séries de 2	4	1	8
	5	6	1
Séries de 3	3	2	4
	1	9	6
	5	7	8
Séries de 4	1	5	2
	5	9	3
	7	1	9
	6	4	7

Conditions suite de points, localisations des points énoncées à l'oral et codées en LPC : P+S+LPC

Séries de 2	8	1	6
	7	3	5

Séries de 3	1	4	9
	6	8	2
	3	5	7

Séries de 4	3	1	5
	8	5	8
	4	7	1
	6	6	9

Conditions localisations des points énoncées à l'oral et codées en LPC, sans images : S+LPC

Séries de 2	3	6	3
	1	4	8

Séries de 3	2	1	9
	8	5	6
	3	4	7

Séries de 4	3	7	2
	6	5	5
	4	9	9
	9	3	7

Annexe 6 : Analyses descriptives pour le groupe des 42 enfants entendants

Tableau 1 : Analyses descriptives pour chaque condition de chaque modalité avec les moyennes verbales et visuo-spatiales (nombre moyen d'*items* rappelés dans l'ordre)

Variable	Statistiques Descriptives (Synthèses 42 E et 14 S Scores bruts 2 07 15)										
	N Actifs	Moyenne	Confiance -95,000%	Confiance +95,000%	Médiane	Mode	Effectif du Mode	Minimum	Maximum	Variance	Ecart-type
Iv	42	19,38095	18,20495	20,55695	19,00000	19,00000	8	11,00000	26,00000	14,24158	3,773802
I+Sv	42	21,23810	20,03845	22,43774	21,00000	25,00000	7	15,00000	27,00000	14,81998	3,849672
I+S+LPCv	42	21,19048	19,95883	22,42213	21,00000	Multiple	5	14,00000	27,00000	15,62137	3,952388
S+LPCv	42	21,61905	20,46747	22,77063	22,00000	Multiple	6	12,00000	27,00000	13,65621	3,695431
MoyV	42	20,85714	19,83671	21,87758	20,62500	Multiple	3	14,75000	26,00000	10,72300	3,274599
Pvs	42	25,02381	24,41019	25,63743	25,00000	27,00000	13	20,00000	27,00000	3,87747	1,969129
P+Svs	42	24,40476	23,55885	25,25067	25,00000	27,00000	14	17,00000	27,00000	7,36876	2,714545
P+S+LPCvs	42	23,00000	22,05882	23,94118	23,00000	22,00000	8	14,00000	27,00000	9,12195	3,020257
S+LPCvs	42	23,92857	22,86368	24,99347	25,00000	27,00000	14	15,00000	27,00000	11,67770	3,417265
MoyVs	42	24,08929	23,46419	24,71438	24,12500	Multiple	4	18,50000	27,00000	4,02385	2,005953

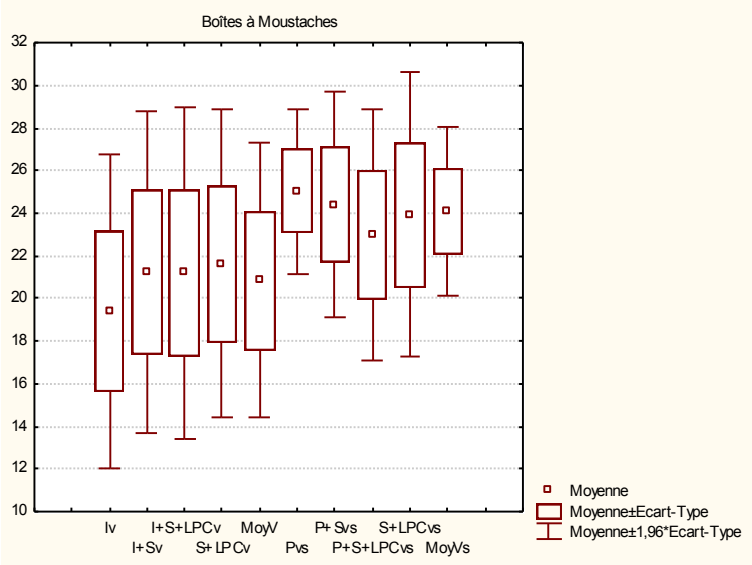


Figure 1 : Boites à moustaches (nombre moyen d'*items* rappelés dans l'ordre)

- **Effet du niveau scolaire : CP *versus* CE1**

Tableau 2 : Analyses descriptives pour les 22 enfants NE scolarisés au CP

	Statistiques Descriptives (Synthèses 45 E Scores bruts s				
Variable	N Actifs	Moyenne	Minimum	Maximum	Ecart-type
Iv	22	18,90909	11,00000	26,00000	3,878010
I+Sv	22	21,31818	15,00000	27,00000	4,121793
I+S+LPCv	22	20,72727	14,00000	27,00000	3,807034
S+LPCv	22	21,31818	17,00000	27,00000	3,695381
MoyV	22	20,56818	15,50000	25,75000	3,474552
Pvs	22	24,50000	20,00000	27,00000	2,110067
P+Svs	22	23,68182	17,00000	27,00000	2,917702
P+S+LPCvs	22	22,40909	17,00000	27,00000	2,737032
S+LPCvs	22	23,27273	15,00000	27,00000	3,480309
MoyVs	22	23,46591	20,25000	27,00000	1,904405

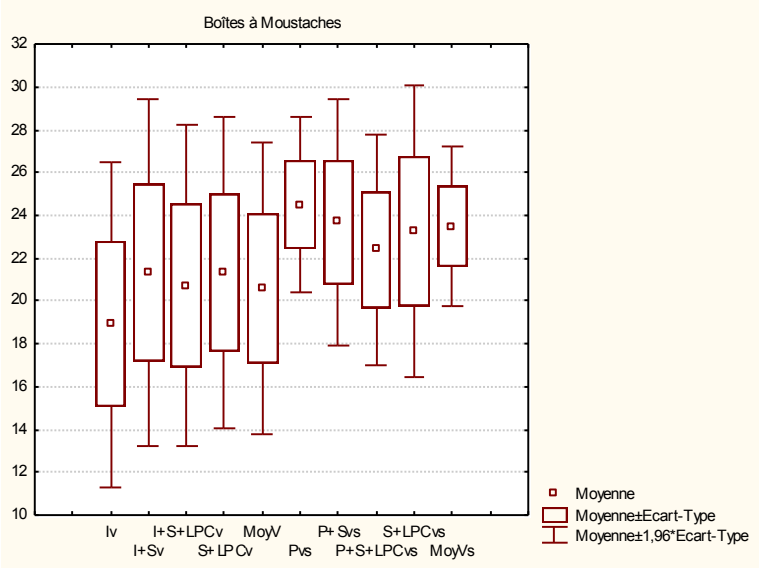


Figure 2 : Boites à moustaches pour les 22 enfants NE scolarisés au CP

Tableau 3 : Analyses descriptives pour les 20 enfants NE scolarisés en CE1

	Statistiques Descriptives (Synthèses 45 E Scores bruts s				
Variable	N Actifs	Moyenne	Minimum	Maximum	Ecart-type
Iv	20	19,90000	12,00000	26,00000	3,683534
I+Sv	20	21,15000	15,00000	27,00000	3,631369
I+S+LPCv	20	21,70000	14,00000	27,00000	4,143479
S+LPCv	20	21,95000	12,00000	27,00000	3,762348
MoyV	20	21,17500	14,75000	26,00000	3,097219
Pvs	20	25,60000	23,00000	27,00000	1,667018
P+Svs	20	25,20000	20,00000	27,00000	2,284962
P+S+LPCvs	20	23,65000	14,00000	27,00000	3,248886
S+LPCvs	20	24,65000	16,00000	27,00000	3,281126
MoyVs	20	24,77500	18,50000	27,00000	1,931219

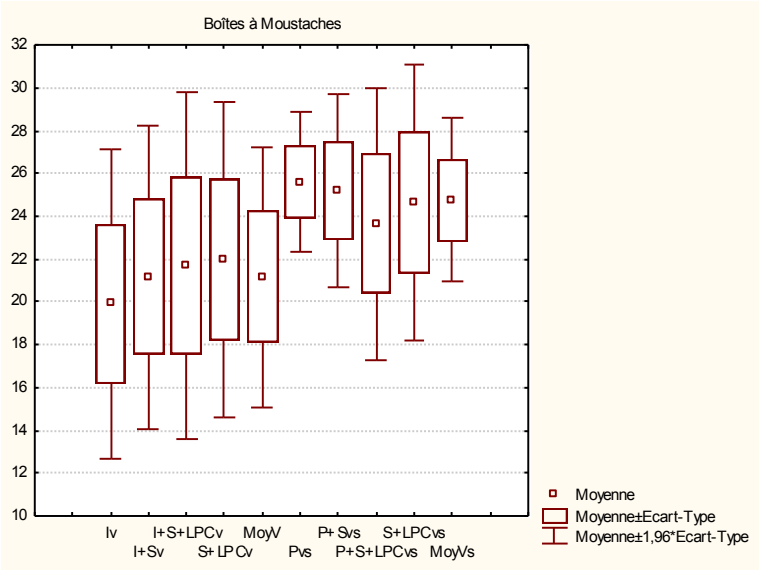


Figure 3 : Boites à moustaches pour les 20 enfants NE scolarisés en CE1

➢ Analyse sur les erreurs d'ordre et d'*items*

Tableau 4 : Analyses descriptives pour chaque condition de chaque modalité avec les moyennes verbales et visuo-spatiales (erreurs d'ordre et d'*items*)

Variable	Statistiques Descriptives (Synthèse 42E Erreurs items ordre 13 09 15 Statistica)							
	N Actifs	Moyenne	Confiance -95,000%	Confiance +95,000%	Minimum	Maximum	Variance	Ecart-type
IvIt	42	5,357143	4,403909	6,310377	1,000000	12,00000	9,357143	3,058945
I+SvIt	42	3,166667	2,367230	3,966103	0,000000	9,00000	6,581301	2,565405
I+S+LPCvIt	42	3,357143	2,500763	4,213523	0,000000	10,00000	7,552265	2,748138
S+LPCvIt	42	2,952381	2,141076	3,763686	0,000000	9,00000	6,778165	2,603491
MoyvIt	42	3,708333	2,980373	4,436293	0,750000	8,75000	5,457063	2,336036
IvOrd	42	2,261905	1,553101	2,970708	0,000000	8,00000	5,173635	2,274563
I+SvOrd	42	2,595238	1,777805	3,412671	0,000000	10,00000	6,880952	2,623157
I+S+LPCvOrd	42	2,285714	1,503139	3,068290	0,000000	9,00000	6,306620	2,511299
S+LPCvOrd	42	2,476190	1,724639	3,227742	0,000000	10,00000	5,816492	2,411741
MoyvOrd	42	2,404762	1,834620	2,974904	0,000000	7,25000	3,347416	1,829594
PvsIt	42	1,333333	0,829133	1,837534	0,000000	6,00000	2,617886	1,617988
P+SvsIt	42	1,214286	0,589009	1,839562	0,000000	8,00000	4,026132	2,006522
P+S+LPCvsIt	42	2,023810	1,347745	2,699874	0,000000	8,00000	4,706736	2,169501
S+LPCvsIt	42	1,928571	1,225359	2,631784	0,000000	8,00000	5,092334	2,256620
MoyvsIt	42	1,625000	1,155907	2,094093	0,000000	6,00000	2,266006	1,505326
PvsOrd	42	0,642857	0,273362	1,012352	0,000000	4,00000	1,405923	1,185716
P+SvsOrd	42	1,333333	0,722888	1,943778	0,000000	7,00000	3,837398	1,958928
P+S+LPCvsOrd	42	1,976190	1,146025	2,806356	0,000000	13,00000	7,096980	2,664016
S+LPCvsOrd	42	1,000000	0,449394	1,550606	0,000000	7,00000	3,121951	1,766904
MoyvsOrd	42	1,238095	0,844240	1,631951	0,000000	6,25000	1,597416	1,263889

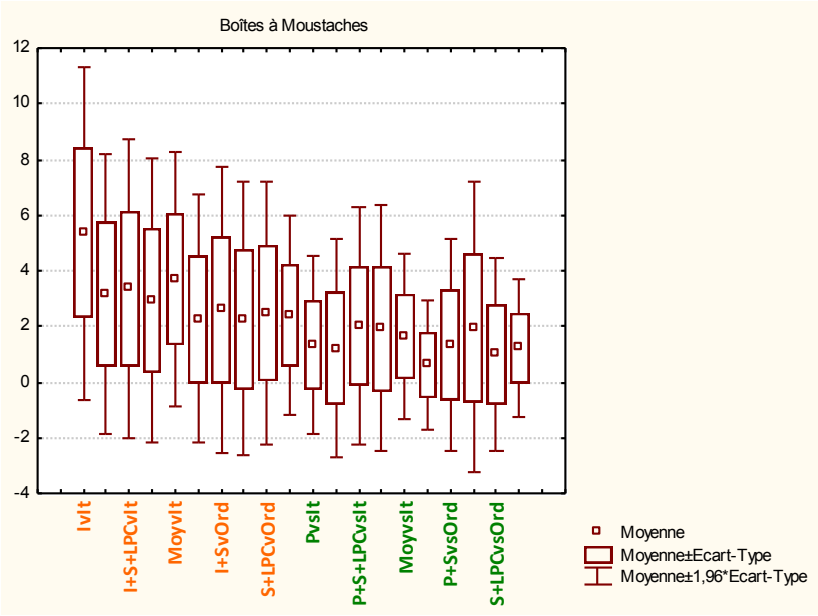


Figure 4 : Boites à moustaches (erreurs d'ordre et d'*items*)

➢ Analyse de l'effet de la longueur des séquences et des erreurs d'intrusion

Tableau 5 : Moyenne pour chacune des longueurs des séquences pour les modalités verbales et visuo-spatiales pour les conditions *Items* seuls

	Statistiques Descriptives (Synthèses 42 E longueur des listes avec °					
Variable	N Actifs	Moyenne	Minimum	Maximum	Variance	Ecart-type
2lv	42	96,42857	66,66667	100,0000	88,5598	9,41062
3lv	42	75,13228	33,33333	100,0000	312,0116	17,66385
4lv	42	56,15079	16,66667	100,0000	565,9198	23,78907
2Pvs	42	98,41270	83,33333	100,0000	24,5193	4,95170
3Pvs	42	94,70899	66,66667	100,0000	85,7458	9,25990
4Pvs	42	88,29365	50,00000	100,0000	227,1664	15,07204

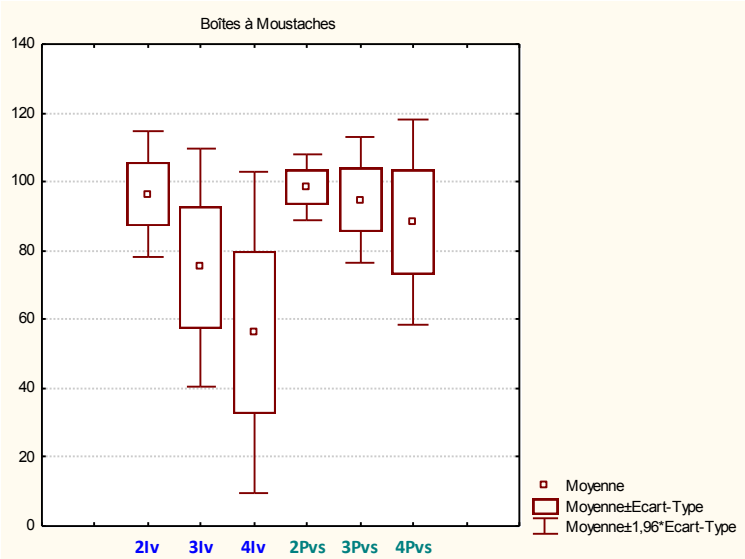


Figure 5 : Boites à moustaches (Moyenne pour chaque longueur des séquences pour les modalités verbales et visuo-spatiales pour les conditions *Items* seuls)

Tableau 6 : Moyennes correspondant à l'interaction Modalité*Condition

N°Cellu.	MODALITE*CONDITIO; Moy. Moindres Carrés (Synthèses 42 E longue Effet courant : F(3, 123)=16,575, p=,00000 Décomposition efficace de l'hypothèse						
	MODALITE	CONDITIO	VD_1 Moy.	VD_1 Err-Type	VD_1 -95,00%	VD_1 +95,00%	N
1	1	1	75,90388	3,179668	69,48241	82,32535	42
2	1	2	82,60582	3,234183	76,07426	89,13738	42
3	1	3	83,15697	3,115967	76,86414	89,44979	42
4	1	4	84,14903	3,027452	78,03497	90,26309	42
5	2	1	93,80511	1,593931	90,58611	97,02412	42
6	2	2	91,88713	2,217977	87,40783	96,36642	42
7	2	3	86,99295	2,764817	81,40928	92,57661	42
8	2	4	90,21164	2,936767	84,28072	96,14256	42

Tableau 7 : Moyennes correspondant à l'interaction Longueur*Condition

N°Cellu.	LONGUEUR	CONDITIO	VD_1 Moy.	VD_1 Err-Type	VD_1 -95,00%	VD_1 +95,00%	N
	LONGUEUR*CONDITIO; Moy. Moindres Carrés (Synthèses 42 E longue Effet courant : F(6, 246)=1,9126, p=,07936 Décomposition efficace de l'hypothèse						
1	1	1	97,42063	1,099051	95,20106	99,6402	42
2	1	2	98,41270	1,080549	96,23049	100,5949	42
3	1	3	96,82540	1,388543	94,02118	99,6296	42
4	1	4	96,62698	1,658883	93,27680	99,9772	42
5	2	1	84,92063	2,307776	80,25999	89,5813	42
6	2	2	91,79894	2,442879	86,86545	96,7324	42
7	2	3	88,35979	2,523310	83,26386	93,4557	42
8	2	4	91,79894	1,897831	87,96619	95,6317	42
9	3	1	72,22222	3,358324	65,43995	79,0045	42
10	3	2	71,52778	3,647576	64,16135	78,8942	42
11	3	3	70,03968	4,002466	61,95654	78,1228	42
12	3	4	73,11508	4,540447	63,94546	82,2847	42

Tableau 8 : Moyennes correspondant à l'interaction Modalité*Longueur *Condition

N°Cellu.	MODALITE	LONGUEUR	CONDITIO	VD_1 Moy.	VD_1 Err-Type	VD_1 -95,00%	VD_1 +95,00%	N
	MODALITE*LONGUEUR*CONDITIO; Moy. Moindres Carrés (Synthèses 42 E longue Effet courant : F(6, 246)=2,1511, p=,04839 Décomposition efficace de l'hypothèse							
1	1	1	1	96,42857	1,452091	93,49602	99,3611	42
2	1	1	2	99,20635	0,793651	97,60354	100,8092	42
3	1	1	3	98,41270	0,952058	96,48998	100,3354	42
4	1	1	4	99,60317	0,396825	98,80177	100,4046	42
5	1	2	1	75,13228	2,725591	69,62783	80,6367	42
6	1	2	2	89,68254	2,494394	84,64501	94,7201	42
7	1	2	3	90,74074	2,105485	86,48863	94,9929	42
8	1	2	4	90,74074	2,105485	86,48863	94,9929	42
9	1	3	1	56,15079	3,670733	48,73760	63,5640	42
10	1	3	2	58,92857	4,040311	50,76900	67,0881	42
11	1	3	3	60,31746	4,200977	51,83342	68,8015	42
12	1	3	4	62,10317	3,916744	54,19315	70,0132	42
13	2	1	1	98,41270	0,764063	96,86964	99,9558	42
14	2	1	2	97,61905	1,340696	94,91146	100,3266	42
15	2	1	3	95,23810	1,821648	91,55920	98,9170	42
16	2	1	4	93,65079	2,338635	88,92782	98,3738	42
17	2	2	1	94,70899	1,428834	91,82341	97,5946	42
18	2	2	2	93,91534	1,938324	90,00082	97,8299	42
19	2	2	3	85,97884	2,426403	81,07862	90,8791	42
20	2	2	4	92,85714	1,886554	89,04717	96,6671	42
21	2	3	1	88,29365	2,325666	83,59687	92,9904	42
22	2	3	2	84,12698	2,823037	78,42575	89,8282	42
23	2	3	3	79,76190	2,651143	74,40781	85,1160	42
24	2	3	4	84,12698	3,452776	77,15396	91,1000	42

- **Analyse sur les erreurs d'intrusion et d'omission, selon la modalité et les conditions**

  - **Modalité verbale**

Tableau 9 : Analyses descriptives pour chaque condition en modalité verbale (erreurs d'omission et d'intrusion)

Variable	Statistiques Descriptives (Synthèse 45E et S erreurs omission et intr					
	N Actifs	Moyenne	Minimum	Maximum	Variance	Ecart-type
IvOm	42	4,523810	0,000000	11,00000	7,767712	2,787062
I+SvOm	42	2,642857	0,000000	8,00000	5,259582	2,293378
I+S+LPCvOm	42	2,833333	0,000000	9,00000	6,873984	2,621828
S+LPCvOm	42	2,619048	0,000000	8,00000	6,583043	2,565744
MoyvOm	42	3,154762	0,250000	7,00000	4,454123	2,110479
IvIntr	42	0,809524	0,000000	3,00000	0,792102	0,890001
I+SvIntr	42	0,357143	0,000000	3,00000	0,479094	0,692166
I+S+LPCvIntr	42	0,452381	0,000000	3,00000	0,497677	0,705462
S+LPCvIntr	42	0,333333	0,000000	2,00000	0,373984	0,611542
MoyvIntr	42	0,488095	0,000000	1,75000	0,204123	0,451800

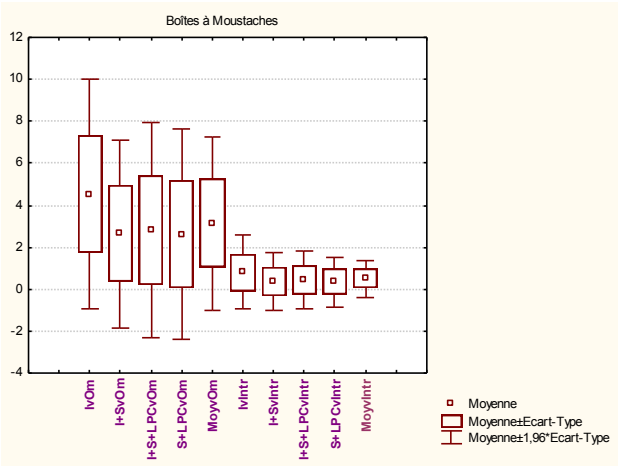


Figure 6 : Boites à moustaches (erreurs d'omission et d'intrusion en V)

  - **Modalité visuo-spatiale**

Tableau 10 : Analyses descriptives pour chaque condition en modalité visuo-spatiale (erreurs d'omission et d'intrusion)

Variable	Statistiques Descriptives (Synthèse 45E et S erreurs omission et intru					
	N Actifs	Moyenne	Minimum	Maximum	Variance	Ecart-type
PvsOm	42	0,595238	0,00	5,000000	1,368757	1,169939
P+SvsOm	42	0,928571	0,00	7,000000	2,994774	1,730541
P+S+LPCvsOm	42	1,095238	0,00	8,000000	3,112660	1,764273
S+LPCvsOm	42	1,214286	0,00	7,000000	3,538328	1,881044
MoyvsOm	42	0,958333	0,00	5,000000	1,274136	1,128776
PvsIntr	42	0,690476	0,00	3,000000	0,901858	0,949662
P+SvsIntr	42	0,261905	0,00	2,000000	0,295587	0,543679
P+S+LPCvsIntr	42	0,928571	0,00	5,000000	1,824042	1,350571
S+LPCvsIntr	42	0,714286	0,00	5,000000	1,331010	1,153694
MoyvsIntr	42	0,648810	0,00	2,250000	0,442255	0,665022

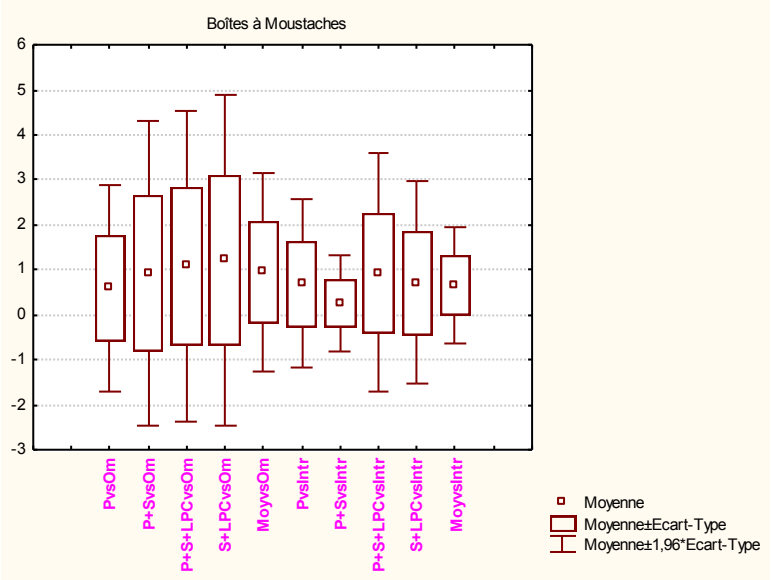


Figure 7 : Boites à moustaches (erreurs d'omission et d'intrusion en VS)

Annexe 7 : Données concernant le groupe des enfants sourds avec IC

Nous présentons dans le détail les analyses effectuées auprès des enfants sourds IC. Tout comme les enfants entendants, différentes analyses sont réalisées : une analyse du nombre moyen d'*items* rappelés, une analyse des erreurs d'*item* et d'ordre ainsi qu'une analyse de l'effet de la longueur des séquences et des erreurs d'*item.*

1.1. Analyse du nombre moyen d'*items* rappelés

L'analyse porte sur le nombre moyen d'*items* rappelés dans l'ordre dans la condition uni-modale puis dans les conditions multimodales.

1.1.1. Distribution des scores de rappel en situation uni-modale

La distribution du nombre d'*items* correctement rappelés dans les conditions Images/Points seuls par les quatorze enfants sourds avec IC, c'est-à-dire dans une condition uni-modale de mesure de l'empan, indique que la distribution est normale pour la modalité verbale (indicateurs Kolmogorov-Smirnov, Lilliefors, Shapiro-Wilk, ns) et pour la modalité visuo-spatiale (indicateurs Kolmogorov-Smirnov et Lilliefors mais distribution non normale pour Shapiro-Wilk $p<.05$). La courbe est assez asymétrique pour la modalité Points Seuls en raison de scores élevés pour une grande partie des enfants dans cette condition.

Toutefois, ces scores élevés sont moins fréquents dans certaines des conditions de présentation multimodale, comme nous le verrons ultérieurement. Notons ici que la moyenne globale du nombre d'*items* correctement rappelés sur l'ensemble des conditions de présentation en modalité visuo-spatiale est de 23,2 sur 27 points maximum. 57% environ des enfants sourds avec IC ont un score de 25 à 27. La moyenne globale sur l'ensemble des conditions de présentation en modalité verbale est de 16,07. 7% environ des enfants sourds avec IC ont un score de 25 à 27 sur 27 points maximum. Ainsi, cette tâche de rappel permet de différencier les enfants sourds avec IC.

1.1.2. Effet de la modalité et des conditions de présentation

Après la présentation de nos hypothèses, nous exposons nos résultats en réalisant des comparaisons entre les modalités ainsi qu'entre les conditions.

a) Hypothèses

Plusieurs hypothèses sont proposées en fonction des différents effets :

- Effet de la modalité,
- Effet de la condition de présentation dans chaque modalité,
- Variation du bénéfice ou de la détérioration du rappel inter-conditions selon la modalité.

- **Effet de la modalité**

Globalement, nous nous attendons à ce que le nombre moyen d'*items* correctement rappelés dans l'ordre soit inférieur dans la modalité verbale par rapport à la modalité visuo-spatiale (Cleary, Pisoni, & Geers, 2001 ; Bharadwaj, Maricle, Green, Allman, 2015). En effet, si l'encodage visuel est plus habituel et efficient chez les enfants sourds avec IC que ne l'est l'encodage verbal, le nombre d'*items* rappelés dans la modalité visuo-spatiale devrait être plus élevé que dans la modalité verbale. En revanche, si l'implantation a permis aux enfants sourds avec IC de développer un accès rapide aux informations phonologiques et une utilisation usuelle de l'encodage verbal, le nombre d'*items* rappelés dans la modalité verbale devrait être plus élevé que dans la modalité visuo-spatiale.

Les hypothèses de l'effet de la modalité pour chacune des conditions sont les suivantes. Elles sont résumées dans le tableau 11.

I/P :

La différence entre le nombre moyen d'*items* rappelés dans la modalité verbale et visuo-spatiale devrait apparaître dans la modalité I/P seul. Si l'encodage visuel est privilégié le nombre moyen d'*items* rappelés devrait être plus élevé dans la modalité visuo-spatiale par rapport à la modalité verbale. En revanche, si l'implantation a permis aux enfants sourds avec IC de développer leur perception de la langue orale et l'utilisation de la boucle phonologique, le nombre moyen d'*items* rappelés devrait être plus élevé dans la modalité verbale.

I+S/P+S :

Dans la modalité verbale, l'encodage de l'image peut être visuel ou verbal par récupération du mot désignant l'image en mémoire à long terme. L'encodage verbal permet ensuite l'usage de la boucle phonologique pour maintenir l'information jusqu'au rappel. L'ajout du son est considéré comme une aide à l'utilisation du codage verbal en indiquant à l'enfant le mot à encoder.

Dans la modalité visuo-spatiale, l'encodage du point dans la grille est vraisemblablement visuel. L'ajout de l'énonciation du numéro de la cellule dans laquelle se trouve le point dans la grille, ou codage verbal de la localisation du point, peut aussi entrer en compétition avec le codage visuel du point dans la grille.

Ces éléments conduisent à attendre un nombre plus élevé d'*items* correctement rappelés dans la modalité visuo-spatiale si l'on considère que les enfants sourds avec IC ont un encodage visuel plus efficient. En revanche, si l'information visuelle du point entre en compétition avec le codage verbal de la localisation du point, le nombre d'*items* correctement rappelés sera moins élevé dans cette modalité visuo-spatiale par rapport à la modalité verbale, si celle-ci est efficiente suite à l'implantation.

I+S+LPC/P+S+LPC :

Dans la modalité verbale, l'encodage de l'image peut être visuel ou verbal par récupération du mot désignant l'image en mémoire à long terme. L'ajout du son et du LPC est considéré comme une aide à l'utilisation du codage verbal en indiquant à l'enfant le mot à encoder et en réduisant l'ambiguïté du signal sonore grâce à la LPC.

Dans la modalité visuo-spatiale, l'encodage du point dans la grille est vraisemblablement visuel. L'ajout de l'énonciation du numéro de la cellule dans laquelle se trouve le point dans la grille ou codage verbal de la localisation du point peut entrer en compétition avec le codage visuel du point dans la grille, de plus l'apparition de la vidéo de la LPC peut susciter un détournement de l'attention visuelle sur la LPC.

Ces éléments conduisent à attendre un nombre plus élevé d'*items* correctement rappelés dans la modalité verbale par rapport à la modalité visuo-spatiale en raison de la compétition entre codage verbal de la localisation du point et codage visuo-spatial du point dans la grille, et de la perturbation de l'attention visuelle.

S+LPC/S+LPC : Dans ces deux conditions, les *items* à mémoriser ne sont pas présentés visuellement. L'enfant doit donc utiliser l'information sonore et/ou la LPC pour avoir accès à l'information à mémoriser. Si l'encodage visuel est privilégié le nombre moyen d'*items* rappelés devrait être plus élevé dans la modalité visuo-spatiale par rapport à la modalité verbale. En revanche, si l'implantation a permis aux enfants sourds avec IC de développer leur perception de la langue orale et l'utilisation de la boucle phonologique, le nombre moyen d'*items* rappelés devrait être plus élevé dans la modalité verbale.

Tableau 11 : Synthèse des hypothèses relatives aux comparaisons inter-modalités pour chaque condition de présentation des *items*.

	Modalité Verbale / Modalité visuo-spatiale				**Moyenne sur les 4 conditions**
	I / P	I+S / P+S	I+S+LPC / P+S+LPC	S+LPC / S+LPC	MoyV /MoyVS
Supériorité codage visuel	- VS>V	- VS>V		- VS>V	- VS>V
Efficacité du traitement phonologique après implantation	- V>VS			- V>VS	- V>VS
Efficacité du traitement phonologique après implantation + compétition codage visuo-spatial		- V>VS			
Efficacité du traitement phonologique après implantation + compétition codage visuo-spatial/phonologique et pour l'attention visuelle			- V>VS		

- **Effet de la condition de présentation dans chaque modalité**

Globalement, nous nous attendons à ce que le nombre d'*items* rappelés dans chacune des conditions soit différent pour chacune des modalités. Les hypothèses relatives à l'effet de la condition sont les suivantes. Elles sont résumées dans le tableau 12.

Dans la modalité verbale

a - Effet lié à l'ajout du son : I/I+S

Selon les résultats de l'étude de Clearly et al. (2001), nous nous attendons à ce que l'ajout du son à l'image (ou présentation visuelle) ne conduise pas à une amélioration du nombre moyen d'*items* correctement rappelés. Les scores devraient être semblables dans les conditions images ou images + son.

b - Effet lié à l'ajout du son et du LPC : I/I+S+LPC

Nous nous attendons également à ce que l'ajout de la LPC à l'image et au son conduise à une augmentation du nombre moyen d'*items* correctement rappelés. L'ajout du son et de la LPC, qui réduit l'ambiguïté de la lecture labiale, devrait favoriser l'encodage verbal (Leybaert, Schepers, Renglet, Simon, Serniclaes, Deltenre, Marquet, Mansbach, Périer, & Ligny, 2005). Il est possible toutefois que l'ajout de la LPC conduise à une diminution des performances de rappel en raison du possible effet distracteur de l'apparition de la vidéo comportant la LPC à droite de l'écran (Burkholder & Pisoni, 2006).

c - Effet de l'énonciation et du codage LPC sans présentation visuelle de l'*item* par rapport à la présentation visuelle seule : I/S+LPC

Nous nous attendons à ce que le nombre moyen d'*items* correctement rappelés soit supérieur dans la condition Image seule par rapport à la condition Son+LPC, cette dernière condition ne permettant pas à l'enfant sourd avec IC de voir les images mais seulement d'entendre leur nom et de voir leur codage en LPC. Nous supposons en effet que la présentation visuelle de l'information verbale est plus efficace que la présentation sonore qui nécessite une analyse phonologique. De plus, si l'enfant utilise l'information verbale, il devra maintenir temporairement cette information phonologique en MCT. La difficulté à maintenir l'information phonologique pourrait conduire à une diminution du rappel dans cette condition S+LPC.

d - Effet de l'ajout du codage LPC du son par rapport à la présentation visuelle de l'image avec énonciation de son nom : I+S/I+S+LPC

Nous nous attendons à ce que le nombre moyen d'*items* correctement rappelés soit supérieur dans la condition Image avec son et LPC par rapport à l'image accompagnée uniquement du son, le LPC réduisant l'ambiguïté du son. Cependant, la coexistence de l'image à gauche et de la vidéo de la LPC à droite dans la condition Image+Son+LPC pourrait aussi conduire à un nombre moins élevé d'*items* rappelés dans cette dernière condition en raison du déplacement de l'attention visuelle sur la vidéo.

e - Effet de l'énonciation verbale et du codage LPC sans présentation visuelle de l'image par rapport à la présentation visuelle de l'image accompagnée du son : I+S/S+LPC

Nous nous attendons à ce que le nombre moyen d'*items* correctement rappelés soit supérieur dans la condition Image et son par rapport à la condition Son+LPC, cette dernière condition ne permettant pas à l'enfant sourd avec IC de voir les images mais seulement d'entendre leur nom et de voir leur codage en LPC. Si l'enfant utilise l'information verbale, il devra maintenir temporairement cette information phonologique en MCT.

f - Effet de l'énonciation verbale et du codage LPC sans présentation visuelle de l'image par rapport à la présentation multimodale avec présentation visuelle de l'*item* accompagnée de l'énonciation et du codage LPC : I+S+LPC/S+LPC

Nous nous attendons à ce que la condition Son+LPC donne lieu à des performances de rappel moins élevées par rapport à la condition Image+Son+LPC en raison de l'absence de présentation visuelle des images. De plus, si l'enfant utilise l'information verbale, il devra maintenir temporairement cette information phonologique en MCT. La difficulté à maintenir l'information phonologique pourrait conduire à une diminution du rappel dans la condition S+LPC.

Cependant, la coexistence de l'image à gauche et de la vidéo de la LPC à droite dans la condition Image+Son+LPC pourrait aussi conduire à un nombre moins élevé d'*items* rappelés en raison de la présentation visuelle de l'*item* à gauche de l'écran et de la vidéo de la LPC à

droite de l'écran qui est susceptible de détourner l'attention de l'enfant. Dans ce cas, le nombre d'*items* rappelés pourrait être plus élevé dans la condition S+LPC si les enfants sourds avec IC utilisent un encodage phonologique enrichi avec le LPC.

Dans la modalité visuo-spatiale

a - Effet lié à l'ajout du son : P/P+S

Selon Clearly et al. (2001), les enfants IC privilégient un encodage visuo-spatial lors de la mémorisation. Nous nous attendons donc à ce que l'ajout de l'énonciation de la localisation du point dans la grille (son) à la présentation visuelle du point conduise à une diminution du nombre moyen d'*items* correctement rappelés. Nous supposons que l'information sonore ajoute une information de nature différente (il s'agit d'un codage verbal) de celle purement visuelle à laquelle les enfants sourds avec IC ont été plus fréquemment confrontés et qu'ils pourraient utiliser plus spontanément pour maintenir une information à court terme. Si les enfants sourds privilégient l'encodage visuel, l'information sonore, apportée dans cette condition, ne sera pas utilisée. Cette condition pourrait aussi provoquer une compétition entre l'information visuelle apportée par la présentation des points et l'information sonore. Cette compétition pourrait conduire à une dégradation du nombre de points rappelés dans la condition Point+Son par rapport à la condition Point seul.

b - Effet lié à l'ajout du son et du LPC : P/P+S+LPC

Nous nous attendons, tout comme dans la comparaison précédente, à ce que l'ajout du LPC à la présentation du point et du son, conduise à une diminution du nombre moyen d'*items* correctement rappelés pour les mêmes raisons évoquées : les enfants sourds privilégiant l'encodage visuel et/ou les informations visuelles et sonores entrant en compétition. Par ailleurs, il est possible que l'ajout de la vidéo comportant la LPC à droite de l'écran constitue une source de distraction de l'attention visuelle centrée sur la grille dans laquelle les points apparaissent successivement localisée à gauche de l'écran (Burkholder & Pisoni, 2006).

c - Effet de l'énonciation et du codage LPC sans présentation visuelle de l'*item* par rapport à la présentation visuelle seule : P/S+LPC

Nous nous attendons à ce que le nombre moyen d'*items* correctement rappelés soit supérieur dans la condition Point seul par rapport à la condition Son+LPC, cette dernière condition ne permettant pas à l'enfant sourd avec IC de voir les *items* mais seulement d'entendre leur localisation et de voir le codage de cette localisation en LPC. Si les enfants sourds privilégient habituellement l'encodage visuel et qu'ils ont des difficultés à utiliser l'information verbale, l'énonciation de la localisation des points ne leur permettra qu'une mémorisation partielle de la localisation des points dans la grille. De plus, l'enfant devra maintenir temporairement

cette information phonologique en MCT puis la recoder en information visuo-spatiale pour donner sa réponse en pointant la cellule dans la grille présentée lors du rappel. La difficulté à maintenir l'information phonologique ou à réaliser le recodage pourrait conduire à une diminution du rappel dans cette condition S+LPC.

d - Effet de l'ajout du codage LPC du son par rapport à la présentation visuelle du Point avec énonciation de sa localisation : P+S/P+S+LPC

Nous nous attendons à ce que le nombre moyen d'*items* correctement rappelés soit moins élevé dans la condition Point avec son et LPC par rapport au point accompagné uniquement du son, P+S, en raison de la coexistence de l'image à gauche et de la vidéo de la LPC à droite dans la condition Image+Son+LPC, susceptible de provoquer un déplacement de l'attention visuelle sur la vidéo.

e - Effet de l'énonciation verbale et du codage LPC sans présentation visuelle de l'image par rapport à la présentation visuelle de l'image accompagnée du son : P+S/S+LPC

Nous nous attendons à ce que le nombre moyen d'*items* correctement rappelés soit supérieur dans la condition Point avec son par rapport à la condition Son+LPC, cette dernière condition ne permettant pas à l'enfant sourd avec IC de voir les Points mais seulement d'entendre la localisation des points et de voir le codage de cette localisation en LPC. Si les enfants sourds privilégient habituellement l'encodage visuel, et qu'ils ont des difficultés à utiliser l'information verbale, l'énonciation de la localisation des points ne leur permettra qu'une mémorisation partielle de la localisation des points dans la grille. De plus, l'enfant devra maintenir temporairement cette information phonologique en MCT puis la recoder en information visuo-spatiale pour donner sa réponse en pointant la cellule dans la grille présentée lors du rappel.

f - Effet de l'énonciation et du codage LPC sans présentation visuelle de l'*item* par rapport à la présentation multimodale avec présentation visuelle de l'*item* accompagnée de l'énonciation et du codage LPC : P+S+LPC/S+LPC

Nous nous attendons à ce que la condition Son+LPC donne lieu à des performances de rappel moins élevées par rapport à la condition Image+Son+LPC en raison de l'absence de la présentation visuelle des points dans la grille, de la nécessité d'utiliser l'information verbale pour encoder l'information à restituer et de recoder l'information sonore en information visuo-spatiale pour donner sa réponse en pointant la cellule dans la grille présentée lors du rappel.

Tableau 12 : Synthèse des hypothèses relatives aux comparaisons inter-conditions pour chaque modalité en termes d'augmentation ou de diminution de la performance entre la condition en ligne et la condition en colonne (exemple : une augmentation est attendue entre I et I+S).

Modalité verbale			
	I+S Effet son	I+S+LPC Effet son et LPC	S+LPC Absence présentation visuelle I + ajout LPC
I	↗ légère	↗ légère Ou ↘ att visuelle	↘ sans image, utilisation du son
	-	Effet de l'ajout du LPC	Absence présentation visuelle I
I+S	-	↗ avec LPC ↘ att visuelle	↘ sans image, utilisation son
		-	Absence présentation visuelle I
I+S+LPC		-	↘ sans image, utilisation son ↗ att visuelle I et LPC

Modalité visuo-spatiale			
	P+S Effet son	P+S+LPC Effet son et LPC	S+LPC Absence présentation visuelle I + ajout LPC
P	↘ compétition info vis/son	↘ compétition info vis/son, att visuelle	↘ sans point, utilisation du son, recodage visuo-spatial
	-	Effet de l'ajout du LPC	Absence présentation visuelle P
P+S	-	↘ avec LPC att visuelle	↘ sans point, utilisation son, recodage visuo-spatial
			Absence présentation visuelle P
P+S+LPC		-	↘ sans point, utilisation son, recodage visuo-spatial

- **Variation du bénéfice ou de la détérioration du rappel inter-conditions selon la modalité**

La comparaison entre deux conditions de présentation de l'information à mémoriser peut conduire à un gain dans le rappel ou au contraire à une détérioration de ce rappel. Ces différences inter-conditions sont comparées entre les modalités. Les hypothèses relatives à ces différences sont les suivantes. Le tableau 13 correspond à une synthèse de ces hypothèses.

a - Effet lié à l'ajout du son : I-I+S / P-P+S

D'une part, selon les résultats de l'étude de Clearly et al. (2001), nous nous attendons à ce que l'ajout du son à l'image (ou présentation visuelle) ne conduise pas à une amélioration du nombre moyen d'*items* correctement rappelés. Les scores devraient être semblables dans les

conditions images seules et images avec le son, d'autre part, une diminution liée à l'ajout du son dans la modalité visuo-spatiale lorsque la localisation des points dans la grille est à mémoriser. Ce codage verbal de la localisation des points peut entrer en compétition avec le codage visuel du point dans la grille.

b - Effet lié à l'ajout du son et du LPC : I-I+S+LPC / P-P+S+LPC

Nous nous attendons d'une part à observer un bénéfice de l'ajout du son et du code LPC par rapport à la condition *Item* seul dans la modalité verbale lorsque le nom des images est à mémoriser et, d'autre part, une détérioration liée à l'ajout du son et du code LPC indiquant le numéro de la cellule de la grille dans la modalité visuo-spatiale. Il est possible que l'information sonore indiquant le numéro de la cellule de la grille rentre en compétition avec l'analyse visuo-spatiale de la localisation du point dans la grille. Cette compétition pourrait conduire à une diminution plus importante de la performance de rappel dans la modalité visuo-spatiale par rapport à la modalité verbale.

De plus, la présence de la LPC pourrait être plus défavorable lorsque l'information à mémoriser est visuo-spatiale. Il est possible que la reconnaissance de l'image soit plus rapide que l'analyse de la position du point dans la grille, et que cette reconnaissance plus rapide de l'image permette plus rapidement à l'enfant de déplacer son attention vers la vidéo comportant le code LPC. Cette hypothèse s'applique uniquement si l'enfant sourd avec IC regarde réellement la vidéo du code LPC. S'il a conscience que cette vidéo n'est pas utile pour la tâche à réaliser et qu'il est en mesure d'exercer un contrôle sur son attention, dans ce cas son attention restera centrée sur les *items* visuels (image ou point dans la grille).

c - Effet de l'énonciation et du codage LPC sans présentation visuelle de l'*item* par rapport à la présentation visuelle seule : I - S+LPC / P - S+LPC

Nous nous attendons tout d'abord à observer dans la modalité verbale une diminution du rappel en raison de l'absence de l'image dans la condition S+LPC par rapport à la condition Image seule. Nous supposons que les enfants sourds auront davantage de difficultés à utiliser l'information sonore et la LPC par rapport à l'information visuelle apportée par l'image. Nous nous attendons également à observer une diminution du rappel dans la modalité visuo-spatiale en raison de l'absence d'apparition des points dans la grille. Nous supposons que les enfants sourds auront davantage de difficultés à utiliser l'information de la localisation du point par rapport à sa présentation visuelle dans la grille. Enfin, nous nous attendons à ce que la détérioration du rappel soit plus importante dans la modalité visuo-spatiale dans la mesure où l'enfant devra maintenir temporairement cette information phonologique en MCT/MDT puis la recoder en information visuo-spatiale pour donner sa réponse en pointant la cellule dans la grille présentée lors du rappel.

d - Effet de l'ajout du codage LPC par rapport à la présentation visuelle de l'*item* avec son : I+S - I+S+LPC / P+S - P+S+LPC

Nous nous attendons à un gain du nombre moyen d'*items* correctement rappelés dans la condition I+S+LPC du fait de l'apport de la LPC sur la perception du langage oral. Cependant, la coexistence de l'image à gauche et de la vidéo de la LPC à droite dans la condition Image+Son+LPC pourrait aussi conduire à une diminution du rappel.

Nous nous attendons à une diminution du nombre moyen d'*items* correctement rappelés dans la condition Point+S+LPC, en raison de la coexistence de l'image à gauche et de la vidéo de la LPC à droite, susceptible de provoquer un déplacement de l'attention visuelle sur la vidéo.

En outre, nous nous attendons à ce que la diminution soit plus prononcée dans la modalité visuo-spatiale dans laquelle l'information sonore peut entrer en compétition avec l'information visuelle.

e - Effet de l'énonciation verbale et du codage LPC sans présentation visuelle de l'*item* par rapport à la présentation visuelle de l'*item* accompagné du son : I+S - S+LPC / P+S - S+LPC

Nous nous attendons dans la modalité verbale à une diminution du nombre moyen d'*items* rappelés en raison de l'absence de présentation visuelle des images et de l'utilisation d'une information phonologique. Nous nous attendons dans la modalité visuo-spatiale à une diminution du nombre moyen d'*items* rappelés dans la condition Son+LPC plus importante que dans la modalité verbale. Dans la condition S+LPC visuo-spatiale, l'enfant ne voit pas les Points mais entend seulement la localisation verbale des points et voit le codage de cette localisation en LPC. Cette condition oblige l'enfant à utiliser une information phonologique. Elle nécessite également de recoder cette information phonologique en information visuo-spatiale pour indiquer la localisation du point en pointant la cellule dans la grille présentée lors du rappel.

f - Effet de l'énonciation et du codage LPC sans présentation visuelle de l'*item* par rapport à la présentation multimodale avec présentation visuelle de l'*item* accompagnée de l'énonciation et du codage LPC : I+S+LPC - S+LPC / P+S+LPC - S+LPC

Nous nous attendons dans la modalité verbale soit à une diminution du nombre moyen d'*items* rappelés en raison de l'absence de présentation visuelle des images et de l'utilisation d'une information phonologique, soit à un gain dans la condition S+LPC, en raison de la coexistence dans la condition I+S+LPC de l'image à gauche et de la vidéo de la LPC à droite susceptible de détourner l'attention de l'enfant.

Nous nous attendons dans la modalité spatiale, à ce que la diminution du nombre moyen d'*items* rappelés soit plus importante que dans la modalité verbale en raison de l'absence de la présentation visuelle des points dans la grille, de la nécessité d'utiliser l'information verbale

pour encoder l'information à restituer et de recoder l'information sonore en information visuo-spatiale pour donner sa réponse.

Tableau 13 : Synthèse des hypothèses relatives aux comparaisons entre les différences (gain ou détérioration du rappel) entre les modalités verbales et visuo-spatiales pour chacune des comparaisons inter-conditions.

	I - I+S / P - P+S	I - I+S+LPC / P - P+S+LPC	I - S+LPC / P - S+LPC	I+S - I+S+LPC / P+S - P+S+LPC	I+S - S+LPC / P+S - S+LPC	I+S+LPC - S+LPC / P+S+LPC - S+LPC
	Stable //détér	Gain // détér	Détér // détér	Gain/détér // détér	Détér // détér	Détér/gain //deter
Diff	VStable>VSDétér	VGain>VSDétér	VDéter<VSDéter V sans image, utilisation son VS sans point, recodage visuo-spatial pour réponse	VGain ou Détér<VS Détér V gain si utilisation info sonore et LPC V déter si compétition LPC attention visuelle VS déter car compétition informations visuelle sonore + compétition atten visuelle	V Déter < VS Déter V sans image, utilisation son VS sans point + utilisation son + recodage visuo-spatial	VDéter ou Gain > VSDéter V déter car sans image que son V gain si compétition LPC attention visuelle VS sans point + utilisation info phono+ recodage visuo-spatial pour réponse

b) Résultats des comparaisons entre modalités et/ou conditions

Nos résultats sont exposés en fonction de différents effets :

- l'effet de la modalité où sont comparées les modalités verbales et visuo-spatiale, dans la condition *items* seuls puis dans toutes les conditions et enfin pour chacune des conditions.
- l'effet de la condition de présentation dans la modalité verbale puis dans la modalité visuo-spatiale.

➢ Effet de la modalité

Il s'agit ici d'examiner si le nombre moyen d'*items* correctement rappelés est différent selon la modalité verbale ou visuo-spatiale. Les moyennes du nombre moyen d'*items* correctement rappelés pour chacune des conditions dans chaque modalité sont précisées en Annexe 8.

- Comparaison des modalités verbale /visuo-spatiale pour les conditions *Items* seuls

Le nombre moyen d'*items* correctement rappelés est inférieur dans la modalité verbale (17,79 sur 27) par rapport à la modalité visuo-spatiale (24,07 sur 27) [Z=3,18, p<.01].

- Comparaison verbale/visuo-spatiale pour les moyennes des conditions

Le nombre moyen d'*items* correctement rappelés est inférieur dans la modalité verbale (16,07 sur 27) par rapport à la modalité visuo-spatiale (23,23 sur 27) [Z=3,23, p<.01].

- Comparaison verbale/visuo-spatiale pour chacune des conditions

Les différences entre les nombres moyens d'*items* correctement rappelés dans les modalités verbale et visuo-spatiale sont significatives pour chacune des conditions. Les moyennes sont précisées dans le tableau 14. Le nombre moyen d'*items* correctement rappelés est supérieur dans la modalité visuo-spatiale par rapport à la modalité verbale quelle que soit la condition.

Tableau 14 : Synthèse des comparaisons réalisées avec le test non paramétrique de Wilcoxon entre les modalités verbale et visuo-spatiale pour chaque condition de présentation des *items*.

	Modalité verbale / Modalité visuo-spatiale			
Conditions	I/P	I+S/P+S	I+S+LPC/P+S+LPC	S+LPC/S+LPC
Moyennes	17,79/24,07	16,29/23,86	14,75/23,14	15,79/21,86
Test de Wilcoxon	Z=3,18 p<.01	Z=3,18 p<.01	Z=3,01 p<.01	Z=2,89 p<.01

La figure 8 illustre les différences entre les modalités verbale et visuo-spatiale pour chacune des conditions.

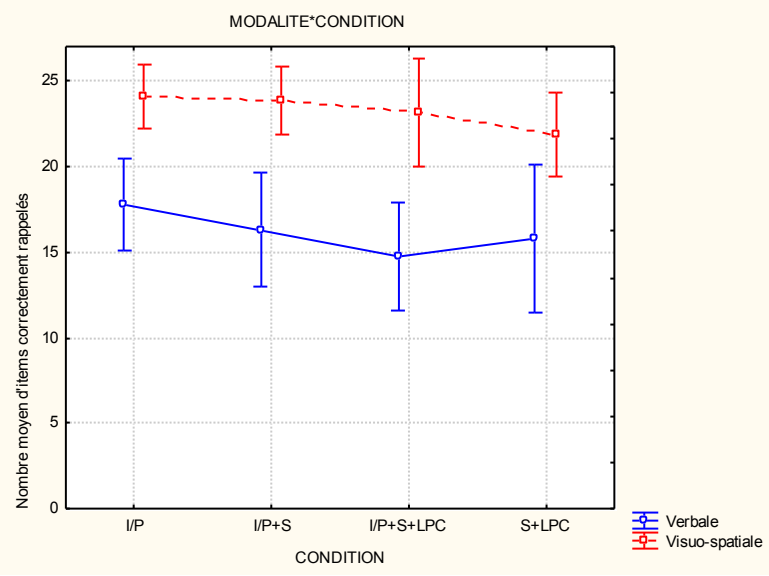


Figure 8 : Nombre moyen d'*items* correctement rappelés par les enfants sourds avec IC pour chaque condition de présentation des *items* selon la modalité verbale ou visuo-spatiale.

- **Effet de la condition de présentation dans chaque modalité**

Le tableau 15 regroupe les comparaisons entre les conditions pour la modalité verbale puis la modalité visuo-spatiale et propose une synthèse des tests statistiques.

Tableau 15 : Synthèse des comparaisons réalisées avec le test non paramétrique de Wilcoxon entre les conditions pour la modalité verbale puis pour la modalité visuo-spatiale.

Modalité verbale				
Test de Wilcoxon Z	I	I+S	I+S+LPC	S+LPC
Moyenne	17,79	16,29	14,75	15,79
I	-	Z=2,00 p<.05	Z=2,97 p<.01	Z=1,29 ns
I+S	-	-	Z=1,92 ns	Z<1 ns
I+S+LPC			-	Z<1 ns
S+LPC				-

Modalité visuo-spatiale				
Test de Wilcoxon Z	P	P+S	P+S+LPC	S+LPC
Moyenne	24,07	23,86	23,14	21,86
P	-	Z<1 ns	Z<1 ns	Z=2,43 p<.05
P+S		-	Z<1 ns	Z=2,59 p<.01
P+S+LPC			-	Z=1,49 ns
S+LPC				-

- Dans la modalité verbale

a - Effet lié à l'ajout du son : I/I+S

Dans la modalité verbale, le nombre moyen d'*items* correctement rappelés par les enfants sourds avec IC est significativement plus faible dans la condition où le son est ajouté (I+S) par rapport à la condition image seule (I). Le son ne permet pas d'améliorer la performance de rappel.

b - Effet lié à l'ajout du son et du LPC : I/I+S+LPC

De même, le nombre moyen d'*items* correctement rappelés par les enfants sourds avec IC est significativement plus faible lorsque le son et le codage LPC sont ajoutés (I+S+LPC) par rapport à la condition image seule (I).

c - Effet de l'énonciation et du codage LPC sans présentation visuelle de l'*item* par rapport à la présentation visuelle seule : I/S+LPC

La différence entre le nombre d'*items* correctement rappelés dans la condition image seule et la condition Son+LPC n'est pas significative bien que la performance soit plus élevée dans la condition Image seule par rapport à la condition Son+LPC. L'écart-type est particulièrement élevé dans la condition Son+LPC.

d - Effet de l'ajout du codage LPC au son par rapport à la présentation visuelle de l'image avec énonciation de son nom : I+S/I+S+LPC

L'ajout de la LPC par rapport à la condition I+S ne conduit pas à une augmentation du nombre d'*items* correctement rappelés mais à une diminution. Toutefois la différence entre ces deux conditions n'est pas significative.

e - Effet de l'énonciation verbale et du codage LPC sans présentation visuelle de l'image par rapport à la présentation visuelle de l'image accompagnée du son : I+S/S+LPC

Le nombre moyen d'*items* correctement rappelés dans la condition I+S est supérieur au nombre moyen d'*items* correctement rappelés dans la condition sans image et avec l'énonciation du mot et le codage LPC. La différence n'est pas significative.

f - Effet de l'énonciation verbale et du codage LPC sans présentation visuelle de l'image par rapport à la présentation visuelle de l'*item* accompagnée de l'énonciation et du codage LPC : I+S+LPC/S+LPC.

Les scores moyens de rappel dans ces deux conditions sont proches. La différence n'est pas significative.

- Dans la modalité visuo-spatiale

a - Effet lié à l'ajout du son : P/P+S

La différence du nombre moyen d'*items* correctement rappelés n'est pas significative entre ces deux conditions.

b - Effet lié à l'ajout du son et du LPC : P/P+S+LPC

L'ajout de la LPC au son et au point ne conduit pas à une différence significative avec la condition Point seul.

c - Effet de l'énonciation et du codage LPC sans présentation visuelle de l'*item* par rapport à la présentation visuelle seule : P/S+LPC

La condition S+LPC suscite une diminution significative du nombre d'*items* correctement rappelés par rapport à la condition Point seul (P). L'absence de présentation des points dans la grille est préjudiciable au rappel. L'enfant doit alors utiliser une information verbale ou coder mentalement la localisation du point dans la grille donnée par le son et la LPC.

d - Effet de l'ajout du codage LPC du son par rapport à la présentation visuelle du Point avec énonciation de sa localisation : P+S/P+S+LPC

L'ajout de la LPC au son et au point ne conduit pas à une différence significative avec la condition Point seul. L'ajout du LPC ne permet pas un bénéfice par rapport rappel par rapport à la présentation visuelle des *items*

e - Effet de l'énonciation verbale et du codage LPC sans présentation visuelle du point par rapport à la présentation visuelle du point accompagnée du son : P+S/S+LPC

La condition S+LPC suscite une diminution significative du nombre d'*items* correctement rappelés par rapport à la condition P+S. L'absence de présentation des points dans la grille semble préjudiciable au rappel.

f - Effet de l'énonciation et du codage LPC sans présentation visuelle de l'*item* par rapport à la présentation multimodale avec présentation visuelle de l'*item* accompagnée de l'énonciation et du codage LPC : P+S+LPC/S+LPC

La différence entre la condition S+LPC et la condition P+S+LPC n'est pas significative.

1.1.3. Analyses des relations entre conditions

Pour comparer nos données avec celles des enfants entendants, nous avons utilisé le coefficient de corrélation de Spearman (R). Celui-ci permet de préciser l'existence d'une liaison entre deux variables et également son intensité. Il repose sur les rangs des données et non les données elles-mêmes, ce qui le rend insensible aux valeurs extrêmes.

Sont présentées dans cette partie les corrélations intra-modalité, les corrélations inter-modalités verbales/visuo-spatiales puis une analyse des clusters.

a) Corrélations intra-modalité

Les corrélations ont été réalisées sur le nombre moyen d'*items* correctement rappelés dans l'ordre. Le tableau 16 présente les corrélations réalisées avec le test non-paramétrique de Spearman.

La corrélation entre les moyennes verbale et visuo-spatiale est positive mais non significative (Spearman R=.51, ns).

Parmi les conditions de la modalité verbale, les corrélations entre les conditions deux à deux sont toutes positives et significatives. Notons que le coefficient de corrélation est plus élevé entre la condition uni-modale I seuls et les deux conditions dans lesquelles l'image est présente avec le son (I+S) ou avec le son et la LPC (I+S+LPC) par rapport à la condition dans laquelle l'image n'est pas présente (S+LPC). Ceci peut indiquer l'utilisation de l'image dans les trois premières conditions avec image. Par ailleurs, la corrélation entre les deux conditions comportant la LPC (I+S+LPC et S+LPC) est moins élevée.

Parmi les conditions de la modalité visuo-spatiale, les inter-corrélations sont également significatives. Les valeurs des corrélations sont légèrement plus élevées entre la condition P+S et les conditions P+S+LPC, S+LPC qui comportent une information sonore (l'énonciation des localisations des points dans la grille). Cependant, la valeur de la corrélation entre les conditions P+S+LPC, S+LPC est moins élevée. L'absence de présentation visuelle des points dans la condition S+LPC pourrait être en mesure d'expliquer cette corrélation moins élevée. Il semble ainsi que les relations entre les conditions visuo-spatiales reposent en partie sur les informations visuelle et sonore et que l'introduction de la LPC n'a que peu d'impact sur les relations étudiées .

Tableau 16 : Corrélations entre les conditions de présentation des *items* pour les modalités verbales et visuo-spatiales (R de Spearman).

	Iv	I+Sv	I+S+LPCv	S+LPCv	MoyV	Pvs	P+Svs	P+S+LPCvs	S+LPCvs	MoyVs
Iv	1,0000	0,8140	0,8343	0,5706	0,8429	0,2075	0,2669	0,0011	0,1494	0,1785
I+Sv	0,813966	1,0000	0,9159	0,7821	0,9306	0,3913	0,3684	0,1083	0,3581	0,3318
I+S+LPCv			1,0000	0,6911	0,8862	0,3262	0,2924	0,0725	0,2751	0,2968
S+LPCv				1,0000	0,8707	0,7917	0,6918	0,4837	0,6615	0,7132
MoyV					1,0000	0,5857	0,5123	0,2793	0,5094	0,5088
Pvs						1,0000	0,7752	0,7286	0,7436	0,8749
P+Svs							1,0000	0,8532	0,7825	0,9093
P+S+LPCvs								1,0000	0,6221	0,8140
S+LPCvs									1,0000	0,9134
MoyVs										1,0000

Légende : les valeurs en rouge indiquent des corrélations significatives

b) Corrélations inter-modalités verbales et visuo-spatiales

La corrélation entre les conditions uni-modales verbale et visuo-spatiale est positive mais non significative (I seules et P seuls : R=.21, ns). Les corrélations entre les conditions verbales et les conditions visuo-spatiales ne sont pas significatives à l'exception des corrélations entre la condition verbale S+LPC avec la plupart des conditions visuo-spatiales qui sont significatives (sauf la condition P+S+LPC). Ces corrélations laissent supposer que les enfants sourds avec IC s'appuient sur l'information visuelle pour mémoriser les images et la localisation des points dans la grille, ou bien qu'ils codent dès leur perception l'information sonore correspondant aux images (information lexicale) dans ces différentes conditions. Toutefois l'absence de corrélation des autres conditions verbales avec les conditions visuo-spatiales ne conforte pas cette deuxième interprétation.

c) Analyse des clusters

L'examen du dendrogramme de l'analyse en cluster des scores de rappel pour les modalités et conditions indique que les conditions verbales se distinguent des conditions visuo-spatiales. Plus la relation entre les variables (trait vertical entre deux variables ou groupes de variables) se situe à gauche plus la relation est forte.

La lecture du dendrogramme présenté dans la figure 9 indique que les conditions de la modalité verbale se regroupent et se distingue d'un second groupe constitué par les conditions visuo-spatiales. Par ailleurs, les regroupements entre les conditions sont différents dans les deux modalités.

Dans la modalité verbale, la condition S+LPC se différencie des trois autres conditions. L'absence d'image dans cette condition semble pouvoir expliquer cette distinction. Par ailleurs, les conditions I+S et I+S+LPC sont associées, elles comportent en commun le fait de présenter une image et un son. Il est possible que dans ces conditions les enfants s'appuient sur les informations visuelle et sonore.

Dans la modalité visuo-spatiale, les conditions Points seuls (P) et Points plus son (P+S) sont associées plus qu'avec les deux autres conditions. On peut y voir ici l'utilisation commune dans ces deux conditions de l'information visuelle essentiellement. La condition S+LPC est ensuite rattachée à ce premier groupe, puis ensuite la condition P+S+LPC. On peut y voir ici soit l'effet de l'utilisation d'un codage verbal, mais dans ce cas cette condition serait associée à la condition P+S, soit l'effet distracteur de l'ajout du codage LPC.

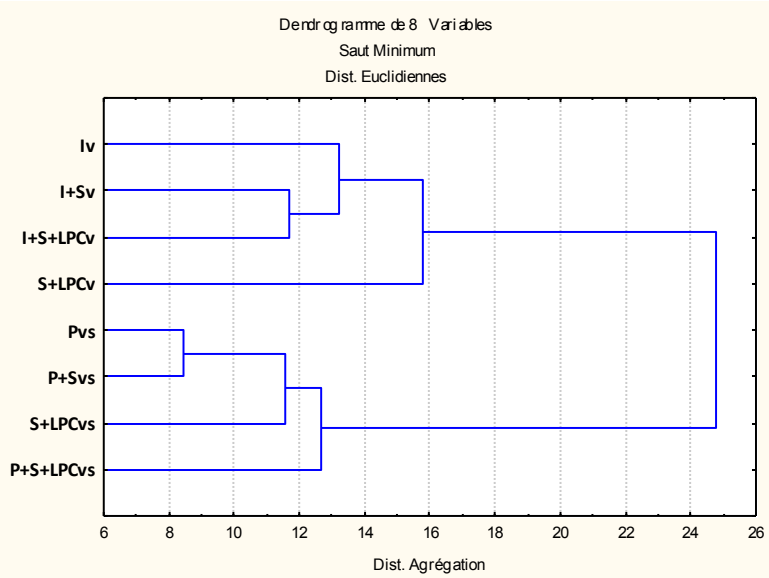


Figure 9 : Dendrogramme représentant l'analyse en cluster du nombre d'*items* correctement rappelés par les enfants sourds avec IC dans chacune des conditions de présentation des *items* pour chaque modalité.

1.2. Analyse des erreurs d'*item* et d'ordre

Nous rappelons que la distinction entre information « *item* » et information « ordre sériel » serait fondamentale pour mieux comprendre la nature des processus sous-jacents aux tâches de mémoire à court terme. Nous avons donc mesuré le rappel de l'information « *item* » par le nombre d'erreurs d'*item* (omission, intrusions) et le rappel de l'information « ordre sériel » par le nombre d'erreurs d'ordre (*items* de la liste rappelés dans des positions sérielles incorrectes).

1.2.1. Hypothèses

Le stockage de l'information *item* dépend directement de la qualité des représentations phonologiques et sémantiques. Par contraste, le stockage de l'ordre sériel est réalisé *via* un système spécifique et indépendant des représentations langagières.

Conformément à cette proposition, des enfants sourds ayant des connaissances langagières dégradées peuvent présenter un nombre d'erreurs *items* plus important qu'un nombre d'erreurs d'ordre (Majerus & al., 2009). Nous nous attendons donc à ce que les enfants sourds avec IC produisent plus d'erreurs d'*item* que d'erreurs d'ordre quelle que soit la modalité.

Comme pour les enfants entendants, la probabilité de se tromper au niveau de l'information « *item* » est relativement faible en modalité visuo-spatiale. En effet, le choix des emplacements se répète à partir d'un ensemble limité constitué de 9 positions différentes. Au fur et à mesure des *items* dans une séquence, le nombre de localisations possibles diminue et l'enfant doit surtout retenir leur ordre d'apparition. Nous nous attendons donc à ce que les enfants commentent plus d'erreurs d'*item* en modalité verbale qu'en modalité visuo spatiale. Par contre, nous nous attendons à ce que le nombre moyen d'erreurs d'ordre en modalité verbale et en modalité visuo-spatiale soit comparable. En effet, Hurlstone et al. (2014) suggèrent que les mécanismes responsables de l'ordre sériel pour des *items* verbaux, visuels et spatiaux sont planifiés et contrôlés par un système similaire.

1.2.2. Résultats des comparaisons entre les erreurs pour chaque condition dans chacune des modalités

Les comparaisons sont effectuées pour la condition uni-modale dans un premier temps puis pour toutes les conditions dans un second temps.

a) Pour la condition uni-modale - *Items* seuls

Une première analyse a été réalisée sur les données recueillies dans les conditions *Items* seuls (Images Seules et Points seuls), contexte classique de mesure de la MCT.

Compte-tenu des écarts types importants et de l'absence de normalité de la distribution du nombre d'erreurs dans certaines conditions, le test statistique utilisé est le test non-paramétrique de Wilcoxon.

Comme l'illustre la figure 10, le nombre moyen d'erreurs d'*item* est supérieur au nombre moyen d'erreurs d'ordre dans la modalité verbale (test de Wilcoxon significatif), mais pas dans la modalité visuo-spatiale (Voir Tableau). Le nombre moyen d'erreurs d'*item* est particulièrement important dans la modalité verbale.

Le nombre moyen d'erreurs d'*item* est significativement plus élevé dans la modalité verbale que dans la modalité visuo-spatiale. La différence entre les nombres d'erreur d'ordre pour les modalités verbale et visuo-spatiale n'est pas significative (voir tableau 17).

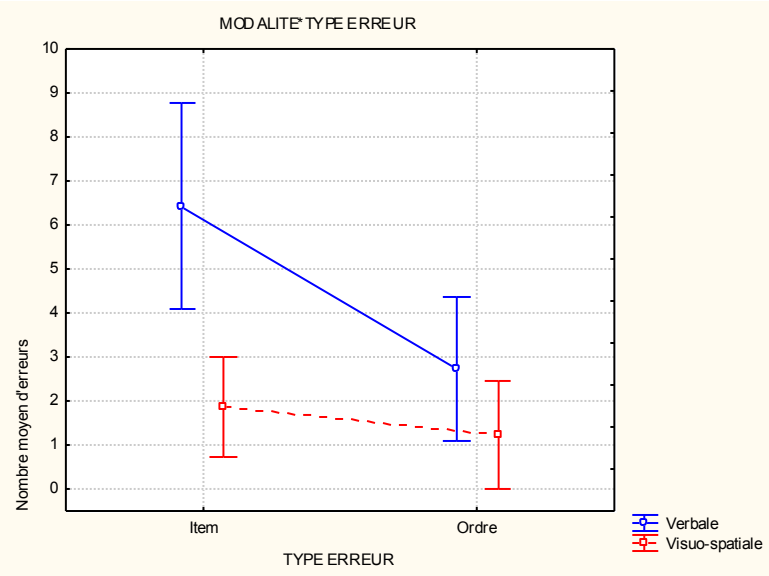


Figure 10 : Nombre moyen d'erreurs commises par les enfants sourds avec IC selon le type d'erreur (*Item* ou Ordre) et la modalité (verbale ou visuo-spatiale) dans les conditions *Items* seuls.

Tableau 17 : Synthèse des comparaisons entre les types d'erreurs commises par les enfants sourds avec IC pour la modalité verbale puis pour la modalité visuo-spatiale, puis entre modalités pour chaque type d'erreur.

	Modalité		**Type d'erreur**	
	Verbale Moy *Item*/ Moy Ordre 6,43/ 2,71	Visuo-spatiale Moy *Item*/ Moy Ordre 1,86/ 1,21	*Item* Verbale /Visuo-spatiale 6,43/ 1,86	Ordre Verbale /Visuo-spatiale 2,71/ 1,21
Test de Wilcoxon	Z = 2,31 p<.05	Z = 1,05 ns	Z = 2,93 p<.01	Z = 1,33 ns

b) Pour toutes les conditions de présentation

Cette deuxième analyse intègre les quatre conditions de présentation des *items*. Le test statistique utilisé est le test non-paramétrique de Wilcoxon. (Voir moyennes Annexe 8).

- **Comparaisons selon le type d'erreurs d'*item* et d'ordre**

Tableau 18 : Synthèse des comparaisons entre les types d'erreur commises par les enfants sourds avec IC pour chacune des conditions de la modalité verbale puis chacune des conditions de la modalité visuo-spatiale.

	Modalité Verbale				**Modalité Visuo-spatiale**			
	I	I+S	I+S+LPC	S+LPC	P	P+S	P+S+LPC	S+LPC
	Moy *Item* / Moy Ordre				Moy *Item* / Moy Ordre			
	6,43/ 2,71	7,21 /3,14	8,07 /4,36	7,64 /3,57	1,86/ 1,21	1,79 /1,36	2,14 /1,71	3,00 /2,14
Test de Wilcoxon	Z=2,31 p<.05	Z=2,39 p<.05	Z=1,54 ns	Z=1,25 ns	Z=1,05 ns	Z<1 ns	Z<1 ns	Z<1 ns

Dans la modalité verbale, la différence entre le nombre moyen d'erreurs d'*item* et d'ordre est significative pour la condition I ainsi que pour la condition I+S (Test de Wilcoxon). Le nombre moyen d'erreur d'*item* est plus élevé que celui des erreurs d'ordre. Notons que pour les erreurs d'*item* les écart-types sont particulièrement importants et notamment pour la condition S+LPC.

Dans la modalité visuo-spatiale, les différences entre les nombres moyens d'erreurs d'*item* et d'ordre ne sont pas significatives. Ces différences sont illustrées dans la figure 11.

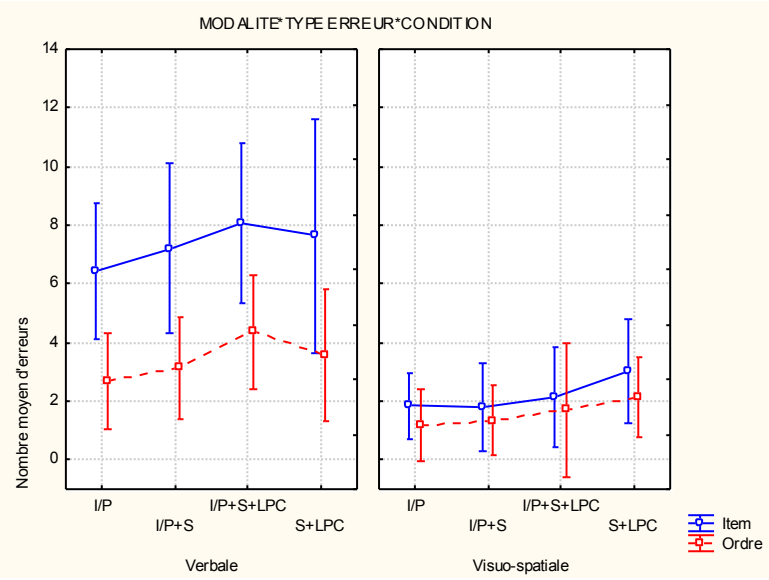


Figure 11 : Nombre moyen d'erreurs commises par les enfants sourds avec IC selon le type d'erreur (*Item* ou Ordre) et la modalité (verbale ou visuo-spatiale) dans toutes les conditions.

- **Variations de chaque type d'erreurs selon la condition**

- Modalité verbale

Les différences entre les nombres moyens d'erreurs d'*item* produites pour chaque condition de présentation dans la modalité verbale ne sont pas significatives.

Le nombre moyen d'erreurs d'ordre est significativement plus élevé dans la condition I+S+LPC (Test de Wilcoxon) par rapport aux conditions Image seule (I) et Image et son

(I+S). L'apparition de la vidéo comportant la LPC semble associée à l'augmentation des erreurs d'ordre. Il est possible que la vidéo de la LPC provoque une distraction de l'attention visuelle.

Le tableau 19 donne une synthèse des analyses statistiques réalisées (Test de Wilcoxon).

Tableau 19 : Synthèse des comparaisons entre les conditions pour les erreurs d'*item* puis pour les erreurs d'ordre, commises par les enfants sourds avec IC, pour la modalité verbale.

Modalité verbale									
Erreurs d'*Item*						**Erreurs d'Ordre**			
	I	I+S	I+S+LPC	S+LPC			I	I+S	I+S+LPC	S+LPC
Moyenne	6,43	7,21	8,07	7,64		Moyenne	2,71	3,14	4,36	3,57
Test de Wilcoxon Z						**Test de Wilcoxon Z**				
I	-	Z<1 ns	Z=1,92 p=.054	Z<1 ns		I	-	Z<1 ns	Z=2,04 p<.05	Z<1 ns
I+S	-	-	Z<1 ns	Z<1 ns		I+S		-	Z=2,09 p<.05	Z<1 ns
I+S+LPC			-	Z<1 ns		I+S+LPC			-	Z=1,78 ns
S+LPC				-		S+LPC				-

- Modalité visuo-spatiale

Le nombre d'erreur d'*item* est significativement plus élevé dans la condition S+LPC par rapport aux conditions Point seul (P) et Point et son (P+S). L'absence de présentation visuelle des points dans la grille semble être à l'origine de cette augmentation des erreurs d'*items*. L'ajout du son et du son et de la LPC ne conduit pas à une diminution ou une augmentation significative des erreurs d'*item*, dans la mesure où les différences entre les conditions P et les conditions P+S et P+S+LPC ne sont pas significatives.

Les différences entre les nombres moyens d'erreurs d'ordre produites pour chaque condition de présentation ne sont pas significatives, à l'exception de la différence entre P+S et S+LPC. Le nombre d'erreurs d'ordre est significativement plus élevé dans la condition Son et LPC (S+LPC) par rapport à la condition Point et son (P+S). L'absence de présentation visuelle des points dans la grille semble être à l'origine de cette augmentation des erreurs d'*items*.

Le tableau 20 regroupe les analyses statistiques réalisées (Test de Wilcoxon).

Tableau 20 : Synthèse des comparaisons entre les conditions pour les erreurs d'*item* puis pour les erreurs d'ordre, commises par les enfants sourds avec IC, pour la modalité visuo-spatiale.

Modalité visuo-spatiale									
Erreurs d'*Item*					**Erreurs d'Ordre**				
	P	P+S	P+S+LPC	S+LPC		P	P+S	P+S+LPC	S+LPC
Moyenne	1,86	1,79	2,14	3,00	Moyenne	1,21	1,36	1,71	2,14
Test de Wilcoxon Z					**Test de Wilcoxon Z**				
P	-	Z<1 ns	Z<1 ns	Z=2,09 p<.05	P	-	Z<1 ns	Z<1 ns	Z=1,10 ns
P+S	-	-	Z<1 ns	Z=2,19 p<.05	P+S		-	Z<1 ns	Z=2,03 p<.05
P+S+LPC			-	Z=1,33 ns	P+S+LPC			-	Z=1,12 ns
S+LPC				-	S+LPC				-

1.2.3. Analyses des corrélations et en clusters

- Corrélations entre les types d'erreurs

Comme le souligne les résultats du tableau 21, la corrélation entre les erreurs d'*item* et d'ordre n'est pas significative pour la modalité verbale, mais est significative pour la modalité visuo-spatiale.

La corrélation entre les erreurs d'*item* des modalités verbale et visuo-spatiale n'est pas significative, tout comme la corrélation entre les erreurs d'ordre des modalités verbale et visuo-spatiale, qui est négative. En revanche, la corrélation entre les erreurs d'*item* de la modalité verbale et les erreurs d'ordre de la modalité visuo-spatiale est positive et significative. Les enfants sourds qui ont un nombre élevé d'erreurs d'*item* dans la modalité verbale ont aussi un nombre élevé d'erreurs d'ordre dans la modalité visuo-spatiale.

Tableau 21 : Corrélations entre les nombres d'erreurs d'*item* et d'ordre intra-modalité et inter-modalités (verbales et visuo-spatiales), commises par les enfants sourds avec IC (Rangs de Spearman).

Rangs de Spearman	Modalité verbale		Modalité visuo-spatiale	
	Image seule *Item*	Image seule Ordre	Point seul *Item*	Point seul Ordre
Image seule *Item*	-	-0,195	0,506	0,586*
Image seule Ordre		-	-,268	-0,494
Point seul *Item*			-	0,538*

* r significatif à p<.05

- Analyse en cluster des erreurs d'*items* et d'ordre

L'examen du dendrogramme de l'analyse en cluster portant sur le nombre d'erreurs d'*items* et d'ordre dans chacune des modalités, présenté dans la figure 12, indique que les erreurs d'*items* dans la modalité verbale se distinguent des erreurs d'ordre dans cette même modalité ainsi que des erreurs d'*items* et d'ordre de la modalité visuo-spatiale. Les nombres d'erreurs d'*items* et d'ordre de la modalité visuo-spatiale se regroupent.

Il est possible que ces regroupements soient liés au plus faible nombre d'erreurs d'ordre dans la modalité verbale et d'erreurs d'*item* et d'ordre dans la modalité visuo-spatiale.

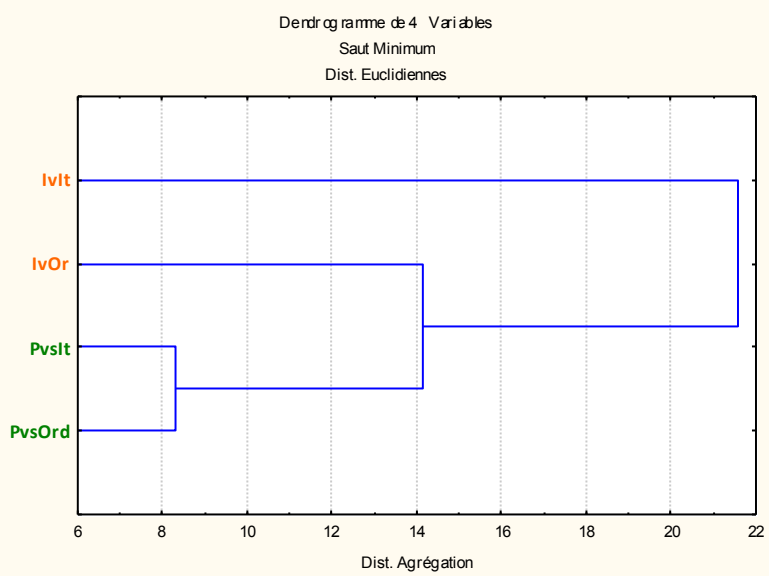


Figure 12 : Dendrogramme représentant l'analyse en cluster du nombre d'erreurs d'*Item* ou d'Ordre, commises par les enfants sourds avec IC, dans chacune des modalités de présentation (verbale et visuo-spatiale).

1.3. Analyse de l'effet de la longueur des séquences et des erreurs d'*item*

La présentation simultanée de différentes sources d'informations peut conduire à une surcharge cognitive chez les enfants sourds. L'effet de cette surcharge peut être apprécié en examinant si les scores de rappels varient en fonction du nombre d'*items* à rappeler. Les listes comportent deux, trois ou quatre *items* à rappeler.

Nous nous attendons également à ce que les conditions multimodales aient un impact différent selon le type d'erreurs :

1/ Les erreurs d'omission pourraient être plus nombreuses que les erreurs d'intrusion car les informations supplémentaires pourraient constituer des sources de distraction de l'attention entravant la perception de certains items. Ces items non perçus ne pourraient pas être rappelés.

2/ Les erreurs d'intrusion pourraient être plus nombreuses que les erreurs d'omission car les informations multiples des conditions multimodales pourraient provoquer une augmentation de la sollicitation des ressources attentionnelles/mnésiques et de la charge cognitive. Cette augmentation pourrait occasionner des difficultés de gestion en MDT, difficultés qui pourraient conduire à un défaut de suppression des items des listes précédentes, devenus non pertinents, et qui seraient rappelés à tort, formant des intrusions.

1.3.1. Effet de la longueur des séquences à rappeler

Après la présentation de nos hypothèses, nous effectuons une analyse des résultats pour la condition uni-modale puis pour toutes les conditions.

a) Hypothèses

Effet de la longueur :

Nous nous attendons tout d'abord à ce que les pourcentages d'éléments correctement rappelés dans l'ordre diminuent au fur et à mesure de l'augmentation du nombre d'*items* à rappeler quelles que soient les modalités et les conditions.

Effet Modalité*Longueur :

Nous nous attendons à une diminution des scores plus importante en modalité verbale par rapport à la modalité visuo-spatiale. En plus de la longueur des listes, le fait de rappeler des mots de deux syllabes en modalité verbale peut avoir une influence négative sur le rappel par rapport à un rappel de position de points (associé à un chiffre -mot d'une syllabe-) en modalité visuo-spatiale.

Effet Modalité*Condition

Nous nous attendons également à ce que cette diminution des scores soit plus importante dans les conditions où plusieurs sources d'informations sont proposées et en particulier en modalité verbale. Pour certains enfants, la présence de la LPC peut constituer un élément perturbateur en plus de la longueur des listes. Du point de vue des ressources du système cognitif, la présence de la LPC peut constituer une charge cognitive supplémentaire. Le contrôle exécutif est donc plus sollicité pour la régulation et la gestion des différentes informations et pour le traitement de celles -ci.

Effet Longueur * Condition

L'effet de la longueur des listes devrait être plus important dans les conditions où plusieurs sources d'informations sont proposées car la présentation simultanée de différentes sources d'informations peut conduire à une surcharge des ressources cognitives.

Effet d'interaction Modalité*Longueur*Condition

En conséquences de nos premières hypothèses, nous nous attendons à ce que l'effet de longueur des listes soit plus important en modalité verbale par rapport à la modalité visuo-spatiale et pour chacune des conditions de présentation.

- **Pour la condition uni-modale - *Items* seuls**

Une première analyse a été réalisée sur les données recueillies dans les conditions *Items* seuls (Images Seules et Points seuls), contexte classique de mesure de la MCT.

Tableau 22 : Synthèse des comparaisons entre les pourcentages d'*items* correctement rappelés par les enfants sourds avec IC dans la modalité verbale et la modalité visuo-spatiale selon la longueur des séquences.

	Longueur des séquences		
	2 *items*	**3 *items***	**4 *items***
	Moy verbale / Moy visuo-spatiale		
	96,43% / 95,24%	74,60% /88,89%	46,43% / 86,31%
Test de Wilcoxon	Z<1 ns	Z=2,04 p<.05	Z=3,18 p<.01

La différence entre les pourcentages d'*items* correctement rappelés pour les modalités verbale et visuo-spatiale, n'est pas significative pour les séquences d'une longueur de deux *items* [Z<1, ns], mais est significative pour les séquences de trois *items* [Z=2,04, p<.05] et de quatre *items* [F(1,13)=3,18, p<.01]. Pour chacune de ces longueurs, le pourcentage d'*items* correctement rappelés est moins élevé pour la modalité verbale que pour la modalité visuo-spatiale.

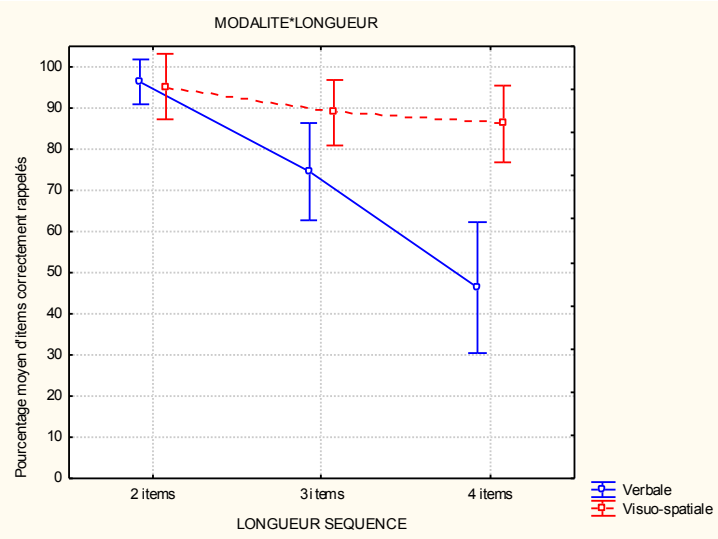


Figure 13 : Pourcentage moyen d'*items* correctement rappelés par les enfants sourds avec IC dans la condition '*Items* seuls' pour chacune des longueurs des séquences (2 *items*, 3 *items*, 4 *items*) dans chacune des modalités (verbale vs visuo-spatiale).

Tableau 23 : Synthèse des comparaisons entre les pourcentages moyens d'*items* correctement rappelés, par les enfants sourds avec IC, correspondant à chacune des longueurs des séquences, pour la modalité verbale puis pour la modalité visuo-spatiale.

Modalité verbale			
	2 *items*	**3 *items***	**4 *items***
Moyenne	96,43%	74,60%	46,43%
Test de Wilcoxon Z			
2 *items*	-	Z=2,84 p<.01	Z=3,18 p<.01
3 *items*	-	-	Z=2,83 p<.01

Modalité visuo-spatiale			
	2 *items*	**3 *items***	**4 *items***
Moyenne	95,24%	88,89%	86,31%
Test de Wilcoxon Z			
2 *items*	-	Z=1,18 ns	Z=1,48 ns
3 *items*	-	-	Z<1 ns

Comme l'illustre la figure 13, le pourcentage d'*items* correctement rappelés diminue plus fortement avec l'augmentation du nombre d'*items* à rappeler par séquence dans la modalité verbale par rapport à la modalité visuo-spatiale. Dans la modalité verbale, la diminution du pourcentage d'*items* correctement rappelés est constante sur les trois longueurs des séquences. Les différences entre les pourcentages d'*items* correctement rappelés à chaque longueur sont significatives (pour les comparaisons 2/3 *items*, 2/4 *items,* ainsi que 3/4 *items*, voir les résultats du test de Wilcoxon Tableau 23). En revanche, dans la modalité visuo-spatiale, l'inclinaison de la diminution du pourcentage d'*items* correctement rappelés est moins marquée. Les différences entre les pourcentages d'*items* correctement rappelés à chaque longueur ne sont pas significatives (pour les 2/3 *items*, 2/4 *items,* ainsi que 3/4 *items*).

b) Pour toutes les conditions uni-modale et multimodales

Dans un premier temps une analyse porte sur les pourcentages de rappels selon la longueur des séquences sur les moyennes des 4 conditions de présentation, c'est-à-dire sans tenir compte de la condition de présentation des *items.* Dans un second temps, une autre analyse porte sur les pourcentages de rappels selon la longueur des séquences pour chacune des 4 conditions de présentation.

- **Analyse des pourcentages de rappels selon la longueur des séquences sur les moyennes des 4 conditions de présentation**

La moyenne sur les quatre conditions verbales (I seule, I+Son, I+Son+LPC, Son+LPC), puis celle sur les quatre conditions visuo-spatiales (P seul, P+Son, P+Son+LPC, Son+LPC) ont été calculées pour chacune des longueurs des séquences (2 *items*, 3 *items* puis 4 *items*). Compte tenu des différences marquées entre les tailles des écarts types et de l'absence de normalité des distributions dans certaines conditions, un test non-paramétrique a été utilisé pour étudier l'évolution du pourcentage d'*items* correctement rappelés selon la longueur de la séquence, c'est-à-dire selon le nombre d'*items* à rappeler (2 *items*, 3 *items* et 4 *items*) (moyennes en Annexe 8).

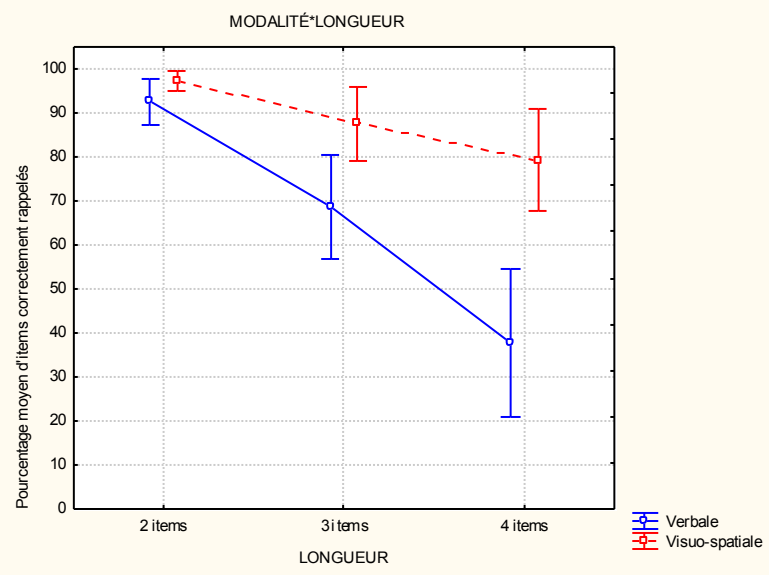


Figure 14 : Pourcentage moyen d'*items* correctement rappelés sur les 4 conditions, par les enfants sourds avec IC, pour chacune des longueurs des séquences (2 *items*, 3 *items*, 4 *items*) dans chacune des modalités (verbale vs visuo-spatiale).

Comme l'illustre la figure 14, les pourcentages moyens d'*items* correctement rappelés pour l'ensemble des quatre conditions de présentation sont plus élevés dans la modalité visuo-spatiale que dans la modalité verbale. Les pourcentages moyens d'*items* correctement rappelés pour l'ensemble des quatre conditions pour la modalité verbale et la modalité visuo-spatiale sont précisés dans le tableau 24. Les comparaisons entre les pourcentages moyens d'*items* des modalités verbale et visuo-spatiale sont significativement différentes pour les séquences de trois *items* et les séquences de quatre *items*.

Tableau 24 : Synthèse des comparaisons entre les pourcentages moyens d'*items* correctement rappelés sur les 4 conditions obtenus dans les modalités verbale et visuo-spatiale, par les enfants sourds avec IC, pour chacune des longueurs des séquences

	Longueur des séquences		
	2 *items*	**3 *items***	**4 *items***
	Moy **verbale** / Moy **visuo-spatiale**		
	92,56% / 97,32%	68,65% /87,70%	37,80% / 79,31%
Test de Wilcoxon	Z=1,89 ns	Z=2,62 p<.01	Z=3,23 p<.01

Comme l'illustre également la figure 14 le pourcentage d'*items* correctement rappelés pour l'ensemble des quatre conditions de présentation diminue plus fortement avec l'augmentation du nombre d'*items* à rappeler par séquence dans la modalité verbale par rapport à la modalité visuo-spatiale. Les pourcentages moyens d'*items* correctement rappelés pour l'ensemble des quatre conditions pour la modalité verbale puis la modalité visuo-spatiale sont précisés dans le tableau 25. Les comparaisons entre les pourcentages moyens d'*items* montrent que les diminutions des pourcentages d'*items* correctement rappelés avec l'augmentation du nombre d'*items* sont significatives en modalité verbale comme en modalité visuo-spatiale.

Tableau 25 : Synthèse des comparaisons entre les pourcentages moyens d'*items* correctement rappelés sur les 4 conditions, par les enfants sourds avec IC, correspondant à chacune des longueurs des séquences, pour la modalité verbale puis pour la modalité visuo-spatiale.

Modalité verbale			
	2 *items*	**3 *items***	**4 *items***
Moyenne	92,56%	68,65%	37,80%
Test de Wilcoxon Z			
2 *items*	-	Z=3,06 p<.01	Z=3,18 p<.01
3 *items*	-	-	Z=3,18 p<.01

Modalité visuo-spatiale			
	2 *items*	**3 *items***	**4 *items***
Moyenne	97,32%	87,70%	79,31%
Test de Wilcoxon Z			
2 *items*	-	Z=2,62 p<.01	Z=2,98 p<.01
3 *items*	-	-	Z=2,57 p<.05

- **Analyse des pourcentages de rappels selon la longueur des séquences pour chacune des 4 conditions de présentation**

Cette analyse porte sur les données recueillies dans chacune des conditions de présentation des *items* (I/P seuls, I/P+Son, I/P+Son+LPC, Son+LPC) et les deux modalités (verbale vs visuo-spatiale). Compte-tenu des différences marquées entre les tailles des écarts types et de l'absence de normalité des distributions dans certaines conditions, un test non-paramétrique a été utilisé pour étudier l'évolution du pourcentage d'*items* correctement rappelés selon la longueur de la séquence, c'est-à-dire selon le nombre d'*items* à rappeler (2 *items*, 3 *items* et 4 *items*). La figure 15 présente les pourcentages d'*items* correctement rappelés selon la longueur pour les modalités verbales puis visuo-spatiales. (Voir Tableaux des moyennes pour chacune des conditions Annexe 8). Les analyses statistiques ont été réalisées pour la modalité verbale puis pour la modalité visuo-spatiale.

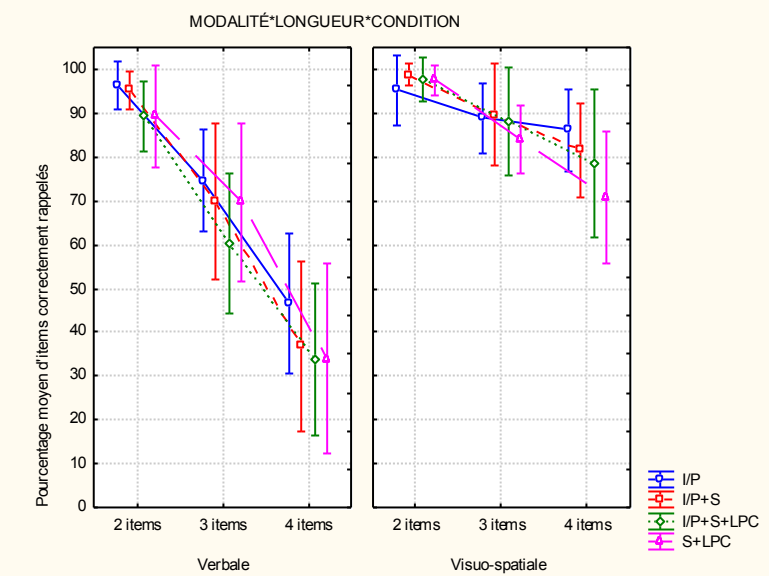


Figure 15 : Pourcentages d'*items* correctement rappelés selon la longueur pour les modalités verbales puis visuo-spatiales

- Modalité verbale

La figure 16 présente la variation des performances selon les conditions de présentation des *items* pour chaque longueur des séquences pour la modalité verbale. Le tableau 26 précise les pourcentages de rappels corrects ainsi que les résultats des comparaisons entre les conditions pour chaque longueur de séquences. Pour les séquences de deux *items*, le pourcentage d'*items* correctement rappelés est légèrement plus bas dans les conditions I+S+LPC et S+LPC, toutefois ces différences ne sont pas significatives (test de Wilcoxon). Pour les séquences de 3 *items*, ce pourcentage est plus bas dans la condition I+S+LPC par rapport aux trois autres conditions, toutefois ces différences ne sont pas significatives. Pour les séquences de 4 *items*, le pourcentage est moins élevé dans les conditions I+S, I+S+LPC et S+LPC par rapport à la condition I seule, toutefois seule la différence entre les conditions I et I+S+LPC est significative.

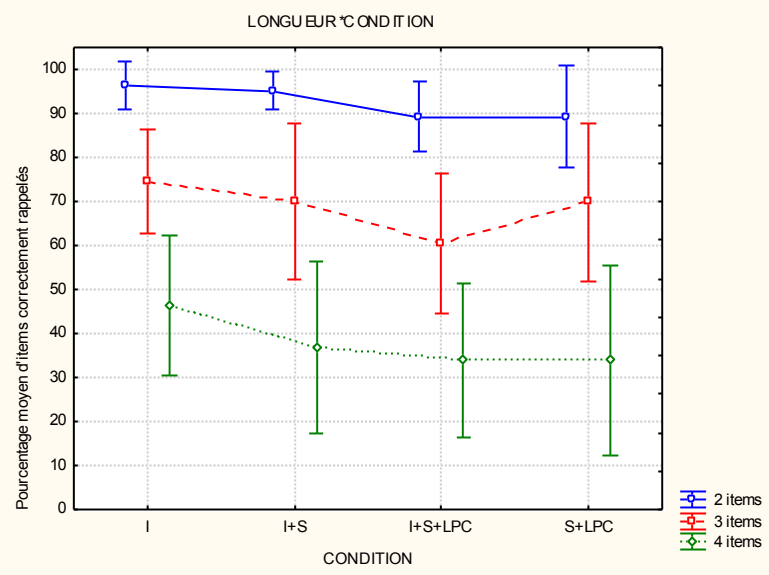


Figure 16 : Pourcentages d'*items* correctement rappelés selon les conditions de présentation et pour chaque longueur des séquences en modalité verbale.

Tableau 26 : Synthèse des pourcentages moyens d'*items* correctement rappelés dans chacune des conditions, ainsi que des comparaisons entre les pourcentages moyens d'*items* correctement rappelés, par les enfants sourds avec IC, pour chacune des longueurs des séquences, pour la modalité verbale.

Modalité verbale												
	2 *items*				3 *items*				4 *items*			
Test de Wilcoxon	I	I+S	I+S+LPC	S+LPC	I	I+S	I+S+LPC	S+LPC	I	I+S	I+S+LPC	S+LPC
	96,43	95,24	89,29	89,29	74,60	69,84	60,32	69,84	46,43	36,90	33,93	33,93
I	-	F<1 ns	F=1,35 ns	F=1,05 ns	-	F<1 ns	F=1,87 ns	F<1 ns	-	F=1,69 ns	F=2,09 P<.05	F=1,47 ns
I+S	-	-	F=1,78 ns	F=1,36 ns	-	-	F=1,85 ns	F<1 ns	-	-	F=1,01 ns	F<1 ns
I+S +LPC	-	-	-	F<1 ns	-	-	-	F<1 ns	-	-	-	F<1 ns

Les résultats du tableau 27 confirment la diminution du pourcentage de rappel avec l'accroissement du nombre d'*items* à rappeler dans chacune des conditions de présentation des *items*.

Tableau 27 : Synthèse des comparaisons entre les longueurs de listes pour chacune des conditions de présentation des *items* pour la modalité verbale.

Modalité verbale			
Test de Wilcoxon	2/3 *items*	2/4 *items*	3/4 *items*
I	F=2,84 p<.01	F=3,18 p<.01	F=2,83 p<.01
I+S	F=2,67 p<.01	F=3,18 p<.01	F=2,59 p<.01
I+S+LPC	F=2,67 p<.01	F=3,18 p<.01	F=2,97 p<.01
S+LPC	F=2,38 p<.05	F=3,18 p<.01	F=3,18 p<.01

- Modalité visuo-spatiale

La figure 17 présente la variation des performances selon les conditions de présentation des *items* pour chaque longueur des séquences pour la modalité visuo-spatiale. Les données du tableau 28 précisent les pourcentages de rappels corrects ainsi que les résultats des comparaisons entre les conditions pour chaque longueur de séquences. Pour les séquences de deux *items* ainsi que celles de trois *items*, les différences entre les conditions ne sont pas significatives. Il en est de même pour les séquences de quatre *items*, à l'exception des conditions P Seul et P+S pour lesquelles le pourcentage de rappels corrects est moins élevé que dans la condition S+LPC. Les autres différences inter-conditions ne sont pas significatives.

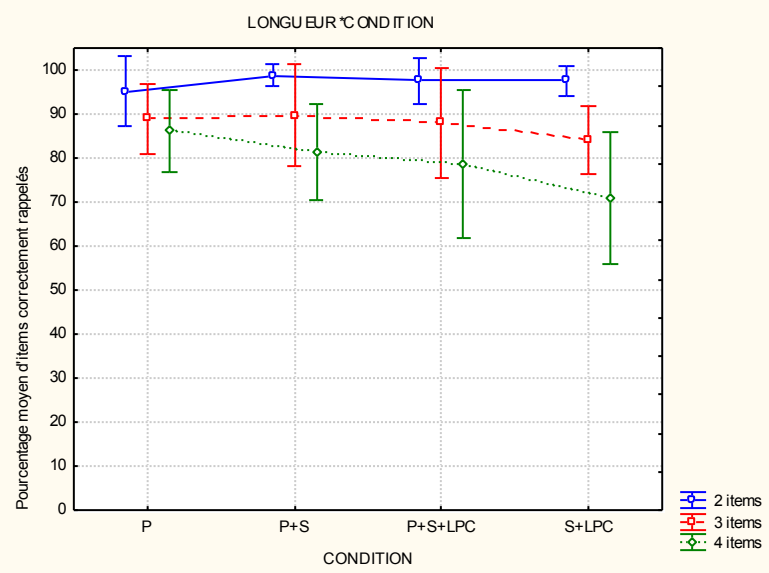


Figure 18 : Pourcentages d'*items* correctement rappelés selon les conditions de présentation et pour chaque longueur des séquences en modalité visuo-spatiale.

Tableau 28 : Synthèse des pourcentages moyens d'*items* correctement rappelés dans chacune des conditions, ainsi que des comparaisons entre les pourcentages moyens d'*items* correctement rappelés, par les enfants sourds avec IC, pour chacune des longueurs des séquences, pour la modalité visuo-spatiale.

Modalité visuo-spatiale												
	2 *items*				3 *items*				4 *items*			
Test de Wilcoxon	P	P+S	P+S+LPC	S+LPC	P	P+S	P+S+LPC	S+LPC	P	P+S	P+S+LPC	S+LPC
Enfants sourds avec IC	95,24	98,81	97,62	97,62	88,89	89,68	88,09	84,13	86,31	81,55	78,57	70,83
z	<1 ns	<1 ns	<1 ns	<1 ns	1,15 ns	<1 ns	<1 ns	1,58 ns	1,75 ns	<1 ns	<1 ns	1,88 ns

Nous observons dans le tableau 29 que le pourcentage d'*items* correctement rappelés n'augmente pas de manière significative avec l'accroissement de la longueur de la liste pour la condition P seul. La diminution des performances de rappel est significative entre les longueurs de deux et quatre *items* pour la condition P+S. Pour la condition P+S+LPC, cette diminution est significative entre les longueurs de deux séquences et les longueurs de trois et quatre *items*. Pour la condition S+LPC, les diminutions entre toutes les longueurs de séquence sont significatives.

Tableau 29 : Synthèse des comparaisons entre les longueurs de listes pour chacune des conditions de présentation des *items* pour la modalité visuo-spatiale.

Modalité visuo-spatiale			
Test de Wilcoxon	2/3 *items*	2/4 *items*	3/4 *items*
P	F=1,18 ns	F=1,48 ns	F<1 ns
P+S	F=1,36 ns	F=2,45 p<.05	F=1,58 ns
P+S+LPC	F=2,20 p<.05	F=2,52 p<.01	F=1,60 ns
S+LPC	F=2,70 p<.01	F=3,06 p<.01	F=2,22 p<.05

1.3.2. Analyse sur les erreurs d'intrusion et d'omission

Parmi les erreurs d'*item*, nous pouvons distinguer les erreurs d'omissions et les erreurs d'intrusion. Tout *item* non rappelé, omis, est considéré comme une erreur d'omission et le rappel d'un *item* non présent dans la liste est considéré comme une erreur d'intrusion.

a) Hypothèses

Pour la modalité verbale :

Nous faisons l'hypothèse que les enfants commettront moins d'erreurs d'intrusions que d'erreurs d'omission car les listes présentées sont sans lien sémantique (Perrin, 2009). L'enfant ne peut pas faire d'association sémantique entre les mots d'une même liste et donc préfèrera laisser un blanc plutôt que de donner un mot au hasard pour compléter la liste ou bien du fait d'une connaissance verbale dégradée les enfants sourds IC auront plus de difficulté dans la récupération des connaissances verbales à long terme.

Cependant, Burkholder et Pisoni (2006) observent un nombre d'intrusions supérieur au nombre d'omissions pour les enfants sourds IC dans une tâche de rappel de chiffres à l'endroit. De plus, Pisoni & al. (2010) font l'hypothèse de difficultés de contrôle exécutif. Il est donc possible que les enfants sourds produisent plus d'erreurs d'intrusion que d'erreur d'omission.

Pour la modalité visuo spatiale :

Comme pour les enfants entendants, nous faisons l'hypothèse qu'il y aura une légère différence entre les erreurs d'intrusions et d'omissions. L'enfant doit choisir parmi neuf emplacements possibles, il proposera peut être plus facilement un emplacement à la place d'un autre plutôt qu'un blanc.

Nous nous attendons également à ce que les conditions multimodales aient un impact plus important sur les nombres d'erreurs d'omissions que sur le nombre d'erreurs d'intrusions. Les omissions peuvent être commises suite à l'ajout d'un élément distracteur. Néanmoins, l'impact de la multiplicité des sources ou stimulations pourrait être différent chez chaque enfant sourd et dépendre de leur capacité à contrôler, gérer ces différentes stimulations.

Les moyennes et distribution des erreurs d'intrusion et d'omission figurent en Annexe 8.

b) Pour la condition uni- modale - *Items* seuls

Une première analyse porte sur les données recueillies dans les conditions *Items* seuls (Images Seules et Points seuls), contexte classique de mesure de la MCT. Compte tenu des tailles différentes des écarts types et de l'absence de normalité de la distribution du nombre d'erreurs dans certaines conditions, le test statistique utilisé est non-paramétrique.

Comme l'illustre la figure 11, dans la modalité verbale le nombre moyen d'erreurs d'omission est supérieur au nombre moyen d'erreurs d'intrusion. La différence entre ces deux types d'erreur est faible dans la modalité visuo-spatiale. La différence entre ces deux types d'erreur est significative dans la modalité verbale mais pas dans la modalité visuo-spatiale (Voir Tableau 30).

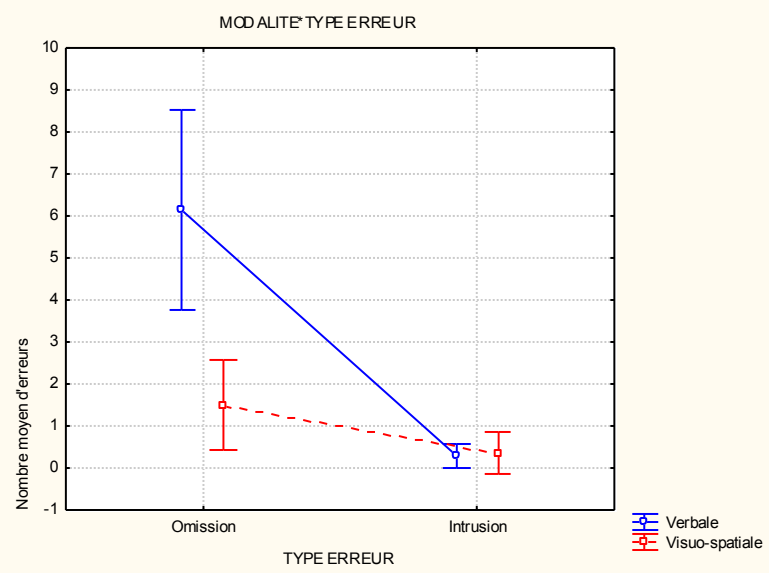


Figure 11 : Nombre moyen d'erreurs selon le type d'erreur (Omission ou Intrusion) et la modalité (verbale ou visuo-spatiale) dans les conditions *Items* seuls.

Tableau 30 : Synthèse des comparaisons entre les types d'erreur pour la modalité verbale puis pour la modalité visuo-spatiale, puis entre modalités pour chaque type d'erreur.

	Modalité			**Type d'erreur**	
	Verbale	Visuo-spatiale		Omission	Intrusion
	Moy Omission/ Moy Intrusion	Moy Omission/ Moy Intrusion		Verbale /Visuo-spatiale	Verbale /Visuo-spatiale
	6,14/ 0,29	1,50/ 0,36		6,14/ 1,50	0,29/ 0,36
Test de Wilcoxon	Z =3,06 p<.01	Z=1,78 ns		Z = 2,93 p<.01	Z <1 ns

Le nombre moyen d'erreurs d'omission est significativement plus élevé dans la modalité verbale que dans la modalité visuo-spatiale. La différence entre le nombre moyen d'erreurs d'intrusion produites dans les modalités verbale et visuo-spatiale n'est pas significative (Voir tableau 30).

c) Pour toutes les conditions de présentation

Cette deuxième analyse intègre les quatre conditions de présentation des *items*. Le test statistique utilisé est le test non-paramétrique de Wilcoxon.

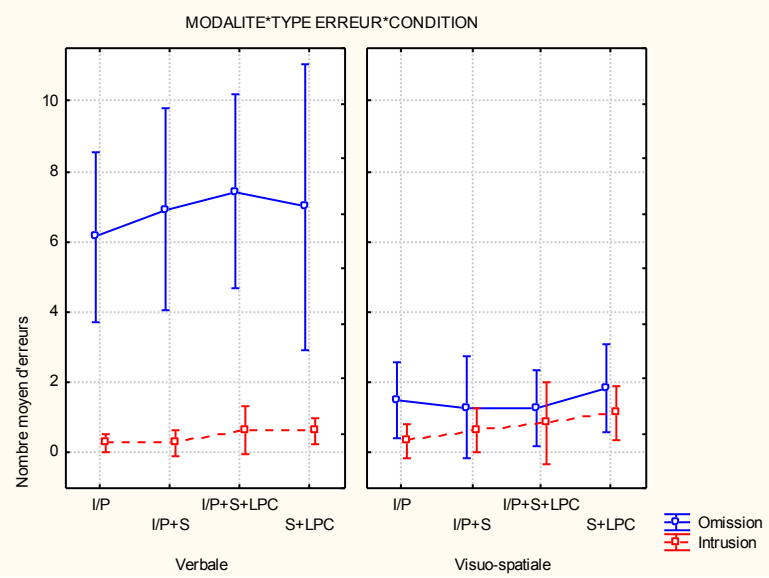


Figure 19 : Nombre moyen d'erreurs selon le type d'erreur (Omission ou Intrusion) et la modalité (verbale ou visuo-spatiale) dans toutes les conditions.

➢ Comparaisons selon le type d'erreurs d'omission et d'intrusion

Dans la modalité verbale, le nombre moyen d'erreurs d'omission est significativement plus élevé que le nombre des erreurs d'intrusion pour chacune des quatre conditions de présentation des *items*. Dans la modalité visuo-spatiale, les différences entre le nombre moyen d'erreurs d'omission et d'intrusion ne sont pas significatives quelle que soit la condition de présentation des *items*. Ces différences sont illustrées dans la figure 19 (ci-dessus). Les résultats des tests non-paramétriques sont présentés dans le tableau 31.

Tableau 31 : Synthèse des comparaisons entre les types d'erreur pour chacune des conditions de la modalité verbale puis chacune des conditions de la modalité visuo-spatiale.

	Modalité Verbale				**Modalité Visuo-spatiale**			
	I	I+S	I+S+LPC	S+LPC	P	P+S	P+S+LPC	S+LPC
	Moy Omission / Moy Intrusion				Moy Omission / Moy Intrusion			
	6,14 /0,29	6,93 /0,29	7,43 /0,64	7,00 /0,64	1,50 /0,36	1,29 /0,64	1,29 /0,86	1,86 /1,14
Test de Wilcoxon	Z=3,06 p<.01	Z=3,06 p<.01	Z=3,11 p<.01	Z=2,84 p<.01	Z=1,78 ns	Z<1 ns	Z<1 ns	Z=1,17 ns

➢ Variations de chaque type d'erreurs selon la condition

- Modalité verbale

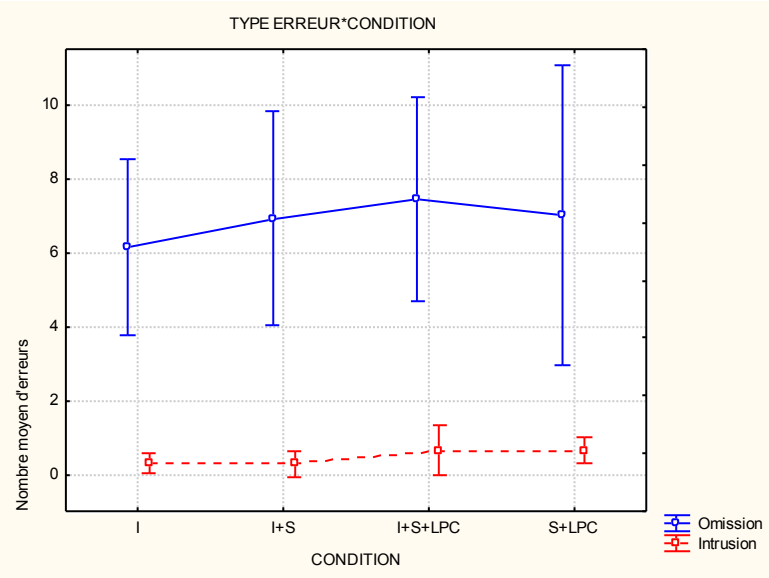


Figure 20 : Nombre moyen d'erreurs selon le type et en fonction des conditions en modalité verbale.

Les différences entre les nombres moyens d'omission selon la condition de présentation des images ne sont pas significatives. De même, les différences entre les nombres moyens d'intrusion selon la condition de présentation des images ne sont pas significatives. Le tableau 32 propose une synthèse des analyses statistiques réalisées (Test de Wilcoxon).

Tableau 32 : Synthèse des analyses statistiques réalisées (Test de Wilcoxon) en modalité verbale.

Modalité verbale										
Erreurs d'Omission						**Erreurs d'Intrusion**				
	I	I+S	I+S+LPC	S+LPC			I	I+S	I+S+LPC	S+LPC
Moyenne	6,14	6,93	7,43	7,00		Moyenne	0,29	0,29	0,64	0,64
Test de Wilcoxon Z						**Test de Wilcoxon Z**				
I	-	z<1 ns	1,22 ns	z<1 ns		I	-	z<1 ns	z<1 ns	1,69 ns
I+S	-	-	z<1 ns	z<1 ns		I+S		-	z=1,48 ns	z=1,27 ns
I+S+LPC			-	z<1 ns		I+S+LPC			-	z<1 ns
S+LPC				-		S+LPC				-

- Modalité visuo-spatiale

Les différences entre les nombres moyens d'omission selon la condition de présentation des points ne sont pas significatives. De même, les différences entre les nombres moyens

d'intrusion selon la condition de présentation des points ne sont pas significatives. Le tableau 33 propose une synthèse des analyses statistiques réalisées (Test de Wilcoxon).

Tableau 33 : Synthèse des analyses statistiques réalisées (Test de Wilcoxon) en modalité visuo-spatiale.

Modalité visuo-spatiale									
Erreurs d'Omission						**Erreurs d'Intrusion**			
	P	P+S	P+S+LPC	S+LPC		P	P+S	P+S+LPC	S+LPC
Moyenne	1,50	1,29	1,29	1,86	Moyenne	0,36	0,64	0,86	1,14
Test de Wilcoxon Z					**Test de Wilcoxon Z**				
P	-	z<1 ns	z<1 ns	1,01 ns	P	-	z<1 ns	z<1 ns	z=1,73 ns
P+S	-	-	z<1 ns	z=1,24 ns	P+S		-	z<1 ns	z=1,01 ns
P+S+LPC			-	z<1 ns	P+S+LPC			-	z<1 ns
S+LPC				-	S+LPC				-

a) Analyses des corrélations et en clusters

- Corrélations entre les types d'erreurs

Comme le souligne les résultats du tableau 34, les corrélations entre les erreurs d'omission et d'intrusion ne sont pas significatives pour la modalité verbale comme pour la modalité visuo-spatiale.

La corrélation entre les erreurs d'omission des modalités verbale et visuo-spatiale est significative, mais la corrélation entre les erreurs d'intrusion des modalités verbale et visuo-spatiale n'est pas significative.

Tableau 34 : Corrélations des rangs de Spearman entre les nombres d'erreurs d'omission et d'intrusion intra-modalité et inter-modalités (verbales et visuo-spatiales).

	Modalité verbale		Modalité Visuo-spatiale	
Rangs de Spearman	Image seule Omission	Image seule Intrusion	Point seul Omission	Point seul Intrusion
Image seule Omission	-	-0,319	0,602*	0,002
Image seule Intrusion		-	-0,273	0,109
Point seul Omission			-	-0,077

* r significatif à p<.05

- Analyse en cluster des erreurs d'omission et d'intrusion

L'examen du dendrogramme de l'analyse en cluster portant sur le nombre d'erreurs d'omission et d'intrusion dans chacune des modalités, présenté dans la figure 21, indique que les erreurs d'omission dans la modalité verbale se distinguent du nombre d'erreurs d'intrusions dans cette même modalité ainsi que des erreurs d'omission et d'intrusion de la modalité visuo-spatiale.

Les nombres d'erreurs d'intrusions des modalités verbale et visuo-spatiale se regroupent.

Il est possible que la distinction des omissions de la modalité verbale par rapport aux autres erreurs soit liée au plus grand nombre d'erreurs d'omission dans cette modalité, qui constitue la première condition présentée dans cette tâche de rappel d'*item* dans l'ordre. Le regroupement des erreurs d'intrusion produites dans les deux modalités pourrait en revanche être lié à la nature de l'erreur, l'intrusion.

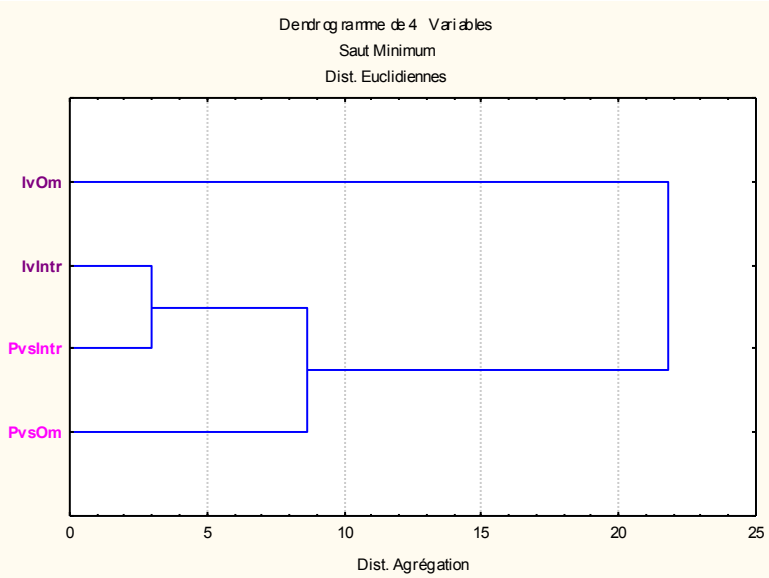


Figure 21 : Dendrogramme représentant l'analyse en cluster du nombre d'erreurs d'Omission ou d'Intrusion dans chacune des modalités (verbale et visuo-spatiale).

Annexe 8 : Analyses descriptives pour le groupe des 14 enfants sourds IC

Tableau 35 : Analyses descriptives pour chaque condition de chaque modalité et Moyennes verbales et visuo-spatiales (nombre moyen d'*items* rappelés dans l'ordre).

Variable	Statistiques Descriptives (Synthèse 14ES nombre items corr rappelés 20 09 15 Statistica)										
	N Actifs	Moyenne	Confiance -95,000%	Confiance +95,000%	Médiane	Mode	Effectif du Mode	Minimum	Maximum	Variance	Ecart-type
Iv	14	17,78571	15,12359	20,44783	17,50000	13,00000	3	12,00000	27,00000	21,25824	4,610666
I+Sv	14	16,28571	12,96173	19,60970	15,50000	12,00000	2	9,00000	27,00000	33,14286	5,756983
I+S+LPCv	14	14,75000	11,61452	17,88548	13,00000	11,00000	3	7,00000	27,00000	29,49038	5,430505
S+LPCv	14	15,78571	11,47580	20,09563	14,50000	13,00000	3	5,00000	27,00000	55,71978	7,464568
MoyV	14	16,07143	13,02754	19,11531	15,62500	Multiple	1	10,00000	27,00000	27,79258	5,271867
Pvs	14	24,07143	22,19756	25,94530	25,50000	27,00000	5	18,00000	27,00000	10,53297	3,245453
P+Svs	14	23,85714	21,84607	25,86822	25,50000	26,00000	4	16,00000	27,00000	12,13187	3,483083
P+S+LPCvs	14	23,14286	19,94126	26,34446	25,50000	27,00000	5	8,00000	27,00000	30,74725	5,545021
S+LPCvs	14	21,85714	19,45128	24,26301	22,00000	20,00000	3	13,00000	27,00000	17,36264	4,166850
MoyVs	14	23,23214	21,12399	25,34029	25,00000	Multiple	2	15,50000	26,75000	13,33139	3,651217

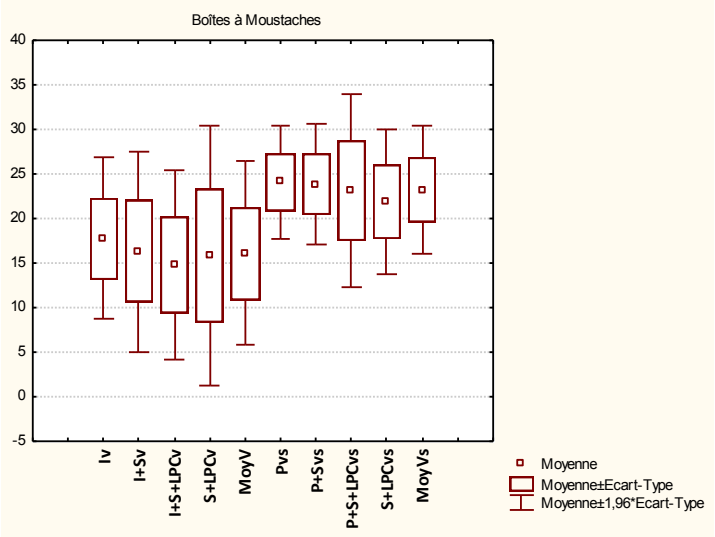


Figure 22 : Boites à moustaches (nombre moyen d'*items* rappelés dans l'ordre)

- **Analyse sur les erreurs d'ordre et d'*item***

Tableau 36 : Analyses descriptives pour chaque condition de chaque modalité et Moyennes verbales et visuo-spatiales (erreurs d'ordre et d'*item*)

Variable	Statistiques Descriptives (Fichier 14ES Erreurs d'items et d'ordre 21 09 15 Statistica)							
	N Actifs	Moyenne	Confiance -95,000%	Confiance +95,000%	Minimum	Maximum	Variance	Ecart-type
IvIt	14	6,428571	4,089096	8,76805	0,00	14,00000	16,41758	4,051862
I+SvIt	14	7,214286	4,330228	10,09834	0,00	17,00000	24,95055	4,995052
I+S+LPCvIt	14	8,071429	5,358870	10,78399	0,00	14,00000	22,07143	4,698024
S+LPvIt	14	7,642857	3,645151	11,64056	0,00	21,00000	47,93956	6,923840
MoyvIt	14	7,339286	4,600163	10,07841	0,00	16,00000	22,50584	4,744032
IvOr	14	2,714286	1,074485	4,35409	0,00	9,00000	8,06593	2,840059
I+SvOr	14	3,142857	1,420252	4,86546	0,00	8,00000	8,90110	2,983471
I+S+LPCvOr	14	4,357143	2,387948	6,32634	0,00	9,00000	11,63187	3,410552
S+LPCvOr	14	3,571429	1,321353	5,82150	0,00	10,00000	15,18681	3,897026
MoyvOrd	14	3,446429	1,802409	5,09045	0,00	8,00000	8,10749	2,847365
PvsIt	14	1,857143	0,728042	2,98624	0,00	6,00000	3,82418	1,955550
P+SvsIt	14	1,785714	0,280449	3,29098	0,00	9,00000	6,79670	2,607049
P+S+LPCvsIt	14	2,142857	0,450288	3,83543	0,00	9,00000	8,59341	2,931451
S+LPCvsIt	14	3,000000	1,231227	4,76877	0,00	11,00000	9,38462	3,063432
MoyvsIt	14	2,196429	0,818669	3,57419	0,00	8,75000	5,69402	2,386216
PvsOrd	14	1,214286	-0,009032	2,43760	0,00	6,00000	4,48901	2,118729
P+SvsOrd	14	1,357143	0,188972	2,52531	0,00	6,00000	4,09341	2,023217
P+S+LPCvsOrd	14	1,714286	-0,577731	4,00630	0,00	15,00000	15,75824	3,969665
S+LPCvsOrd	14	2,142857	0,786747	3,49897	0,00	7,00000	5,51648	2,348720
MoyvsOrd	14	1,607143	0,315189	2,89910	0,00	8,25000	5,00687	2,237603

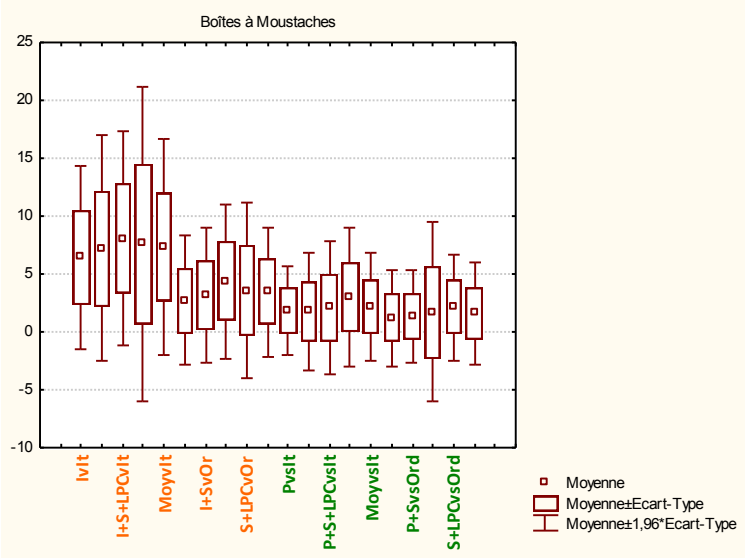


Figure 23 : Boites à Moustaches (erreurs d'ordre et d'*item*)

➢ Analyse de l'effet de la longueur des séquences

- Modalité verbale

Tableau 37 : Pourcentages moyens d'items correctement rappelés selon la longueur des séquences pour la modalité verbale

Variable	Statistiques Descriptives (Fichier 14ES longueur des séquences % 21 09 15 Statistica)							
	N Actifs	Moyenne	Confiance -95,000%	Confiance +95,000%	Minimum	Maximum	Variance	Ecart-type
2Iv	14	96,42857	90,85746	101,9997	66,66667	100,0000	93,101	9,64890
2I+Sv	14	95,23810	90,72674	99,7494	83,33333	100,0000	61,050	7,81345
2I+S+LPCv	14	89,28571	81,18410	97,3873	66,66667	100,0000	196,886	14,03162
2S+LPCv	14	89,28571	77,58660	100,9848	33,33333	100,0000	410,562	20,26232
2Moyv	14	92,55952	87,37576	97,7433	70,83333	100,0000	80,605	8,97804
3Iv	14	74,60317	62,95491	86,2514	33,33333	100,0000	407,000	20,17425
3I+Sv	14	69,84127	52,15022	87,5323	11,11111	100,0000	938,814	30,64008
3I+S+LPCv	14	60,31746	44,45984	76,1751	11,11111	100,0000	754,307	27,46466
3S+LPC v	14	69,84127	51,79585	87,8867	11,11111	100,0000	976,801	31,25382
3Moyv	14	68,65079	56,80759	80,4940	36,11111	100,0000	420,737	20,51187
4Iv	14	46,42857	30,44666	62,4105	0,00000	100,0000	766,178	27,67993
4I+Sv	14	36,90476	17,40913	56,4004	0,00000	100,0000	1140,110	33,76551
4I+S+LPCv	14	33,92857	16,48167	51,3755	8,33333	100,0000	913,080	30,21721
4S+LPCv	14	33,92857	12,28994	55,5672	0,00000	100,0000	1404,533	37,47710
4Moyv	14	37,79762	20,96484	54,6304	8,33333	100,0000	849,931	29,15358

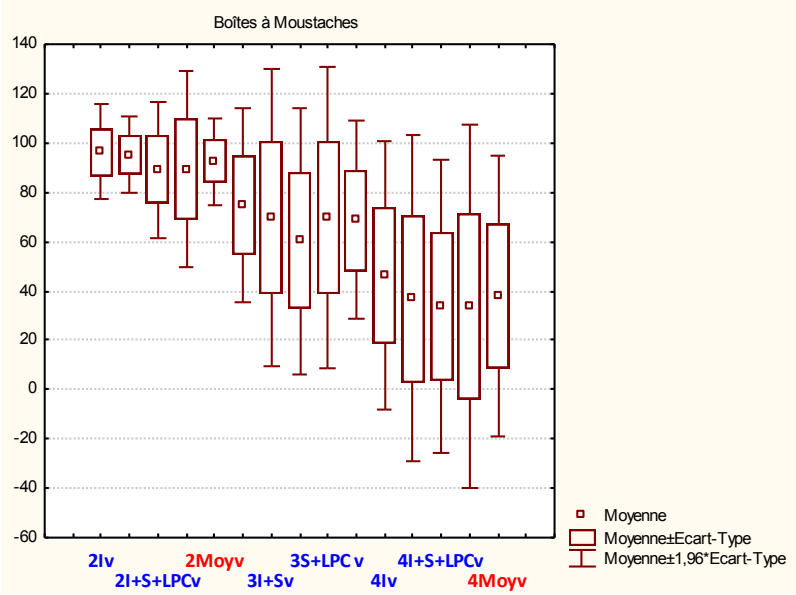


Figure 24 : Boites à moustaches (Moyenne pour chaque longueur des séquences pour chaque condition en V)

- Modalité visuo-spatiale

Tableau 38 : Pourcentages moyens d'items correctement rappelés selon la longueur des séquences pour la modalité visuo-spatiale.

Variable	Statistiques Descriptives (Fichier 14ES longueur des séquences % 21 09 15 Statistica)							
	N Actifs	Moyenne	Confiance -95,000%	Confiance +95,000%	Minimum	Maximum	Variance	Ecart-type
2Pvs	14	95,23810	87,29504	103,1812	50,00000	100,0000	189,2552	13,75701
2P+Svs	14	98,80952	96,23766	101,3814	83,33333	100,0000	19,8413	4,45435
2P+S+LPCvs	14	97,61905	92,47531	102,7628	66,66667	100,0000	79,3651	8,90871
2S+LPCvs	14	97,61905	94,12457	101,1135	83,33333	100,0000	36,6300	6,05228
2Moyvs	14	97,32143	94,89592	99,7469	87,50000	100,0000	17,6473	4,20087
3Pvs	14	88,88889	80,93161	96,8462	55,55556	100,0000	189,9335	13,78164
3P+Svs	14	89,68254	78,02457	101,3405	33,33333	100,0000	407,6787	20,19106
3P+S+LPC	14	88,09524	75,64921	100,5413	22,22222	100,0000	464,6588	21,55595
3S+LPCvs	14	84,12698	76,28420	91,9698	55,55556	100,0000	184,5069	13,58333
3Moyvs	14	87,69841	79,26514	96,1317	50,00000	100,0000	213,3360	14,60603
4Pvs	14	86,30952	76,94778	95,6713	58,33333	100,0000	262,8968	16,21409
4P+Svs	14	81,54762	70,67699	92,4183	50,00000	100,0000	354,4719	18,82742
4P+S+LPCvs	14	78,57143	61,72166	95,4212	16,66667	100,0000	851,6484	29,18301
4S+LPCvs	14	70,83333	55,76497	85,9017	8,33333	100,0000	681,0897	26,09770
4Moyvs	14	79,31548	67,89942	90,7315	35,41667	100,0000	390,9350	19,77208

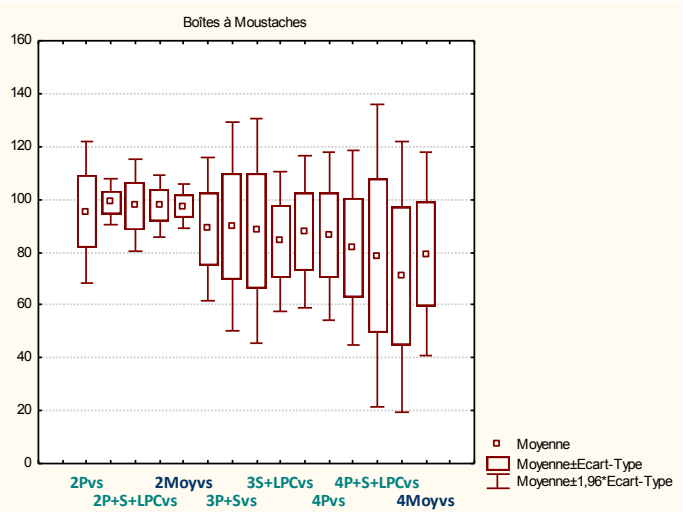


Figure 25 : Boites à moustaches (Moyenne pour chaque longueur des séquences pour chaque condition en VS)

- **Analyse sur les erreurs d'intrusion et d'omission, selon la modalité et les conditions**

- Modalité verbale

Tableau 39 : Analyses descriptives pour chaque condition en modalité verbale (erreurs d'omission et d'intrusion)

Variable	Statistiques Descriptives (Fichier 14ES Erreurs d'omission et d'intrusion Statistica 27 09 15)							
	N Actifs	Moyenne	Confiance -95,000%	Confiance +95,000%	Minimum	Maximum	Variance	Ecart-type
IvOm	14	6,142857	3,747672	8,53804	0,00	14,00000	17,20879	4,148348
I+SvOm	14	6,928571	4,033104	9,82404	0,00	17,00000	25,14835	5,014813
I+S+LPCvOm	14	7,428571	4,676128	10,18101	0,00	14,00000	22,72527	4,767103
S+LPCvOm	14	7,000000	2,936174	11,06383	0,00	21,00000	49,53846	7,038356
IvIntr	14	0,285714	0,015033	0,55640	0,00	1,00000	0,21978	0,468807
I+SvIntr	14	0,285714	-0,067211	0,63864	0,00	2,00000	0,37363	0,611250
I+S+LPCvIntr	14	0,642857	-0,021554	1,30727	0,00	4,00000	1,32418	1,150728
S+LPCvIntr	14	0,642857	0,277187	1,00853	0,00	2,00000	0,40110	0,633324

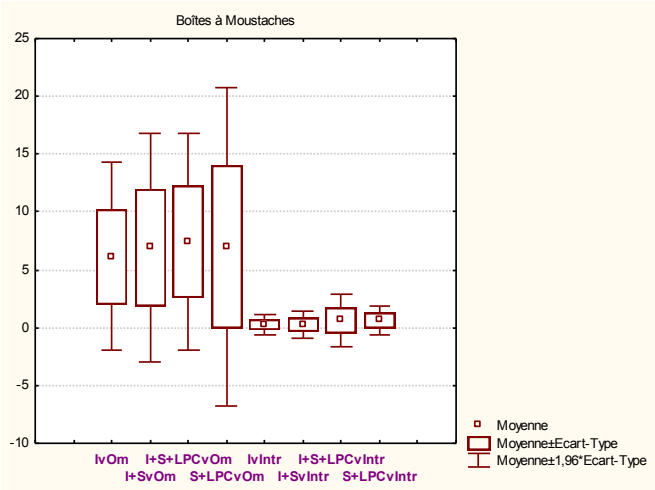


Figure 26 : Boites à moustaches (erreurs d'omission et d'intrusion en V)

- Modalité visuo-spatiale

Tableau 40 : Analyses descriptives pour chaque condition en modalité visuo-spatiale (erreurs d'omission et d'intrusion)

Variable	Statistiques Descriptives (Fichier 14ES Erreurs d'omissio				
	N Actifs	Moyenne	Minimum	Maximum	Ecart-type
PvsOm	14	1,500000	0,00	5,000000	1,870829
P+SvsOm	14	1,285714	0,00	9,000000	2,493949
P+S+LPCvsOm	14	1,285714	0,00	6,000000	1,857565
S+LPCvsOm	14	1,857143	0,00	6,000000	2,143223
PvsIntr	14	0,357143	0,00	3,000000	0,841897
P+SvsIntr	14	0,642857	0,00	4,000000	1,081818
P+S+LPCvsIntr	14	0,857143	0,00	6,000000	1,994498
S+LPCvsIntr	14	1,142857	0,00	5,000000	1,350621

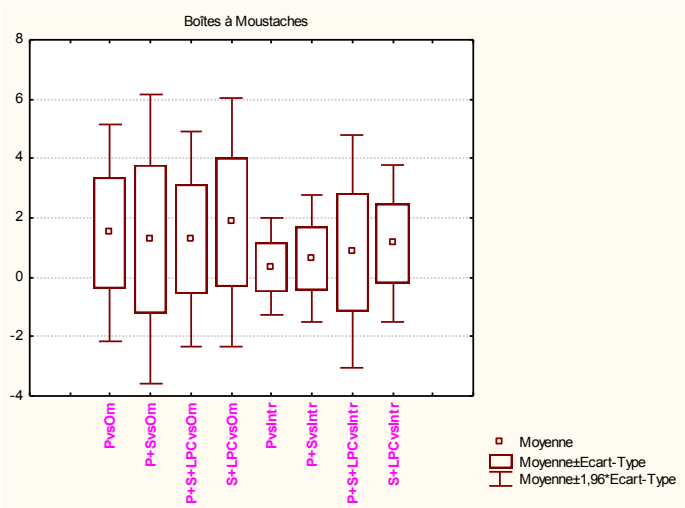


Figure 27 : Boites à moustaches (erreurs d'omission et d'intrusion en VS)

Annexe 9 : Comparaisons des groupes appariés 14 enfants NE - 14 enfants sourds avec IC

➢ Statistiques descriptives

Tableau 41 : Ages moyens et scores moyen au NNAT des 14 Enfants NE

Variable	Statistiques Descriptives (Fichier synthèse 14EE 14ES 18 10 15 Nb Item Longueur Om Intrus							
	N Actifs	Moyenne	Confiance -95,000%	Confiance +95,000%	Minimum	Maximum	Variance	Ecart-type
AGREELmois	14	89,64286	86,16668	93,11903	79,00000	97,00000	36,24725	6,020569
NNAT/38	14	20,71429	17,35195	24,07662	11,00000	32,00000	33,91209	5,823409

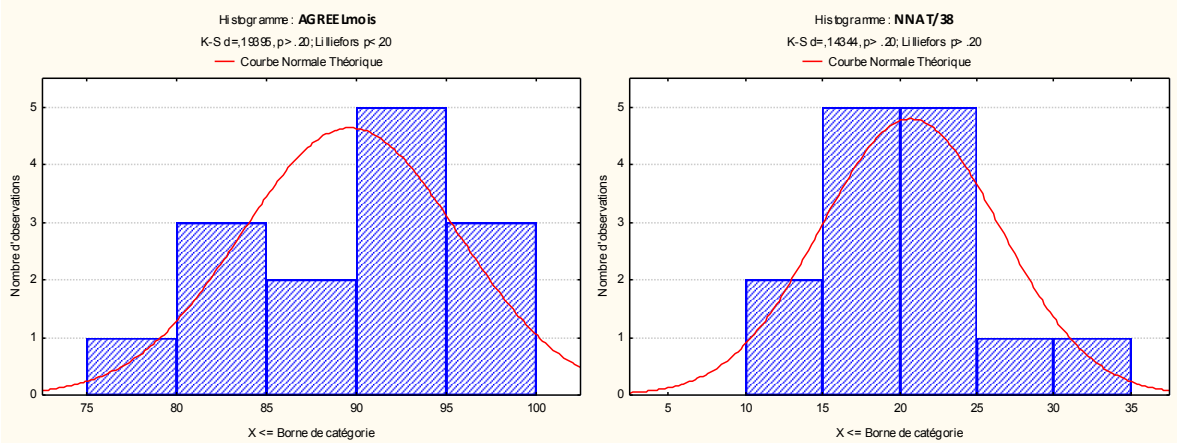


Figure 28 : Histogrammes âges réels et scores au NNAT pour les 14 enfants NE.

Tableau 42 : Ages moyens et scores moyen au NNAT des 14 Enfants sourds IC

Variable	Statistiques Descriptives (Fichier synthèse 14EE 14ES 18 10 15 Nb Item Longueur Om Intrus							
	N Actifs	Moyenne	Confiance -95,000%	Confiance +95,000%	Minimum	Maximum	Variance	Ecart-type
AGREELmois	14	91,92857	86,42551	97,43163	76,00000	107,0000	90,84066	9,531037
NNAT/38	14	19,57143	17,22102	21,92184	13,00000	25,0000	16,57143	4,070802

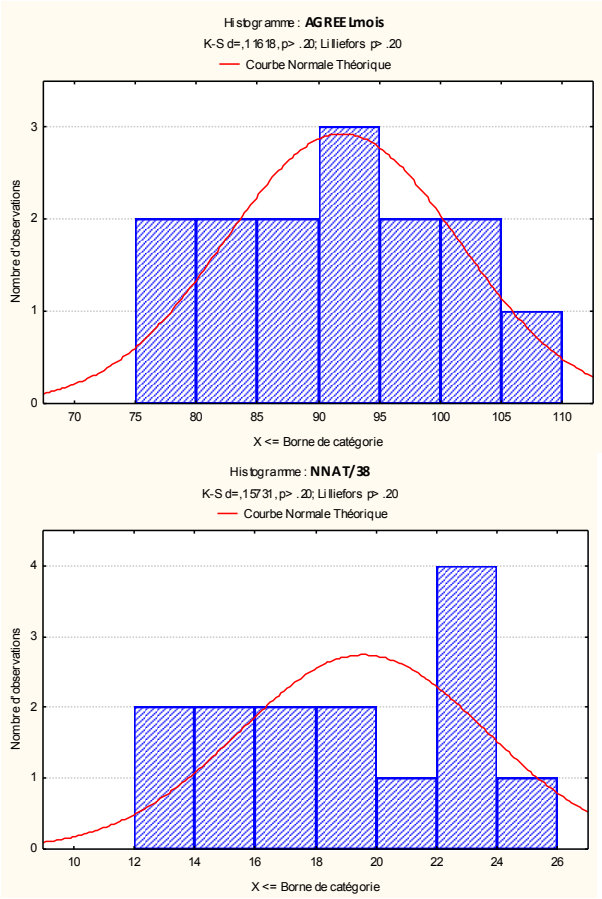


Figure 29 : Histogrammes âges réels et scores au NNAT pour les 14 enfants sourds IC.

Tableau 43 : Comparaison des groupes sur l'âge réel en mois

Variable	Tests t ; Classmt : **Groupe** (Fichier synthèse 14EE 14ES 18 10 15 Nb Item Longueur Om Intrusion Statistica) Groupe1: 1 Groupe2: 2										
	Moyenne 1	Moyenne 2	Valeur t	dl	p	N Actifs 1	N Actifs 2	Ecart-Type 1	Ecart-Type 2	Ratio F Variances	p Variances
AGREELmois	89,64286	91,92857	-0,758637	26	0,454893	14	14	6,020569	9,531037	2,506139	0,110038

Tableau 44 : Comparaison des groupes sur le score au NNAT, test d'aptitude générale

Variable	Tests t ; Classmt : **Groupe** (Fichier synthèse 14EE 14ES 18 10 15 Nb Item Longueur Om Intrusion Statistica) Groupe1: 1 Groupe2: 2										
	Moyenne 1	Moyenne 2	Valeur t	dl	p	N Actifs 1	N Actifs 2	Ecart-Type 1	Ecart-Type 2	Ratio F Variances	p Variances
NNAT/38	20,71429	19,57143	0,601840	26	0,552493	14	14	5,823409	4,070802	2,046419	0,210025

- **Analyses descriptives pour chaque condition de chaque modalité et Moyennes verbales et visuo-spatiales**

- Enfants entendants

Tableau 45 : Moyennes pour chaque condition et dans chaque modalité (scores moyens de rappel dans l'ordre)

Variable	Statistiques Descriptives (Fichier synthèse 14EE 14ES 18 10 15 Nb Item Longueur Om Intrus							
	N Actifs	Moyenne	Confiance -95,000%	Confiance +95,000%	Minimum	Maximum	Variance	Ecart-type
Iv	14	21,35714	19,48132	23,23297	14,00000	26,00000	10,55495	3,248837
I+Sv	14	22,00000	20,24579	23,75421	18,00000	26,00000	9,23077	3,038218
I+S+LPCv	14	21,71429	19,62110	23,80748	16,00000	27,00000	13,14286	3,625308
S+LPCv	14	22,28571	20,43991	24,13151	17,00000	27,00000	10,21978	3,196839
MoyV	14	21,83929	20,35898	23,31959	17,25000	26,00000	6,57315	2,563815
Pvs	14	25,92857	25,19598	26,66116	23,00000	27,00000	1,60989	1,268814
P+Svs	14	25,07143	23,64874	26,49412	20,00000	27,00000	6,07143	2,464027
P+S+LPCvs	14	24,28571	23,05717	25,51426	21,00000	27,00000	4,52747	2,127786
S+LPCvs	14	24,21429	22,34433	26,08424	17,00000	27,00000	10,48901	3,238674
MoyVs	14	24,87500	23,89805	25,85195	21,25000	27,00000	2,86298	1,692035

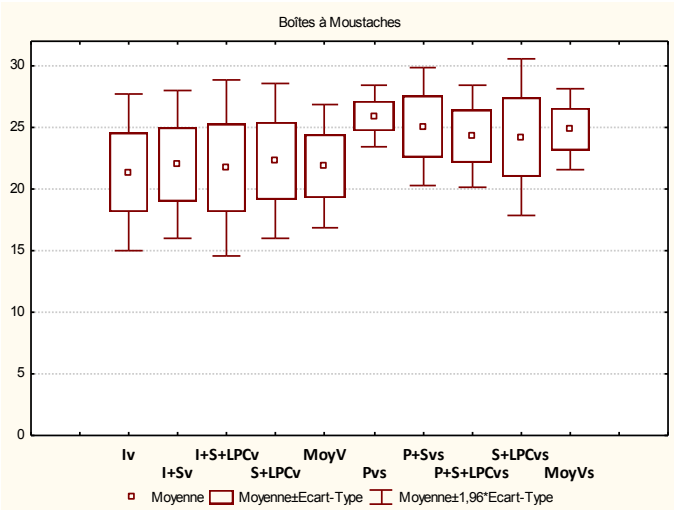


Figure 30 : Boites à moustaches (scores moyens de rappel dans l'ordre)

- Enfants sourds

Tableau 46 : Moyennes pour chaque condition et dans chaque modalité (scores moyens de rappel dans l'ordre)

Variable	Statistiques Descriptives (Fichier synthèse 14EE 14ES 18 10 15 Nb Item Longueur Om Intrus							
	N Actifs	Moyenne	Confiance -95,000%	Confiance +95,000%	Minimum	Maximum	Variance	Ecart-type
Iv	14	17,78571	15,12359	20,44783	12,00000	27,00000	21,25824	4,610666
I+Sv	14	16,28571	12,96173	19,60970	9,00000	27,00000	33,14286	5,756983
I+S+LPCv	14	14,75000	11,61452	17,88548	7,00000	27,00000	29,49038	5,430505
S+LPCv	14	15,78571	11,47580	20,09563	5,00000	27,00000	55,71978	7,464568
MoyV	14	16,07143	13,02754	19,11531	10,00000	27,00000	27,79258	5,271867
Pvs	14	24,07143	22,19756	25,94530	18,00000	27,00000	10,53297	3,245453
P+Svs	14	23,85714	21,84607	25,86822	16,00000	27,00000	12,13187	3,483083
P+S+LPCvs	14	23,14286	19,94126	26,34446	8,00000	27,00000	30,74725	5,545021
S+LPCvs	14	21,85714	19,45128	24,26301	13,00000	27,00000	17,36264	4,166850
MoyVs	14	23,23214	21,12399	25,34029	15,50000	26,75000	13,33139	3,651217

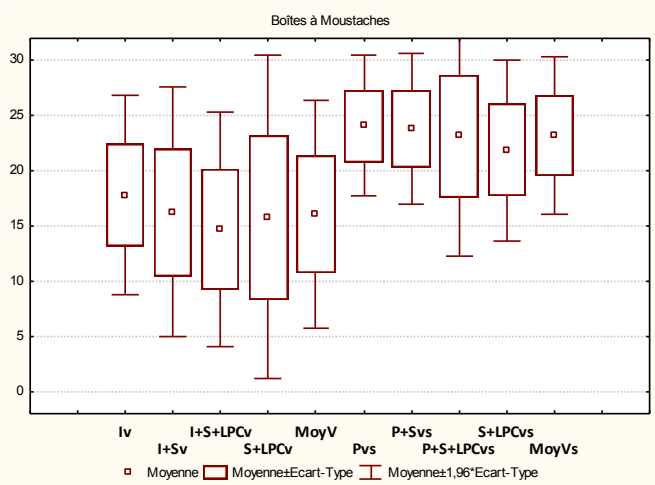


Figure 31 : Boites à moustaches (scores moyens de rappel dans l'ordre)

➢ Analyse des erreurs d'*item* et d'ordre

- les enfants entendants

Tableau 47 : Analyses descriptives pour chaque condition de chaque modalité et Moyennes verbales et visuo-spatiales (erreurs d'ordre et d'*item*)

	Statistiques Descriptives (Comp 14 S 14 E Erreurs Items				
Variable	N Actifs	Moyenne	Minimum	Maximum	Ecart-type
IvIt	14	3,928571	1,000000	8,000000	2,400778
I+SvIt	14	2,714286	0,000000	7,000000	2,163636
I+S+LPCvIt	14	2,571429	0,000000	7,000000	2,243428
S+LPvIt	14	2,428571	0,000000	6,000000	2,243428
PvsIt	14	0,857143	0,000000	3,000000	1,099450
P+SvsIt	14	0,357143	0,000000	3,000000	0,841897
P+S+LPCvsIt	14	1,214286	0,000000	5,000000	1,577660
S+LPCvsIt	14	1,785714	0,000000	7,000000	2,293086
IvOr	14	1,642857	0,000000	5,000000	2,097880
I+SvOr	14	2,285714	0,000000	6,000000	1,815683
I+S+LPCvOr	14	2,571429	0,000000	9,000000	3,227628
S+LPCvOr	14	2,285714	0,000000	8,000000	2,267787
PvsOr	14	0,214286	0,000000	2,000000	0,578934
P+SvsOr	14	1,571429	0,000000	7,000000	2,138090
P+S+LPCvsOr	14	1,500000	0,000000	5,000000	1,698416
S+LPCvsOr	14	0,571429	0,000000	3,000000	1,157868

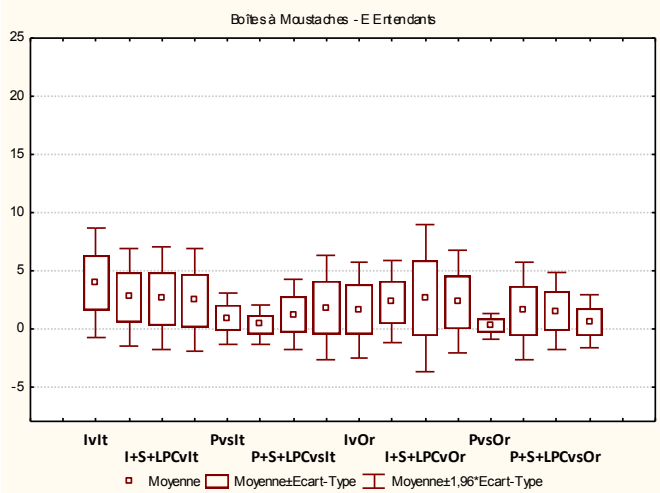


Figure 32 : Boites à moustaches (erreurs d'ordre et d'*item*)

- les enfants sourds

Tableau 48 : Analyses descriptives pour chaque condition de chaque modalité et Moyennes verbales et visuo-spatiales (erreurs d'ordre et d'*item*)

	Statistiques Descriptives (Comp 14 S 14 E Erreurs Items				
Variable	N Actifs	Moyenne	Minimum	Maximum	Ecart-type
IvIt	14	6,428571	0,00	14,00000	4,051862
I+SvIt	14	7,214286	0,00	17,00000	4,995052
I+S+LPCvIt	14	8,071429	0,00	14,00000	4,698024
S+LPvIt	14	7,642857	0,00	21,00000	6,923840
PvsIt	14	1,857143	0,00	6,00000	1,955550
P+SvsIt	14	1,785714	0,00	9,00000	2,607049
P+S+LPCvsIt	14	2,142857	0,00	9,00000	2,931451
S+LPCvsIt	14	3,000000	0,00	11,00000	3,063432
IvOr	14	2,714286	0,00	9,00000	2,840059
I+SvOr	14	3,142857	0,00	8,00000	2,983471
I+S+LPCvOr	14	4,357143	0,00	9,00000	3,410552
S+LPCvOr	14	3,571429	0,00	10,00000	3,897026
PvsOr	14	1,214286	0,00	6,00000	2,118729
P+SvsOr	14	1,357143	0,00	6,00000	2,023217
P+S+LPCvsOr	14	1,714286	0,00	15,00000	3,969665
S+LPCvsOr	14	2,142857	0,00	7,00000	2,348720

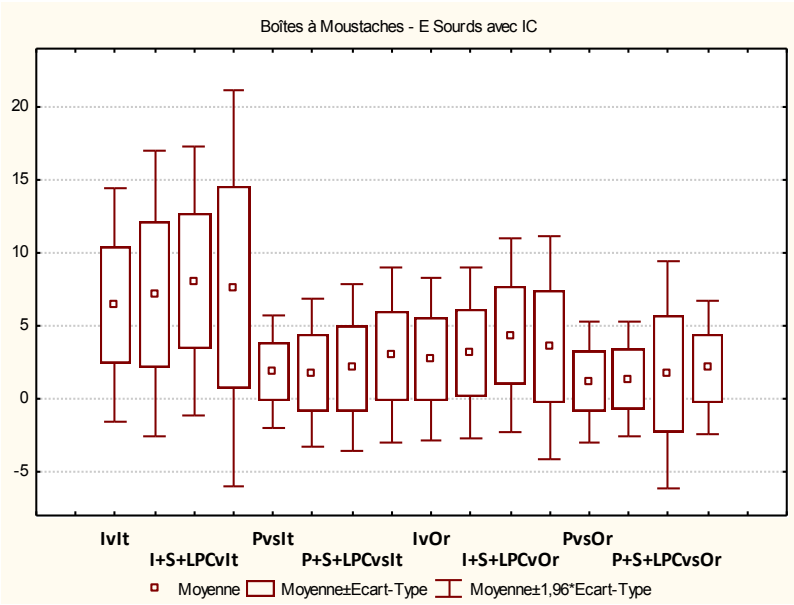


Figure 33 : Boites à moustaches (erreurs d'ordre et d'*item*)

- **Comparaisons entre les groupes pour les erreurs d'*item* puis d'ordre**

Tableau 49 : Nombre moyen d'erreurs commises par les enfants sourds avec IC et les enfants entendants appariés, selon le type d'erreur (*Item* ou Ordre) et la modalité (verbale ou visuo-spatiale) dans toutes les conditions.

N°Cellu.	TYPERREU*MODALITE*CONDITIO**Groupe**; Moy. Moindres Carrés (Comp 14 S 14 E Erreurs I Effet courant : F(3, 78)=,82008, p=,48667 Décomposition efficace de l'hypothèse **Groupe**	TYPERREU	MODALITE	CONDITIO	VD_1 Moy.	VD_1 Err-Type	VD_1 -95,00%	VD_1 +95,00%	N
1	1	1	1	1	3,928571	0,890051	2,099046	5,75810	14
2	1	1	1	2	2,714286	1,028728	0,599705	4,82887	14
3	1	1	1	3	2,571429	0,983877	0,549040	4,59382	14
4	1	1	1	4	2,428571	1,375455	-0,398716	5,25586	14
5	1	1	2	1	0,857143	0,423968	-0,014336	1,72862	14
6	1	1	2	2	0,357143	0,517739	-0,707084	1,42137	14
7	1	1	2	3	1,214286	0,629127	-0,078903	2,50747	14
8	1	1	2	4	1,785714	0,723159	0,299239	3,27219	14
9	1	2	1	1	1,642857	0,667271	0,271261	3,01445	14
10	1	2	1	2	2,285714	0,660027	0,929009	3,64242	14
11	1	2	1	3	2,571429	0,887401	0,747350	4,39551	14
12	1	2	1	4	2,285714	0,852091	0,534215	4,03721	14
13	1	2	2	1	0,214286	0,415081	-0,638925	1,06750	14
14	1	2	2	2	1,571429	0,556290	0,427958	2,71490	14
15	1	2	2	3	1,500000	0,815976	-0,177262	3,17726	14
16	1	2	2	4	0,571429	0,494872	-0,445795	1,58865	14
17	2	1	1	1	6,428571	0,890051	4,599046	8,25810	14
18	2	1	1	2	7,214286	1,028728	5,099705	9,32887	14
19	2	1	1	3	8,071429	0,983877	6,049040	10,09382	14
20	2	1	1	4	7,642857	1,375455	4,815569	10,47015	14
21	2	1	2	1	1,857143	0,423968	0,985664	2,72862	14
22	2	1	2	2	1,785714	0,517739	0,721487	2,84994	14
23	2	1	2	3	2,142857	0,629127	0,849668	3,43605	14
24	2	1	2	4	3,000000	0,723159	1,513525	4,48647	14
25	2	2	1	1	2,714286	0,667271	1,342690	4,08588	14
26	2	2	1	2	3,142857	0,660027	1,786152	4,49956	14
27	2	2	1	3	4,357143	0,887401	2,533064	6,18122	14
28	2	2	1	4	3,571429	0,852091	1,819930	5,32293	14
29	2	2	2	1	1,214286	0,415081	0,361075	2,06750	14
30	2	2	2	2	1,357143	0,556290	0,213673	2,50061	14
31	2	2	2	3	1,714286	0,815976	0,037024	3,39155	14
32	2	2	2	4	2,142857	0,494872	1,125634	3,16008	14

➢ Analyse de l'effet de la longueur des séquences

- Modalité verbale

Enfants entendants

Tableau 50 : Pourcentage d'*items* correctement rappelés pour chacune des 4 conditions de présentation en modalité verbale

Variable	Statistiques Descriptives (Fichier synthèse 14EE 14ES 1				
	N Actifs	Moyenne	Minimum	Maximum	Ecart-type
2Iv	14	98,8095	83,3333	100,0000	4,45435
2I+Sv	14	100,0000	100,0000	100,0000	0,00000
2I+S+LPCv	14	98,8095	83,3333	100,0000	4,45435
2S+LPCv	14	100,0000	100,0000	100,0000	0,00000
3Iv	14	75,3968	44,4444	100,0000	16,41032
3I+Sv	14	91,2698	66,6667	100,0000	13,90414
3I+S+LPCv	14	93,6508	66,6667	100,0000	12,86520
3S+LPC v	14	91,2698	55,5556	100,0000	14,57115
4Iv	14	69,6429	25,0000	100,0000	18,37616
4I+Sv	14	63,6905	25,0000	100,0000	23,25241
4I+S+LPCv	14	64,2857	25,0000	100,0000	27,23524
4S+LPCv	14	70,8333	16,6667	100,0000	25,89220

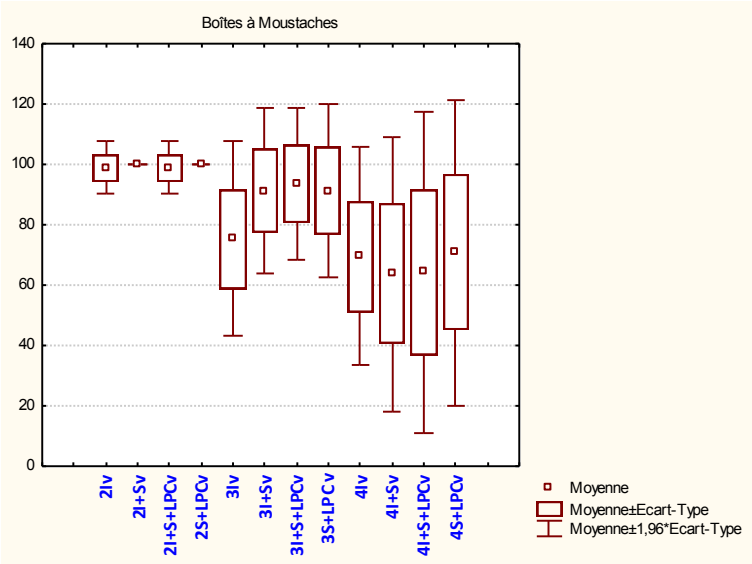


Figure 34 : Boites à moustaches (Pourcentage d'*items* correctement rappelés en V)

Enfants sourds avec IC

Tableau 51 : Pourcentage d'*items* correctement rappelés pour chacune des 4 conditions de présentation en modalité verbale

Variable	Statistiques Descriptives (Fichier synthèse 14EE 14ES 18				
	N Actifs	Moyenne	Minimum	Maximum	Ecart-type
2Iv	14	96,42857	66,66667	100,0000	9,64890
2I+Sv	14	95,23810	83,33333	100,0000	7,81345
2I+S+LPCv	14	89,28571	66,66667	100,0000	14,03162
2S+LPCv	14	89,28571	33,33333	100,0000	20,26232
3Iv	14	74,60317	33,33333	100,0000	20,17425
3I+Sv	14	69,84127	11,11111	100,0000	30,64008
3I+S+LPCv	14	60,31746	11,11111	100,0000	27,46466
3S+LPC v	14	69,84127	11,11111	100,0000	31,25382
4Iv	14	46,42857	0,00000	100,0000	27,67993
4I+Sv	14	36,90476	0,00000	100,0000	33,76551
4I+S+LPCv	14	33,92857	8,33333	100,0000	30,21721
4S+LPCv	14	33,92857	0,00000	100,0000	37,47710

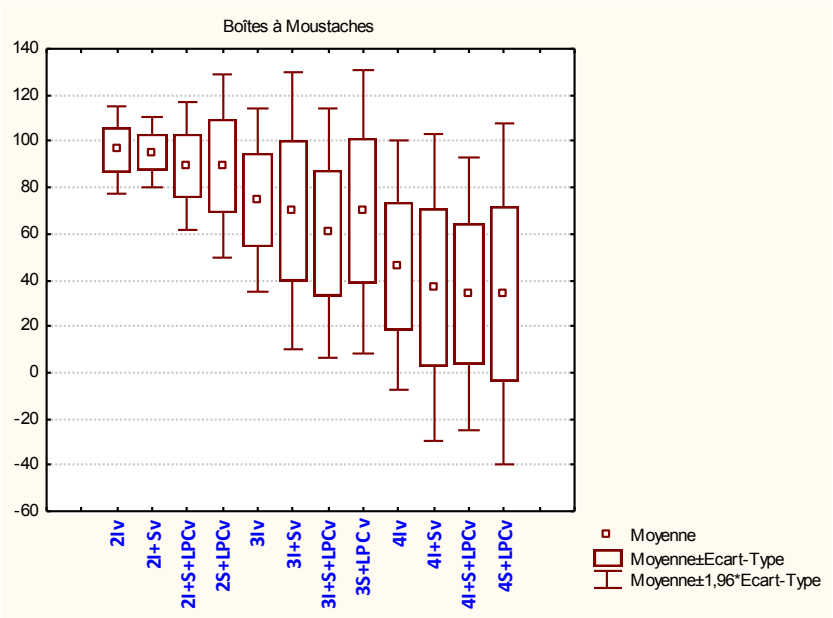


Figure 35 : Boites à moustaches (Pourcentage d'*items* correctement rappelés en V)

- Modalité visuo-spatiale

Enfants entendants

Tableau 52 : Pourcentage d'*items* correctement rappelés pour chacune des 4 conditions de présentation en modalité visuo-spatiale

Variable	Statistiques Descriptives (Fichier synthèse 14EE 14ES 1				
	N Actifs	Moyenne	Minimum	Maximum	Ecart-type
2Pvs	14	98,8095	83,3333	100,0000	4,45435
2P+Svs	14	97,6190	66,6667	100,0000	8,90871
2P+S+LPCvs	14	100,0000	100,0000	100,0000	0,00000
2S+LPCvs	14	98,8095	83,3333	100,0000	4,45435
3Pvs	14	95,2381	77,7778	100,0000	8,39921
3P+Svs	14	96,0317	77,7778	100,0000	8,27718
3P+S+LPC	14	89,6825	66,6667	100,0000	15,38631
3S+LPCvs	14	92,0635	66,6667	100,0000	12,65254
4Pvs	14	95,8333	75,0000	100,0000	7,83783
4P+Svs	14	87,5000	41,6667	100,0000	17,82812
4P+S+LPCvs	14	86,3095	66,6667	100,0000	14,09944
4S+LPCvs	14	86,9048	41,6667	100,0000	18,97881

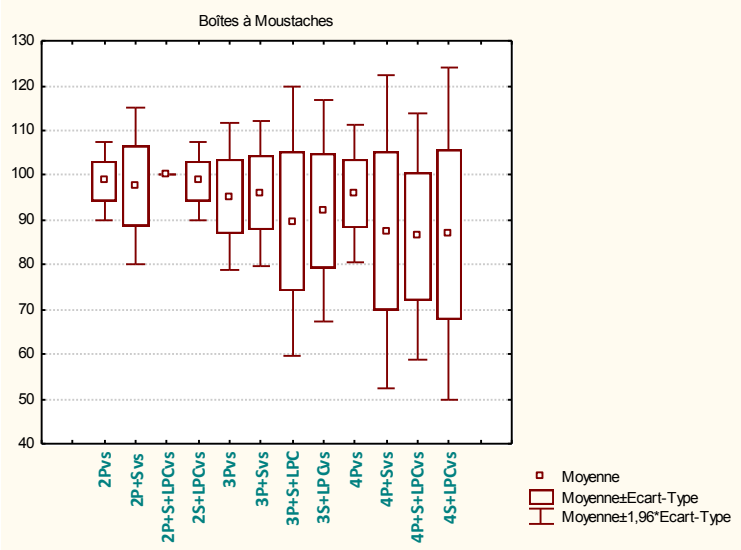


Figure 36 : Boites à moustaches (Pourcentage d'*items* correctement rappelés en VS)

Enfants sourds avec IC

Tableau 53 : Pourcentage d'*items* correctement rappelés pour chacune des 4 conditions de présentation en modalité visuo-spatiale

Variable	Statistiques Descriptives (Fichier synthèse 14EE 14ES 1				
	N Actifs	Moyenne	Minimum	Maximum	Ecart-type
2Pvs	14	95,23810	50,00000	100,0000	13,75701
2P+Svs	14	98,80952	83,33333	100,0000	4,45435
2P+S+LPCvs	14	97,61905	66,66667	100,0000	8,90871
2S+LPCvs	14	97,61905	83,33333	100,0000	6,05228
3Pvs	14	88,88889	55,55556	100,0000	13,78164
3P+Svs	14	89,68254	33,33333	100,0000	20,19106
3P+S+LPC	14	88,09524	22,22222	100,0000	21,55595
3S+LPCvs	14	84,12698	55,55556	100,0000	13,58333
4Pvs	14	86,30952	58,33333	100,0000	16,21409
4P+Svs	14	81,54762	50,00000	100,0000	18,82742
4P+S+LPCvs	14	78,57143	16,66667	100,0000	29,18301
4S+LPCvs	14	70,83333	8,33333	100,0000	26,09770

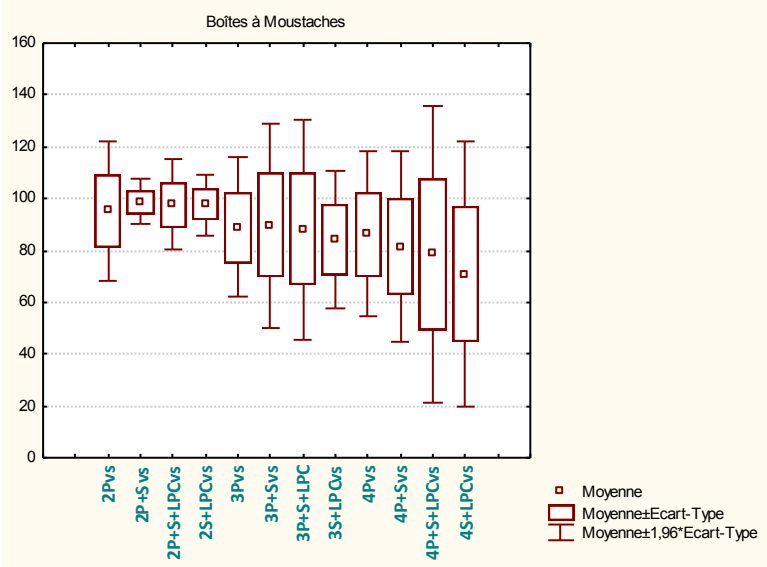


Figure 37 : Boites à moustaches (Pourcentage d'*items* correctement rappelés en VS)

- **Analyse sur les erreurs d'intrusion et d'omission, selon la modalité et les conditions**

- Enfants entendants

Tableau 54 : Analyses descriptives pour chaque condition en modalité visuo-spatiale (erreurs d'omission et d'intrusion)

Variable	Statistiques Descriptives (Fichier synthèse 14EE 14ES 1				
	N Actifs	Moyenne	Minimum	Maximum	Ecart-type
IvOm	14	3,142857	1,000000	6,000000	1,703261
I+SvOm	14	2,500000	0,000000	6,000000	2,066212
I+S+LPCvOm	14	1,928571	0,000000	7,000000	2,129077
S+LPCvOm	14	2,142857	0,000000	6,000000	2,143223
IvIntr	14	0,785714	0,000000	3,000000	1,050902
I+SvIntr	14	0,214286	0,000000	1,000000	0,425815
I+S+LPCvIntr	14	0,642857	0,000000	3,000000	0,928783
S+LPCvIntr	14	0,285714	0,000000	2,000000	0,611250
PvsOm	14	0,142857	0,000000	2,000000	0,534522
P+SvsOm	14	0,357143	0,000000	3,000000	0,841897
P+S+LPCvsOm	14	0,785714	0,000000	5,000000	1,476929
S+LPCvsOm	14	1,214286	0,000000	7,000000	2,044827
PvsIntr	14	0,714286	0,000000	3,000000	1,069045
P+SvsIntr	14	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000
P+S+LPCvsIntr	14	0,428571	0,000000	2,000000	0,755929
S+LPCvsIntr	14	0,642857	0,000000	5,000000	1,392681

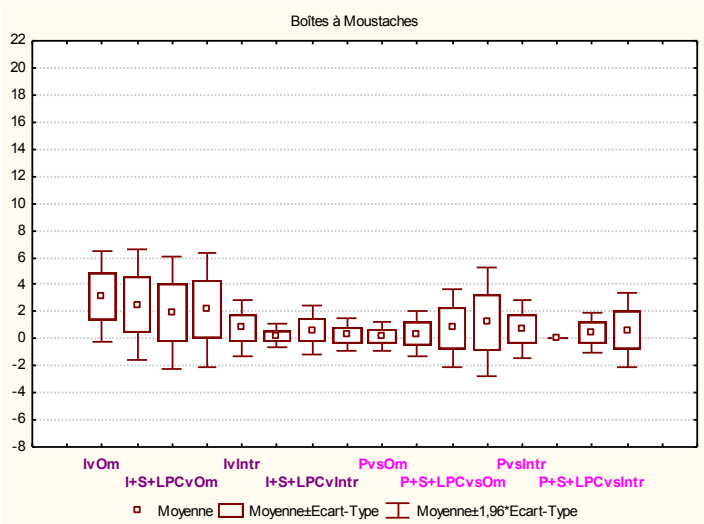


Figure 38 : Boites à moustaches (erreurs d'omission et d'intrusion)

- Enfants sourds

Tableau 55 : Analyses descriptives pour chaque condition en modalité visuo-spatiale (erreurs d'omission et d'intrusion)

Variable	Statistiques Descriptives (Fichier synthèse 14EE 14ES 18				
	N Actifs	Moyenne	Minimum	Maximum	Ecart-type
IvOm	14	6,142857	0,00	14,00000	4,148348
I+SvOm	14	6,928571	0,00	17,00000	5,014813
I+S+LPCvOm	14	7,428571	0,00	14,00000	4,767103
S+LPCvOm	14	7,000000	0,00	21,00000	7,038356
IvIntr	14	0,285714	0,00	1,00000	0,468807
I+SvIntr	14	0,285714	0,00	2,00000	0,611250
I+S+LPCvIntr	14	0,642857	0,00	4,00000	1,150728
S+LPCvIntr	14	0,642857	0,00	2,00000	0,633324
PvsOm	14	1,500000	0,00	5,00000	1,870829
P+SvsOm	14	1,285714	0,00	9,00000	2,493949
P+S+LPCvsOm	14	1,285714	0,00	6,00000	1,857565
S+LPCvsOm	14	1,857143	0,00	6,00000	2,143223
PvsIntr	14	0,357143	0,00	3,00000	0,841897
P+SvsIntr	14	0,642857	0,00	4,00000	1,081818
P+S+LPCvsIntr	14	0,857143	0,00	6,00000	1,994498
S+LPCvsIntr	14	1,142857	0,00	5,00000	1,350621

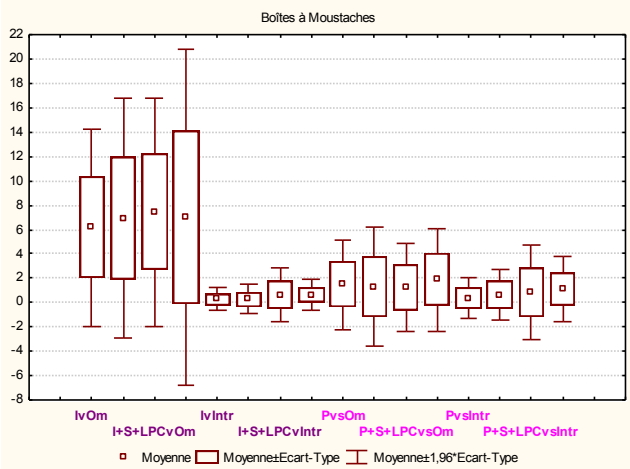


Figure 39 : Boites à moustaches (erreurs d'omission et d'intrusion)

- Comparaisons entre les groupes appariés pour les erreurs d'omission puis d'intrusion

Tableau 56 : Nombre moyen d'erreurs d'omission et d'intrusion commises par les enfants sourds avec IC et les enfants entendants appariés dans chacune des conditions selon la modalité (verbale ou visuo-spatiale).

	MODALITE*TYPERREU*CONDITIO**Groupe** ; Moy. Moindres Carrés (Fichier synthèse 14EE 14 Effet courant : F(3, 78)=1,8020, p=,15371 Décomposition efficace de l'hypothèse								
N°Cellu.	**Groupe**	MODALITE	TYPERREU	CONDITIO	VD_1 Moy.	VD_1 Err-Type	VD_1 -95,00%	VD_1 +95,00%	N
1	1	1	1	1	3,142857	0,847473	1,400852	4,884863	14
2	1	1	1	2	2,500000	1,025001	0,393079	4,606921	14
3	1	1	1	3	1,928571	0,986665	-0,099548	3,956691	14
4	1	1	1	4	2,142857	1,390425	-0,715202	5,000916	14
5	1	1	2	1	0,785714	0,217467	0,338704	1,232725	14
6	1	1	2	2	0,214286	0,140782	-0,075095	0,503666	14
7	1	1	2	3	0,642857	0,279465	0,068409	1,217305	14
8	1	1	2	4	0,285714	0,166339	-0,056201	0,627630	14
9	1	2	1	1	0,142857	0,367701	-0,612963	0,898678	14
10	1	2	1	2	0,357143	0,497442	-0,665365	1,379650	14
11	1	2	1	3	0,785714	0,448484	-0,136158	1,707587	14
12	1	2	1	4	1,214286	0,559806	0,063587	2,364984	14
13	1	2	2	1	0,714286	0,257158	0,185690	1,242882	14
14	1	2	2	2	0,000000	0,204444	-0,420241	0,420241	14
15	1	2	2	3	0,428571	0,403089	-0,399989	1,257132	14
16	1	2	2	4	0,642857	0,366632	-0,110766	1,396480	14
17	2	1	1	1	6,142857	0,847473	4,400852	7,884863	14
18	2	1	1	2	6,928571	1,025001	4,821651	9,035492	14
19	2	1	1	3	7,428571	0,986665	5,400452	9,456691	14
20	2	1	1	4	7,000000	1,390425	4,141941	9,858059	14
21	2	1	2	1	0,285714	0,217467	-0,161296	0,732725	14
22	2	1	2	2	0,285714	0,140782	-0,003666	0,575095	14
23	2	1	2	3	0,642857	0,279465	0,068409	1,217305	14
24	2	1	2	4	0,642857	0,166339	0,300942	0,984772	14
25	2	2	1	1	1,500000	0,367701	0,744180	2,255820	14
26	2	2	1	2	1,285714	0,497442	0,263207	2,308222	14
27	2	2	1	3	1,285714	0,448484	0,363842	2,207587	14
28	2	2	1	4	1,857143	0,559806	0,706445	3,007841	14
29	2	2	2	1	0,357143	0,257158	-0,171453	0,885739	14
30	2	2	2	2	0,642857	0,204444	0,222616	1,063099	14
31	2	2	2	3	0,857143	0,403089	0,028582	1,685703	14
32	2	2	2	4	1,142857	0,366632	0,389234	1,896480	14

Annexe 10 : Profils individuels

Tableau 57 : Tableau synoptique du nombre d'enfants sourds avec IC dans chacun des profils selon la variable considérée (nombre d'items rappelés, erreurs d'item ou d'ordre) et la modalité, dans chacune des conditions de présentation des items.

Nombre d'items rappelés				
		'Faible performance de rappel'	'Performance moyenne de rappel'	'Performance élevée de rappel'
Modalité verbale	I	4	8	2
	I+S	6	7	1
	I+S+LPC	8	5	1
	S+LPC	7	5	2
Modalité visuo-spatiale				
	P	4	5	5
	P+S	2	12	0
	P+S+LPC	2	7	5
	S+LPC	2	12	0
Gain ou détérioration du nombre d'items correctement rappelés				
		'Détérioration élevée'	'Ecart dans moyenne'	'Gain élevé…'
Modalité verbale	a/ I - I+S	3	10	1
	b/ I - I+S+LPC	4	10	0
	c/ I - S+LPC	4	9	1
	d/ I+S - I+S+LPC	3	10	1
	e/ I+S - S+LPC	2	10	2
	f/ I+S+LPC - S+LPC	4	6	4
Modalité visuo-spatiale				
	a/ P – P+S	0	13	1
	b/ P – P+S+LPC	1	9	4
	c/ P – S+LPC	1	13	0
	d/ P+S - P+S+LPC	1	11	2
	e P+S - S+LPC	1	13	0
	f/ P+S+LPC - S+LPC	4	9	1
Erreurs d'item et d'ordre				
		'Nombre élevé d'erreurs'	'Nombre moyen d'erreurs'	'Faible nombre d'erreurs'
Modalité verbale				
Item	I	2	10	2
	I+S	5	7	2
	I+S+LPC	8	5	1
	S+LPC	5	8	1
Ordre	I	2	12	0
	I+S	2	12	0
	I+S+LPC	5	9	0
	S+LPC	5	4	5
Modalité visuo-spatiale				
Item	P	2	12	0
	P+S	2	12	0
	P+S+LPC	3	11	0
	S+LPC	2	12	0
Ordre	P	4	10	0
	P+S	2	12	0
	P+S+LPC	1	13	0
	S+LPC	3	11	0

Tableau 58 : Tableau synoptique du nombre d'enfants sourds avec IC dans chacun des profils selon la variable considérée (longueur des séquences, erreurs d'omission et d'ordre) et la modalité, dans chacune des conditions de présentation des items.

Longueur des séquences d'items				
		'Faible pourcentage de rappel'	'Pourcentage moyen de rappel'	'Pourcentage élevé de rappel'
Modalité verbale				
2 items	I	1	11	0
	I+S	4	10	0
	I+S+LPC	6	8	0
	S+LPC	4	10	0
3 items	I	1	10	3
	I+S	6	8	0
	I+S+LPC	9	5	0
	S+LPC	8	6	0
4 items	I	3	9	2
	I+S	3	10	1
	I+S+LPC	3	10	1
	S+LPC	7	5	2
Modalité visuo-spatiale				
2 items	P	2	12	0
	P+S	0	14	0
	P+S+LPC	1	13	0
	S+LPC	0	14	0
3 items	P	5	9	0
	P+S	2	12	0
	P+S+LPC	1	13	0
	S+LPC	2	12	0
4 items	P	2	12	0
	P+S	2	12	0
	P+S+LPC	3	5	6
	S+LPC	2	12	0
Erreurs d'omission et d'intrusion				
		'Nombre élevé d'erreurs'	'Nombre moyen d'erreurs'	'Faible nombre d'erreurs'
Modalité verbale				
Omission	I	3	9	2
	I+S	7	2	5
	I+S+LPC	7	1	6
	S+LPC	5	7	1
Intrusion	I	0	14	0
	I+S	1	13	0
	I+S+LPC	2	12	0
	S+LPC	1	13	0
Modalité visuo-spatiale				
Omission	P	4	10	0
	P+S	2	12	0
	P+S+LPC	1	13	0
	S+LPC	3	11	0
Intrusion	P	1	13	0
	P+S	1	13	0
	P+S+LPC	2	12	0
	S+LPC	1	13	0

➢ Suivi longitudinal : étude de cas

Enfant 11 : Lucile ; enfant 12 : Julie ; enfant 14 : Paul ; enfant 16 : Léon

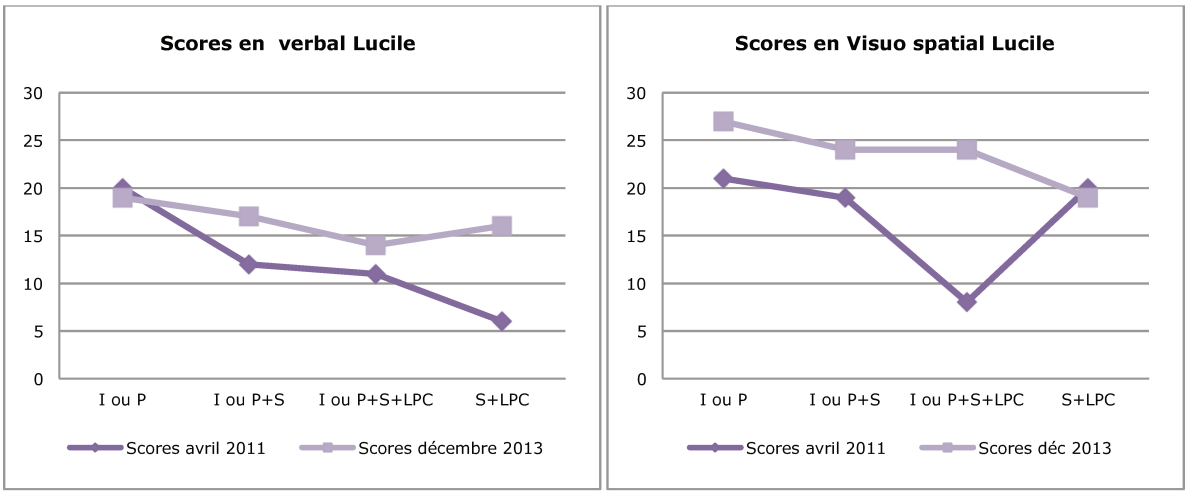


Figure 40 : Graphiques d'évolution des performances pour Lucile

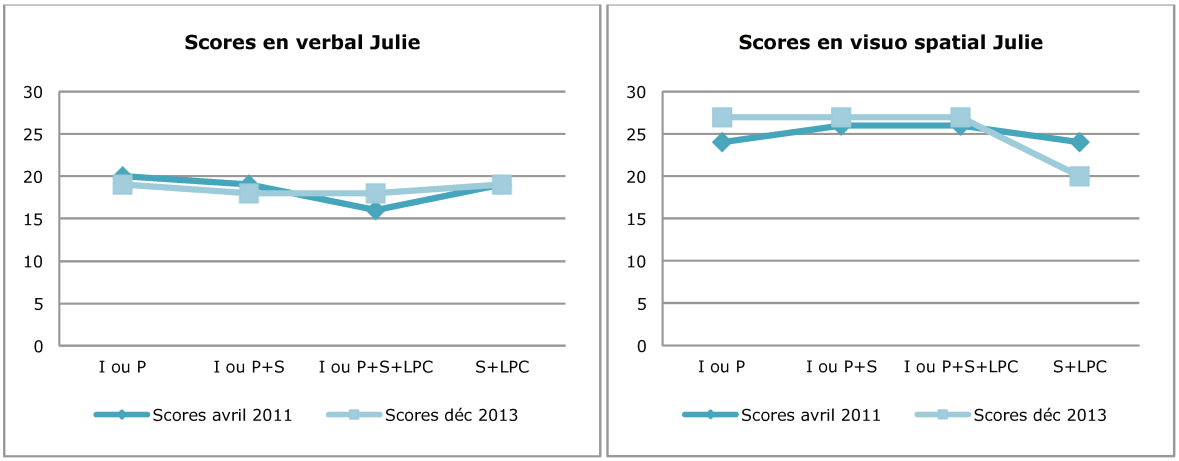


Figure 41 : Graphiques d'évolution des performances pour Julie

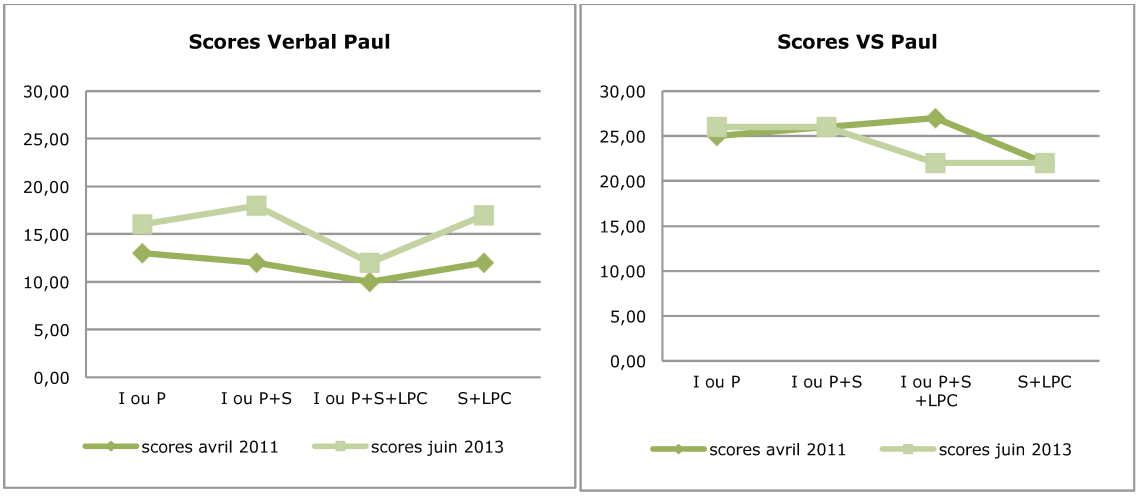


Figure 42 : Graphiques d'évolution des performances pour Paul

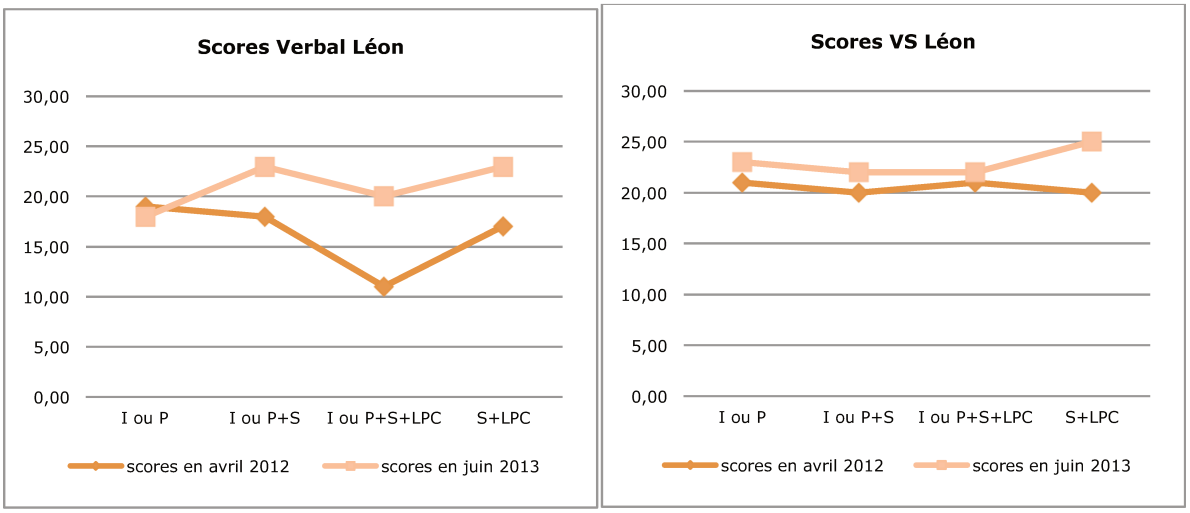


Figure 43 : Graphiques d'évolution des performances pour Léon

Annexe 11 : Ensemble de tâches exécutives conçues

Principes sous-jacents à l'ensemble des tâches

- La méthodologie retenue pour apprécier la capacité de contrôle exécutif consiste à comparer la performance obtenue à une tâche exécutive nécessitant un contrôle à celle obtenue à une tâche de base simple elle-même mobilisée dans la tâche exécutive. Par exemple, une tâche d'inhibition consiste à dénombrer le nombre de chiffres présents dans une séquence de chiffres tout en inhibant le nom des chiffres de la séquence (dire 2 pour la séquence 33). La tâche de base simple consiste à dénombrer le nombre de triangles présents dans une séquence (dénombrer sans interférence). La différence entre la performance à la tâche exécutive d'inhibition et celle à la tâche de base simple constitue un indicateur du coût cognitif impliqué par le contrôle à exercer pour inhiber la réponse de dénomination des nombres plus automatisée afin de donner le nombre de chiffres présents dans la séquence.
- Les tâches ont été déclinées en deux versions, verbale et visuo-spatiale, pour être en mesure d'étudier l'effet de ces traitements non-exécutifs sur la réalisation des tâches exécutives. Le contrôle s'exerçant sur ces traitements non-exécutifs est influencé par l'efficience et l'automatisation de ces traitements non-exécutifs. La tâche d'inhibition, mentionnée précédemment, sollicite la capacité de dénombrement d'éléments et la suppression des réponses automatiques de lecture des chiffres. Le contrôle s'exercera différemment selon la maîtrise du dénombrement et l'automatisation de la lecture des chiffres. Ces processus interagissent. Un autre argument qui justifie cette comparaison entre des tâches exécutives verbales et visuo-spatiales est que le langage peut constituer un support à la mise en œuvre du contrôle (Zheng & Xiaolin, 2009). Enfin, la comparaison entre ces deux versions verbale et visuo-spatiale permet d'étudier si les compétences exécutives des enfants varient selon leurs habiletés dans les traitements verbaux et visuo-spatiaux. Dans la mesure où les enfants sourds avec IC présentent des difficultés dans les traitements verbaux et non dans les traitements visuo-spatiaux, une différence est attendue entre ces versions des tâches exécutives. Le contrôle devrait être plus difficile à mettre en œuvre dans les tâches verbales que dans les tâches visuo-spatiales.

La distinction verbale versus visuo-spatiale a également été appliquée pour le mode de réponse. Une réponse verbale est sollicitée pour les tâches verbales et une réponse motrice pour les tâches visuo-spatiales.

- Deux processus exécutifs simples ont été retenus : l'inhibition et l'alternance. Ces deux processus interviennent dans les tâches d'empan. L'inhibition en réduisant le nombre d'informations entrantes et d'informations présentes en MCT devenues inappropriées

contribue au maintien en MCT des informations pertinentes pour la tâche en cours. L'alternance en facilitant le changement d'opération mentale permet au focus attentionnel de se déplacer des opérations de maintien des informations en MCT, par exemple l'autorépétition, vers des opérations de traitement du matériel perçu, par exemple, la récupération en MLT d'une étiquette verbale correspondant à une image ou encore un mot écrit.

- Deux mesures du comportement sont enregistrées : l'exactitude des réponses et la vitesse. Les enfants peuvent en effet privilégier l'un de ces deux composants des réponses. Il est donc essentiel de considérer ces deux mesures. Un score composite peut ensuite être calculé.

- Un support papier-crayon par planche plutôt qu'un support informatisé par item a été privilégié afin de permettre la présentation simultanée de plusieurs items, format plus habituel dans le cadre scolaire et plus aisé à utiliser dans le cadre clinique et pédagogique. Ce format correspond au format utilisé pour les tâches de *Stroop* (Pennequin, Nanty & Khomsi, 2004) et par un certain nombre de chercheurs (Van der Sluis, De Jong, & Van der Leij, 2007). L'examen des items de gauche à droite par ligne a été facilité par l'emploi d'un outil de guidage. Une fenêtre découpée dans une feuille cartonnée, déposée sur la planche d'*items*, fait apparaître les items d'une seule ligne. Le déplacement de la fenêtre de haut en bas évite également l'oubli d'une ligne. Cet outil de guidage réduit aussi l'exigence de la tâche en terme d'attention visuelle.

Figure 44 : Exemples de l'outil de guidage et de la planche remise à l'enfant pour la tâche d'inhibition verbale en haut et la tâche de base simple en bas.

Ces principes, qui ont présidé à l'élaboration de l'ensemble des tâches, permettent ainsi d'étudier les effets suivants : l'effet de la nature de la tâche (verbale vs visuo-spatiale) ; l'effet du type de contrôle exécutif (inhibition vs alternance) ; du type de mesure (vitesse vs exactitude).

Ces comparaisons exigent que les tâches soient analogues. C'est pourquoi le matériel utilisé pour chaque tâche contrôle et avec contrôle exécutif est composé d'une planche comportant cinq rangées de huit stimuli. Une phase de démonstration/entraînement avec exemples est utilisée pour chaque tâche. Elle permet de s'assurer de la compréhension des termes utilisés dans les consignes (forme, direction, haut, bas, milieu, triangle, etc.), de certaines connaissances (dénomination des lettres A E L T, des chiffres 2 3 4 5) et des traitements à réaliser.

L'ordre de présentation des tâches est maintenu constant. Les tâches verbales sont présentées lors d'une première séance et les tâches visuo-spatiales lors d'une deuxième séance. Les tâches de base simples sont présentées avant les tâches exécutives. Les réponses sont données verbalement pour les tâches verbales et en pointant une réponse parmi plusieurs, imprimées sur l'outil de guidage, pour les tâches visuo-spatiales.

Description des tâches

Pour apprécier les performances de l'enfant le nombre de réponses correctes sur les quarante *items* proposés sur une planche ainsi que le temps de réalisation de cette planche sont relevés.

Les tâches verbales exigent des traitements verbaux simples (dénommer des lettres, des chiffres, compter un nombre d'éléments ce qui sollicite la chaîne numérique) et sont similaires à des tâches proposées par d'autres auteurs (Van der Sluis et al., 2007). Des modifications ont été apportées de manière à conserver une similarité entre les tâches verbales et visuo-spatiales. C'est ainsi que le nombre de réponses possibles est identique dans les deux versions. La conception des tâches visuo-spatiales a, quant à elle, fait l'objet d'une attention particulière qui a consisté à partir des spécificités des traitements visuels des enfants sourds. Les tâches visuo-spatiales exigent des analyses visuelles ainsi que des connaissances mobilisées par les enfants sourds lors de la perception et la compréhension de la LPC et de la Langue des signes. Il s'agit de la connaissance de l'orientation d'un mouvement, de l'orientation d'une forme, et de l'inhibition de stimuli visuels adjacents constituant d'éventuelles informations distractives et susceptibles d'interférer avec l'information cible.

▪ Tâches verbales

Elles sont constituées de trois tâches de base simples, une tâche d'inhibition et une tâche d'alternance. Les tâches de base simples ont pour objectif d'obtenir des performances de référence (nombre de réponses correctes sur les quarante *items* et temps de réalisation de l'ensemble de la planche).

Tâche de base simple 1 : Dénommer des lettres

L'enfant doit dénommer à voix haute le plus rapidement possible 4 lettres (A E L T) qui sont répétées de manière à constituer quarante *items*. Ces lettres sont le plus couramment travaillées en début de CP. Quatre réponses sont possibles.

Consigne 1 :

« Tu vas voir des lettres dans des cases et tu devras me les dire (à l'oral) le plus rapidement possible. On va faire des essais et ensuite on commencera. Je chronométrai le temps que tu mets pour faire tout l'exercice. »

Entraînement 1 :

A	L	E	T

Figure 45 : Exemples d'*items* présentés à l'enfant pour la tâche de base 1.

Tâche de base simple 2 : Dénommer des chiffres

L'enfant doit dénommer à voix haute le plus rapidement possible 4 chiffres (2 3 4 5) qui sont répétés de manière à constituer quarante *items*. Quatre réponses sont possibles.

Consigne 2 :

« Tu vas voir des chiffres dans des cases et tu devras me les dire (à l'oral) le plus rapidement possible. On va faire des essais et ensuite on commencera. Je chronométrai le temps que tu mets pour faire tout l'exercice. »

Entraînement 2 :

4	2	3	5

Figure 46 : Exemples d'items présentés à l'enfant pour la tâche de base 2.

Tâche de base simple 3 : Compter un nombre de triangles

L'enfant doit indiquer le plus rapidement possible le nombre de triangles présents dans une séquence. Les quatre réponses possibles sont 2, 3, 4 ou 5. Elles sont répétées de manière à constituer quarante *items*.

Consigne 3 :

« Tu vas voir des triangles dans des cases et tu devras me dire (à l'oral), le plus rapidement possible, combien tu en vois. On va faire des essais et ensuite on commencera. Je chronométrai le temps que tu mets pour faire tout l'exercice. »

Entraînement 3 :

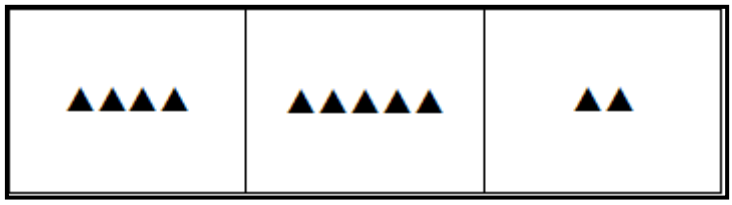


Figure 47 : Exemples d'items présentés à l'enfant pour la tâche de base 3.

Inhibition verbale : Compter un nombre de chiffres/inhiber le nom des chiffres

Cette tâche est inspirée de celle conçue par Bull & Scerif (2001). L'enfant doit indiquer le plus rapidement possible le nombre de chiffres qu'il voit et non le nom du nombre qu'il voit. Il doit inhiber la dénomination du nombre. Huit items sont répétés de manière à constituer quarante *items*. Deux *items* sont congruents, le nombre de chiffres et le nom des chiffres constituant la suite sont identiques (22 ; 55555) et 6 items sont incongruents (2222 ; 33333 ; 3333 ; 444 ; 44 ; 555). Quatre réponses sont possibles : 2, 3, 4 ou 5. Les réponses attendues correspondent aux réponses données dans la tâche de base simple 3 'Compter un nombre de triangles'.

Consigne Inhibition verbale :

« Tu vas voir des chiffres dans des cases. Tu devras me dire (à l'oral), le plus rapidement possible, combien tu vois de chiffres dans chaque case. Tu te souviens, tout à l'heure je t'ai demandé de me dire combien il y avait de triangles. Et bien ici, tu dois me dire combien il y a de chiffres. Attention, tu ne dois pas lire le chiffre mais compter combien il y en a. Des fois, le nombre que tu vas compter sera le même que celui qui est écrit et d'autres fois ce ne sera pas pareil. On va faire des essais et ensuite on commencera. Je chronométrai le temps que tu mets pour faire tout l'exercice. »

Entraînement Inhibition verbale :

22	5555	444	33333	44

Figure 48 : Exemples d'items présentés à l'enfant pour la tâche d'inhibition verbale.

Alternance verbale : Dénommer des lettres / Dénommer des chiffres

Cette tâche est adaptée de celle de Rogers & Monsell (1995). Elle consiste à alterner entre deux tâches selon la position des stimuli dans un carré. Quand une paire 'lettre–nombre' se trouve en haut, l'enfant doit donner le nom de la lettre, et quand elle se trouve en bas, l'enfant doit donner le nom du chiffre. Quatre paires sont proposées en haut (2-E, 5-L, 3-T, 4-A) et quatre en bas (A-3, E-5, L-2, T-4). Les réponses attendues correspondent aux réponses données dans les tâches de base simple 1 'Dénomination de lettres' et 2 'Dénomination de chiffres'. L'alternance doit être opéré tous les deux *items*.

Consigne Alternance verbale :

« Tu vas voir des petits carrés divisés (séparés) en quatre cases. Dans ces cases, tu verras un chiffre et une lettre. Quand le chiffre et la lettre se trouveront dans les cases du haut, tu devras me dire (à l'oral) le nom de la lettre. Quand le chiffre et la lettre se trouveront dans les cases du bas, tu devras me dire (à l'oral) quel chiffre est écrit. On va faire des essais et ensuite on commencera. Je chronométrai le temps que tu mets pour faire tout l'exercice. »

Entraînement Alternance verbale :

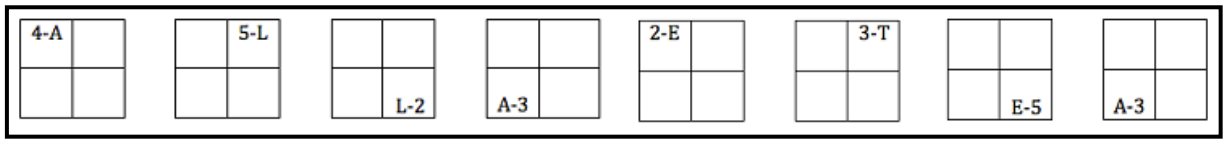


Figure 49 : Exemples d'items présentés à l'enfant pour la tâche d'alternance verbale.

- **Tâches visuo-spatiales**

Comme pour les tâches verbales, elles sont constituées de trois tâches de base simples, une tâche d'inhibition et une tâche d'alternance.

Tâche de base simple 4 : Montrer la direction dans laquelle pointe une flèche

L'enfant doit regarder dans quelle direction pointe une flèche puis **montrer** parmi quatre réponses proposées au-dessous dans quel coin d'un carré pointe cette flèche et ceci le plus rapidement possible. Quatre directions sont présentées (↖; ↗; ↙; ↘) et quatre réponses proposées ( ).

Consigne 4 :

« Tu vas voir des flèches dans des cases. Tu devras regarder dans quelle direction va la flèche. Ensuite tu devras regarder les cases ici. Tu vois ici dans cette case il y a un point (montrer le point avec votre index). Cela veut dire que la flèche pointe dans cette direction (Faites avec votre index le mouvement d'une flèche qui va en direction du point). Tu me montreras avec ton doigt la case que tu choisis, le plus rapidement possible. On va faire des essais et ensuite on commencera. Je chronométrai le temps que tu mets pour faire tout l'exercice. »

Entraînement 4 :

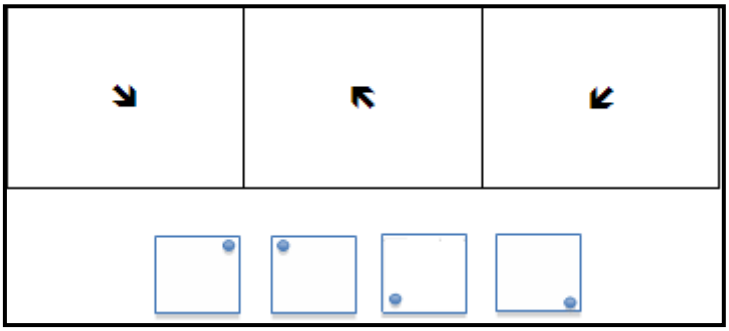


Figure 50 : Exemples d'items présentés à l'enfant pour la tâche de base 4.

Tâche de base simple 5 : Montrer une forme qui a la même orientation

L'enfant doit regarder une figure puis **montrer** parmi quatre réponses présentées au-dessous comportant cette figure dans une orientation identique et trois différentes, quelle figure est identique à celle vue, et ceci le plus rapidement possible. Quatre orientations de la figure sont présentées (⊤ ; ⫤ ; ⊨ ; ⫫) et quatre réponses proposées (⊤ ⫤ ⊨ ⫫).

Consigne 5 :

« Tu vas voir une forme (symbole) dans des cases. Tu vois, il s'agit de cette forme (montrer un exemple dans la planche d'entraînement). Cette forme on l'a tournée dans différentes positions : tu vois on l'a tournée à gauche, à droite ou encore en bas. Tu dois bien regarder cette forme et tu devras me montrer avec ton doigt le plus rapidement possible, dans quelle position se trouve cette forme. Tu dois choisir la forme qui est dans la même position, qui est pareille. On va faire des essais et ensuite on commencera. Je chronométrai le temps que tu mets pour faire tout l'exercice. »

Entraînement 5 :

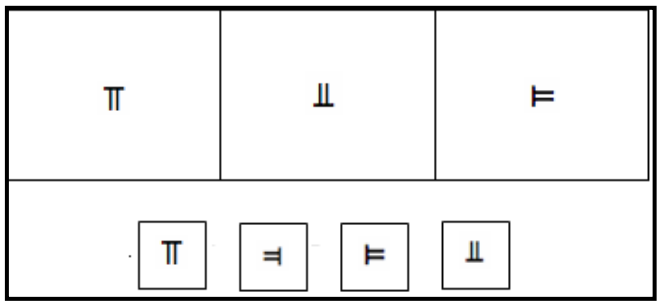
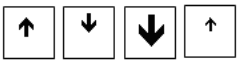


Figure 51 : Exemples d'items présentés à l'enfant pour la tâche de base 5.

Tâche de base simple 6 : Montrer une flèche identique par la taille et l'orientation

L'enfant doit regarder la taille et l'orientation d'une flèche qui se situe au milieu d'une séquence puis **montrer** parmi 4 réponses présentées au-dessous, comportant une flèche de trois tailles différentes et pointant dans deux orientations différentes, quelle flèche a la même taille et pointe dans le même sens que la flèche vue au milieu, et ceci le plus rapidement possible. Quatre flèches sont présentées et 4 réponses possibles (). La séquence est composée d'une flèche centrale et entourée de traits ou de flèches. Lorsque la flèche centrale se situe au milieu d'autres flèches, celles-ci ont la même orientation mais peuvent être de tailles différentes.

Consigne 6 :

« Tu vas voir des flèches dans des cases. Tu devras regarder la flèche qui est au milieu. Tu vois parfois la flèche que tu dois regarder est toute seule et parfois elle est entourée d'autres flèches. Tu dois bien regarder la flèche qui est au milieu. Ensuite tu regarderas les 4 réponses ici ; puis tu me montreras avec ton doigt, le plus rapidement possible, la flèche qui est pareille ; celle qui va dans le même sens (vers le haut ou le bas) et qui a la même taille (grosse ou petite). On va faire des essais et ensuite on commencera. Je chronométrai le temps que tu mets pour faire tout l'exercice. »

Entraînement 6 :

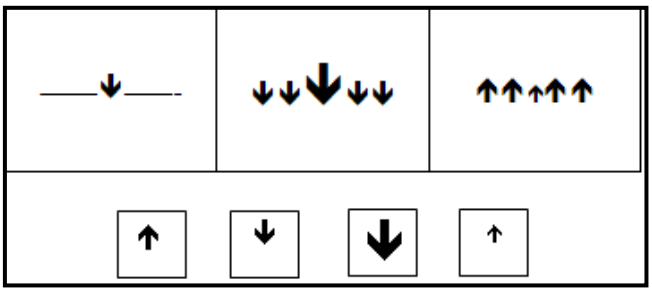


Figure 52 : Exemples d'items présentés à l'enfant pour la tâche de base 6.

Inhibition visuo-spatiale : Montrer une flèche identique par la taille et l'orientation /inhiber l'orientation de flèches adjacentes

Cette tâche est inspirée de la tâche des *'Flanker'* utilisée par Rueda, Posner, Rothbart, & Davis-Stober (2004). L'enfant doit regarder la taille et l'orientation d'une flèche qui se situe au milieu d'une séquence de flèches puis **montrer** parmi quatre réponses présentées au-dessous, comportant une flèche de trois tailles différentes et pointant dans deux orientations différentes, quelle flèche a la même taille et pointe dans le même sens que la flèche vue au milieu, et ceci le plus rapidement possible. Cette flèche centrale est parfois entourée de flèches dont l'orientation est inverse et sont de tailles identiques ou différentes. Il est nécessaire pour réaliser correctement cette tâche d'inhiber l'orientation de ces flèches adjacentes.

Deux items sont congruents, la taille et l'orientation des flèches adjacentes sont identiques (🡅🡅🡅🡅🡅; 🡇🡇🡇🡇🡇) et six *items* sont incongruents (🡇🡇🡅🡅🡅; 🡅🡅🡅🡅🡅; 🡅🡅🡅🡅🡅; 🡅🡇🡇🡅🡇 ; 🡇🡇🡇🡇🡇; 🡇🡇🡇🡇🡇). Les réponses attendues correspondent aux réponses données dans la tâche de base simple 6 'Montrer une flèche identique par la taille et l'orientation'.

Consigne Inhibition visuo-spatiale :

« Tu vas voir des flèches dans des cases. Tu devras bien regarder la flèche qui est au milieu. Ensuite tu regarderas les quatre réponses ici ; puis tu me montreras avec ton doigt, le plus rapidement possible, la flèche qui est pareille ; celle qui va dans le même sens (vers le haut ou le bas) et qui a la même taille (grosse ou petite). Tu devras faire bien attention, car tu vois parfois les flèches qui sont à côté vont dans le même sens et d'autres fois elles iront

dans un sens différent. On va faire des essais et ensuite on commencera. Je chronométrai le temps que tu mets pour faire tout l'exercice. »

Entraînement Inhibition visuo-spatiale :

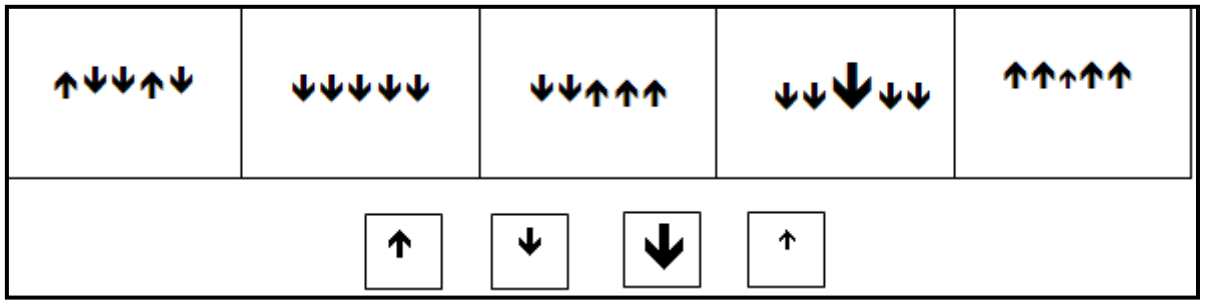


Figure 53 : Exemples d'items présentés à l'enfant pour la tâche d'inhibition visuo-spatiale.

Alternance visuo-spatiale : Montrer la direction dans laquelle pointe une flèche / Montrer une forme qui a la même orientation.

Cette tâche consiste à alterner deux tâches en fonction de la position d'une paire figure-flèche dans un carré comportant quatre cases. Lorsque la paire 'figure-flèche' se trouve en haut, l'enfant doit montrer la direction de la flèche en choisissant une réponse parmi quatre directions proposées et lorsque la paire figure-flèche se situe en bas, l'enfant doit montrer l'orientation de la figure en choisissant une réponse parmi quatre orientations proposées. Quatre paires sont proposées en haut ( ) et quatre en bas ( ). Les réponses attendues correspondent aux réponses données dans les tâches de base simples 4 'Montrer la direction dans laquelle pointe une flèche' et 5 'Montrer une forme qui a la même orientation'.

Consigne Alternance visuo-spatiale :

« Tu vas voir des petits carrés divisés (séparés) en quatre cases. Dans les cases, tu verras à chaque fois une forme (symbole) et une flèche. Quand la forme et la flèche se trouveront dans les cases du haut, tu me montreras avec ton doigt le plus rapidement possible, vers quelle direction la flèche pointe en choisissant une réponse ici (montrer la ligne des réponses). C'est comme ce que tu as fait tout à l'heure. Tu vois ici dans cette case il y a un point (montrer le point avec votre index). Cela veut dire que la flèche pointe dans cette direction (faites avec votre index le mouvement d'une flèche qui va en direction du point). Tu

me montreras avec ton doigt la case que tu choisis, le plus rapidement possible. Quand la forme et la flèche se trouveront dans les cases du bas, tu me montreras avec ton doigt le plus rapidement possible, dans quelle position se trouve la forme en choisissant une réponse ici (montrer la ligne des réponses). C'est comme ce que tu as fait tout à l'heure. La forme a été tournée. Toi, tu dois choisir ici (montrer la ligne des réponses) la forme qui est dans la même position, qui est pareille. Tu dois faire cet exercice le plus rapidement possible. On va faire des essais et ensuite on commencera. Je chronométrai le temps que tu mets pour faire tout l'exercice. »

Entraînement Alternance visuo-spatiale :

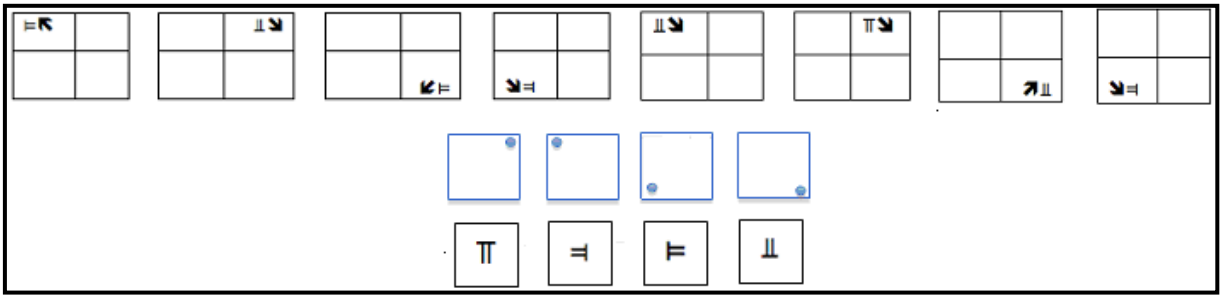
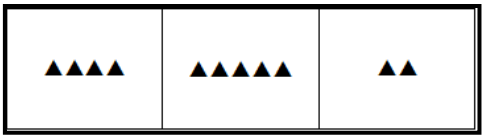
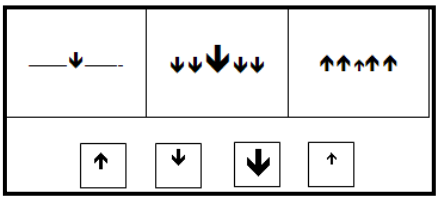


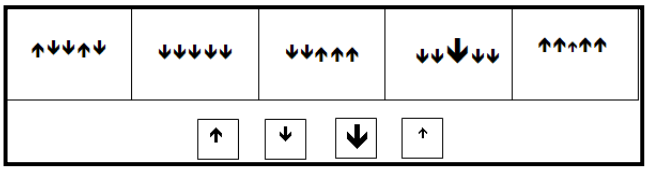
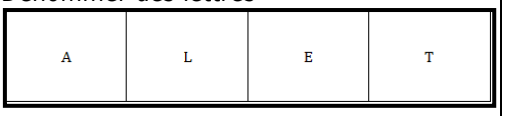
Figure 54 : Exemples d'items présentés à l'enfant pour la tâche d'alternance visuo-spatiale.

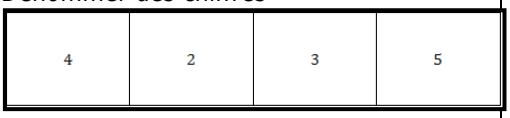
Le tableau 59 offre une synthèse des tâches de base simples et exécutives.

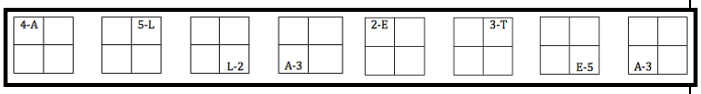
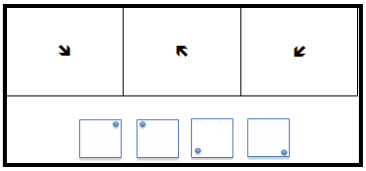
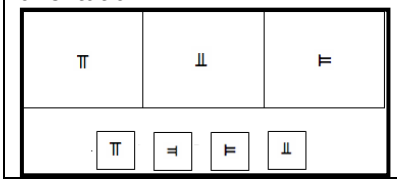
Tableau 59 : Tableau synoptique

<table>
<tr><th>Tâches de base simples</th><th>Tâches exécutives</th></tr>
<tr><td></td><td>INHIBITION</td></tr>
<tr><td>Compter un nombre de triangles
  </td><td>TACHE INHIBITION VERBALE

Compter un nombre de chiffres/inhiber le nom des chiffres
<table><tr><td>44</td><td>33333</td><td>22</td><td>55555</td></tr></table></td></tr>
<tr><td>Montrer une flèche identique par la taille et l’orientation
  </td><td>TACHE INHIBITION VISUO-SPATIALE

Montrer une flèche identique par la taille et l’orientation /inhiber l’orientation de flèches adjacentes
  </td></tr>
<tr><td></td><td>ALTERNANCE</td></tr>
<tr><td>Dénommer des lettres
 

Dénommer des chiffres
 
</td><td>TACHE ALTERNANCE VERBALE

Dénommer des lettres / Dénommer des chiffres
 
</td></tr>
<tr><td>Montrer la direction dans laquelle pointe une flèche
 
Montrer une forme qui a la même orientation
  </td><td>TACHE ALTERNANCE VISUO-SPATIALE

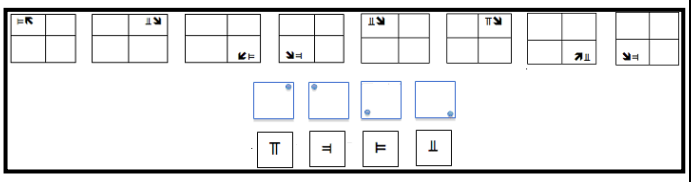
Montrer la direction dans laquelle pointe une flèche / Montrer une forme qui a la même orientation
  </td></tr>
</table>

Table des illustrations

Figure 1 : Boites à moustaches (nombre moyen d'*items* rappelés dans l'ordre)..... 21
Figure 2 : Boites à moustaches pour les 22 enfants NE scolarisés au CP 22
Figure 3 : Boites à moustaches pour les 20 enfants NE scolarisés en CE1 23
Figure 4 : Boites à moustaches (erreurs d'ordre et d'*items*) 24
Figure 5 : Boites à moustaches (Moyenne pour chaque longueur des séquences pour les modalités verbales et visuo-spatiales pour les conditions *Items* seuls) 25
Figure 6 : Boites à moustaches (erreurs d'omission et d'intrusion en V)..... 27
Figure 7 : Boites à moustaches (erreurs d'omission et d'intrusion en VS)..... 28
Figure 8 : Nombre moyen d'*items* correctement rappelés par les enfants sourds avec IC pour chaque condition de présentation des *items* selon la modalité verbale ou visuo-spatiale. 40
Figure 9 : Dendrogramme représentant l'analyse en cluster du nombre d'*items* correctement rappelés par les enfants sourds avec IC dans chacune des conditions de présentation des *items* pour chaque modalité. 45
Figure 10 : Nombre moyen d'erreurs commises par les enfants sourds avec IC selon le type d'erreur (*Item* ou Ordre) et la modalité (verbale ou visuo-spatiale) dans les conditions *Items* seuls. 47
Figure 11 : Nombre moyen d'erreurs commises par les enfants sourds avec IC selon le type d'erreur (*Item* ou Ordre) et la modalité (verbale ou visuo-spatiale) dans toutes les conditions. 48
Figure 12 : Dendrogramme représentant l'analyse en cluster du nombre d'erreurs d'*Item* ou d'Ordre, commises par les enfants sourds avec IC, dans chacune des modalités de présentation (verbale et visuo-spatiale)..... 51
Figure 13 : Pourcentage moyen d'*items* correctement rappelés par les enfants sourds avec IC dans la condition '*Items* seuls' pour chacune des longueurs des séquences (2 *items*, 3 *items*, 4 *items*) dans chacune des modalités (verbale vs visuo-spatiale). 54
Figure 14 : Pourcentage moyen d'*items* correctement rappelés sur les 4 conditions, par les enfants sourds avec IC, pour chacune des longueurs des séquences (2 *items*, 3 *items*, 4 *items*) dans chacune des modalités (verbale vs visuo-spatiale). 55
Figure 15 : Pourcentages d'*items* correctement rappelés selon la longueur pour les modalités verbales puis visuo-spatiales..... 58
Figure 16 : Pourcentages d'*items* correctement rappelés selon les conditions de présentation et pour chaque longueur des séquences en modalité verbale. 59
La figure 17 présente la variation des performances selon les conditions de présentation des *items* pour chaque longueur des séquences pour la modalité visuo-spatiale. Les données du tableau 28 précisent les pourcentages de rappels corrects ainsi que les résultats des comparaisons entre les conditions pour chaque longueur de séquences. Pour les séquences de deux *items* ainsi que celles de trois *items*, les différences entre les conditions ne sont pas significatives. Il en est de même pour les séquences de quatre *items*, à l'exception des conditions P Seul et P+S pour lesquelles le pourcentage de rappels

corrects est moins élevé que dans la condition S+LPC. Les autres différences inter-conditions ne sont pas significatives. 60
Figure 18 : Pourcentages d'*items* correctement rappelés selon les conditions de présentation et pour chaque longueur des séquences en modalité visuo-spatiale. 60
Figure 19 : Nombre moyen d'erreurs selon le type d'erreur (Omission ou Intrusion) et la modalité (verbale ou visuo-spatiale) dans toutes les conditions. 64
Figure 20 : Nombre moyen d'erreurs selon le type et en fonction des conditions en modalité verbale. 65
Figure 21 : Dendrogramme représentant l'analyse en cluster du nombre d'erreurs d'Omission ou d'Intrusion dans chacune des modalités (verbale et visuo-spatiale)..... 67
Figure 22 : Boites à moustaches (nombre moyen d'*items* rappelés dans l'ordre)..... 69
Figure 23 : Boites à Moustaches (erreurs d'ordre et d'*item*) 70
Figure 24 : Boites à moustaches (Moyenne pour chaque longueur des séquences pour chaque condition en V) 71
Figure 25 : Boites à moustaches (Moyenne pour chaque longueur des séquences pour chaque condition en VS)..... 72
Figure 26 : Boites à moustaches (erreurs d'omission et d'intrusion en V)..... 73
Figure 27 : Boites à moustaches (erreurs d'omission et d'intrusion en VS)..... 74
Figure 28 : Histogrammes âges réels et scores au NNAT pour les 14 enfants NE. 75
Figure 29 : Histogrammes âges réels et scores au NNAT pour les 14 enfants sourds IC. 76
Figure 30 : Boites à moustaches (scores moyens de rappel dans l'ordre)..... 77
Figure 31 : Boites à moustaches (scores moyens de rappel dans l'ordre)..... 78
Figure 32 : Boites à moustaches (erreurs d'ordre et d'*item*)..... 79
Figure 33 : Boites à moustaches (erreurs d'ordre et d'*item*)..... 80
Figure 34 : Boites à moustaches (Pourcentage d'*items* correctement rappelés en V) 82
Figure 35 : Boites à moustaches (Pourcentage d'*items* correctement rappelés en V) 83
Figure 36 : Boites à moustaches (Pourcentage d'*items* correctement rappelés en VS)..... 84
Figure 37 : Boites à moustaches (Pourcentage d'*items* correctement rappelés en VS)..... 85
Figure 38 : Boites à moustaches (erreurs d'omission et d'intrusion) 86
Figure 39 : Boites à moustaches (erreurs d'omission et d'intrusion) 87
Figure 40 : Graphiques d'évolution des performances pour Lucile 91
Figure 41 : Graphiques d'évolution des performances pour Julie 91
Figure 42 : Graphiques d'évolution des performances pour Paul 92
Figure 43 : Graphiques d'évolution des performances pour Léon..... 92
Figure 44 : Exemples de l'outil de guidage et de la planche remise à l'enfant pour la tâche d'inhibition verbale en haut et la tâche de base simple en bas. 95
Figure 45 : Exemples d'*items* présentés à l'enfant pour la tâche de base 1..... 97
Figure 46 : Exemples d'items présentés à l'enfant pour la tâche de base 2..... 97
Figure 47 : Exemples d'items présentés à l'enfant pour la tâche de base 3..... 98

Figure 48 : Exemples d'items présentés à l'enfant pour la tâche d'inhibition verbale. 98
Figure 49 : Exemples d'items présentés à l'enfant pour la tâche d'alternance verbale. 99
Figure 50 : Exemples d'items présentés à l'enfant pour la tâche de base 4.....100
Figure 51 : Exemples d'items présentés à l'enfant pour la tâche de base 5.....101
Figure 52 : Exemples d'items présentés à l'enfant pour la tâche de base 6.....102
Figure 53 : Exemples d'items présentés à l'enfant pour la tâche d'inhibition visuo-spatiale. 103
Figure 54 : Exemples d'items présentés à l'enfant pour la tâche d'alternance visuo-spatiale. 104

Table des tableaux

Tableau 1 : Analyses descriptives pour chaque condition de chaque modalité avec les moyennes verbales et visuo-spatiales (nombre moyen d'*items* rappelés dans l'ordre) 21
Tableau 2 : Analyses descriptives pour les 22 enfants NE scolarisés au CP 22
Tableau 3 : Analyses descriptives pour les 20 enfants NE scolarisés en CE1 22
Tableau 4 : Analyses descriptives pour chaque condition de chaque modalité avec les moyennes verbales et visuo-spatiales (erreurs d'ordre et d'*items*) 23
Tableau 5 : Moyenne pour chacune des longueurs des séquences pour les modalités verbales et visuo-spatiales pour les conditions *Items* seuls 24
Tableau 6 : Moyennes correspondant à l'interaction Modalité*Condition 25
Tableau 7 : Moyennes correspondant à l'interaction Longueur*Condition 26
Tableau 8 : Moyennes correspondant à l'interaction Modalité*Longueur *Condition 26
Tableau 9 : Analyses descriptives pour chaque condition en modalité verbale (erreurs d'omission et d'intrusion) 27
Tableau 10 : Analyses descriptives pour chaque condition en modalité visuo-spatiale (erreurs d'omission et d'intrusion) 28
Tableau 11 : Synthèse des hypothèses relatives aux comparaisons inter-modalités pour chaque condition de présentation des *items* 32
Tableau 12 : Synthèse des hypothèses relatives aux comparaisons inter-conditions pour chaque modalité en termes d'augmentation ou de diminution de la performance entre la condition en ligne et la condition en colonne (exemple : une augmentation est attendue entre I et I+S). 36
Tableau 13 : Synthèse des hypothèses relatives aux comparaisons entre les différences (gain ou détérioration du rappel) entre les modalités verbales et visuo-spatiales pour chacune des comparaisons inter-conditions. 39
Tableau 14 : Synthèse des comparaisons réalisées avec le test non paramétrique de Wilcoxon entre les modalités verbale et visuo-spatiale pour chaque condition de présentation des *items*. 40
Tableau 15 : Synthèse des comparaisons réalisées avec le test non paramétrique de Wilcoxon entre les conditions pour la modalité verbale puis pour la modalité visuo-spatiale. 41
Tableau 16 : Corrélations entre les conditions de présentation des *items* pour les modalités verbales et visuo-spatiales (R de Spearman) 44
Tableau 17 : Synthèse des comparaisons entre les types d'erreurs commises par les enfants sourds avec IC pour la modalité verbale puis pour la modalité visuo-spatiale, puis entre modalités pour chaque type d'erreur. 47
Tableau 18 : Synthèse des comparaisons entre les types d'erreur commises par les enfants sourds avec IC pour chacune des conditions de la modalité verbale puis chacune des conditions de la modalité visuo-spatiale. 48

Tableau 19 : Synthèse des comparaisons entre les conditions pour les erreurs d'*item* puis pour les erreurs d'ordre, commises par les enfants sourds avec IC, pour la modalité verbale. 49
Tableau 20 : Synthèse des comparaisons entre les conditions pour les erreurs d'*item* puis pour les erreurs d'ordre, commises par les enfants sourds avec IC, pour la modalité visuo-spatiale. 50
Tableau 21 : Corrélations entre les nombres d'erreurs d'*item* et d'ordre intra-modalité et inter-modalités (verbales et visuo-spatiales), commises par les enfants sourds avec IC (Rangs de Spearman)..... 50
Tableau 22 : Synthèse des comparaisons entre les pourcentages d'*items* correctement rappelés par les enfants sourds avec IC dans la modalité verbale et la modalité visuo-spatiale selon la longueur des séquences..... 53
Tableau 23 : Synthèse des comparaisons entre les pourcentages moyens d'*items* correctement rappelés, par les enfants sourds avec IC, correspondant à chacune des longueurs des séquences, pour la modalité verbale puis pour la modalité visuo-spatiale. 54
Tableau 24 : Synthèse des comparaisons entre les pourcentages moyens d'*items* correctement rappelés sur les 4 conditions obtenus dans les modalités verbale et visuo-spatiale, par les enfants sourds avec IC, pour chacune des longueurs des séquences 56
Tableau 25 : Synthèse des comparaisons entre les pourcentages moyens d'*items* correctement rappelés sur les 4 conditions, par les enfants sourds avec IC, correspondant à chacune des longueurs des séquences, pour la modalité verbale puis pour la modalité visuo-spatiale. 57
Tableau 26 : Synthèse des pourcentages moyens d'*items* correctement rappelés dans chacune des conditions, ainsi que des comparaisons entre les pourcentages moyens d'*items* correctement rappelés, par les enfants sourds avec IC, pour chacune des longueurs des séquences, pour la modalité verbale. . 59
Tableau 27 : Synthèse des comparaisons entre les longueurs de listes pour chacune des conditions de présentation des *items* pour la modalité verbale..... 60
Tableau 28 : Synthèse des pourcentages moyens d'*items* correctement rappelés dans chacune des conditions, ainsi que des comparaisons entre les pourcentages moyens d'*items* correctement rappelés, par les enfants sourds avec IC, pour chacune des longueurs des séquences, pour la modalité visuo-spatiale. 61
Tableau 29 : Synthèse des comparaisons entre les longueurs de listes pour chacune des conditions de présentation des *items* pour la modalité visuo-spatiale..... 61
Tableau 30 : Synthèse des comparaisons entre les types d'erreur pour la modalité verbale puis pour la modalité visuo-spatiale, puis entre modalités pour chaque type d'erreur..... 63
Tableau 31 : Synthèse des comparaisons entre les types d'erreur pour chacune des conditions de la modalité verbale puis chacune des conditions de la modalité visuo-spatiale..... 64
Tableau 32 : Synthèse des analyses statistiques réalisées (Test de Wilcoxon) en modalité verbale. 65
Tableau 33 : Synthèse des analyses statistiques réalisées (Test de Wilcoxon) en modalité visuo-spatiale. 66

Tableau 34 : Corrélations des rangs de Spearman entre les nombres d'erreurs d'omission et d'intrusion intra-modalité et inter-modalités (verbales et visuo-spatiales). 66
Tableau 35 : Analyses descriptives pour chaque condition de chaque modalité et Moyennes verbales et visuo-spatiales (nombre moyen d'*items* rappelés dans l'ordre). 69
Tableau 36 : Analyses descriptives pour chaque condition de chaque modalité et Moyennes verbales et visuo-spatiales (erreurs d'ordre et d'*item*) 70
Tableau 37 : Pourcentages moyens d'items correctement rappelés selon la longueur des séquences pour la modalité verbale 71
Tableau 38 : Pourcentages moyens d'items correctement rappelés selon la longueur des séquences pour la modalité visuo-spatiale. 72
Tableau 39 : Analyses descriptives pour chaque condition en modalité verbale (erreurs d'omission et d'intrusion) 73
Tableau 40 : Analyses descriptives pour chaque condition en modalité visuo-spatiale (erreurs d'omission et d'intrusion) 74
Tableau 41 : Ages moyens et scores moyen au NNAT des 14 Enfants NE 75
Tableau 42 : Ages moyens et scores moyen au NNAT des 14 Enfants sourds IC 75
Tableau 43 : Comparaison des groupes sur l'âge réel en mois 76
Tableau 44 : Comparaison des groupes sur le score au NNAT, test d'aptitude générale 76
Tableau 45 : Moyennes pour chaque condition et dans chaque modalité (scores moyens de rappel dans l'ordre) 77
Tableau 46 : Moyennes pour chaque condition et dans chaque modalité (scores moyens de rappel dans l'ordre) 77
Tableau 47 : Analyses descriptives pour chaque condition de chaque modalité et Moyennes verbales et visuo-spatiales (erreurs d'ordre et d'*item*) 78
Tableau 48 : Analyses descriptives pour chaque condition de chaque modalité et Moyennes verbales et visuo-spatiales (erreurs d'ordre et d'*item*) 79
Tableau 49 : Nombre moyen d'erreurs commises par les enfants sourds avec IC et les enfants entendants appariés, selon le type d'erreur (*Item* ou Ordre) et la modalité (verbale ou visuo-spatiale) dans toutes les conditions. 81
Tableau 50 : Pourcentage d'*items* correctement rappelés pour chacune des 4 conditions de présentation en modalité verbale 82
Tableau 51 : Pourcentage d'*items* correctement rappelés pour chacune des 4 conditions de présentation en modalité verbale 83
Tableau 52 : Pourcentage d'*items* correctement rappelés pour chacune des 4 conditions de présentation en modalité visuo-spatiale 84
Tableau 53 : Pourcentage d'*items* correctement rappelés pour chacune des 4 conditions de présentation en modalité visuo-spatiale 85

Tableau 54 : Analyses descriptives pour chaque condition en modalité visuo-spatiale (erreurs d'omission et d'intrusion) 85
Tableau 55 : Analyses descriptives pour chaque condition en modalité visuo-spatiale (erreurs d'omission et d'intrusion) 87
Tableau 56 : Nombre moyen d'erreurs d'omission et d'intrusion commises par les enfants sourds avec IC et les enfants entendants appariés dans chacune des conditions selon la modalité (verbale ou visuo-spatiale). 88
Tableau 57 : Tableau synoptique du nombre d'enfants sourds avec IC dans chacun des profils selon la variable considérée (nombre d'items rappelés, erreurs d'item ou d'ordre) et la modalité, dans chacune des conditions de présentation des items. 89
Tableau 58 : Tableau synoptique du nombre d'enfants sourds avec IC dans chacun des profils selon la variable considérée (longueur des séquences, erreurs d'omission et d'ordre) et la modalité, dans chacune des conditions de présentation des items. 90
Tableau 59 : Tableau synoptique..... 105

Index auteurs

Allman, 30
BEBIAN, 3
BEZAGU-DELUY, 3
Bharadwaj, 30
Bull, 98
Burkholder, 32, 34, 62
BUTON, 3
Clearly, 32, 34, 36
Cleary, 30
Davis-Stober, 102
De Jong, 94
DE L'EPEE, 3
Deltenre, 32
ENCREVÉ, 3
Geers, 30
Green, 30
HERREN, 3
Hurlstone, 46
Khomsi, 94
LE CAPITAINE, 3
Leybaert, 32
Ligny, 32
Majerus, 46
Mansbach,, 32
Maricle, 30
Marquet, 32
Monsell, 99
Nanty, 94
Pennequin, 94
Périer, 32
Perrin, 62
Pisoni, 30, 32, 34, 62
Posner, 102
Renglet, 32
Rogers, 99
Rothbart, 102
Rueda, 102
Scerif, 98
Schepers, 32
Serniclaes, 32
Simon, 32
Van der Leij, 94
Van der Sluis, 94, 96

ENGAGEMENT DE NON PLAGIAT

Je, soussigné(e) **Stéphanie Pouyat Houée**

déclare être pleinement conscient(e) que le plagiat de documents ou d'une partie d'un document publiée sur toutes formes de support, y compris l'internet, constitue une violation des droits d'auteur ainsi qu'une fraude caractérisée. En conséquence, je m'engage à citer toutes les sources que j'ai utilisées pour écrire ce rapport ou mémoire.

signé par l'étudiant(e) le **15** / **07**/ **2017**

Cet engagement de non plagiat doit être signé et joint à tous les rapports, dossiers, mémoires.

Présidence de l'université
40 rue de rennes – BP 73532
49035 Angers cedex
Tél. 02 41 96 23 23 | Fax 02 41 96 23 00

université angers

UNIVERSITE BRETAGNE LOIRE

université angers

Thèse de Doctorat

Stéphanie Houée

Mémoire à court terme/Mémoire de travail chez l'enfant sourd profond muni d'un implant cochléaire

Contribution à la compréhension des difficultés cognitives des enfants sourds

Short-term memory/Working memory in deaf children with a cochlear implant

Contribution to the understanding of cognitive difficulties of deaf children

Résumé

L'ambition de la thèse est de contribuer à une meilleure compréhension des difficultés cognitives rencontrées par les enfants sourds munis d'un implant cochléaire (IC). Elle présente une recension de travaux et une étude originale concernant la mémoire à court-terme/mémoire de travail. Est évalué l'apport recommandé de la lecture labiale et des clés de la LPC (Langue Parlée Complétée) sur le rappel.
Une série d'épreuves originales de rappel immédiat a été conçue sur support informatique. Elle comprend des tâches contrastées du point de vue de la nature de l'information à mémoriser (spatiale *vs* verbale) et des modalités de présentation de l'information. Les épreuves ont été validées auprès d'une population d'enfants normo-entendants (NE) (âgés de 6 à 8 ans, N=42). Les réponses d'enfants IC (N=14) ont été comparées à celles d'enfants NE, sur la base de la constitution de deux groupes appareillés selon les critères d'âge, de sexe et d'aptitude intellectuelle.
Pour les deux groupes, le rappel immédiat est meilleur pour les informations visuo-spatiales. Les informations verbales sont moins bien retenues par les enfants IC. Contrairement aux attentes, l'apport de la LPC, spécifiquement dans la modalité verbale, ne conduit pas à une augmentation des performances des enfants sourds. L'analyse de l'ordre de rappel des items ne fait pas apparaître de difficulté spécifique. En revanche, la longueur des listes est préjudiciable en verbal. L'analyse des erreurs atteste de leurs difficultés au plan des connaissances langagières. Une analyse fine des performances individuelles montre des profils différenciés attestant de la singularité des modes d'adaptation des enfants sourds IC.

Mots clés : Cognition, Enfant, Implant Cochléaire, Langue Parlée Complétée, Mémoire à court terme, Mémoire de travail, Surdité.

Abstract

The aim of the thesis is to contribute to a better understanding of cognitive difficulties in deaf children with a cochlear implant (CI). Firstly, this thesis presents a comparative analysis of previous research work. Secondly, it presents an original study addressing short-term memory (STM)/working memory (WM) issues, in which the contribution of cued speech (CS) is assessed on memorization performances.
To do so, a novel STM/WM task series was developed and used to investigate whether the use of verbal stimuli *versus* spatial stimuli differentially affects immediate memory processes and to examine whether the presentation of *items* in an enriched context has a benefit on the immediate memory capacity. The developed tasks were validated on normal-hearing (NH) children (6- and 8-year-old, N=42) and the capacities of CI deaf children (N=14) were compared to those of their NH peers matched for age, sex and reasoning ability.
For both groups, the immediate recall proves to be better for visuo-spatial information. Also, CI deaf children appear as memorizing less verbal information. Surprisingly, CS, appears to be ineffective to improve the CI deaf children performances, especially in the verbal modality case; if the analysis of the order of recall of *items* does not reveal any specific difficulty, the length of the *items* lists is harmful in the verbal modality. The analysis of the recall errors confirms difficulties in linguistic knowledge. Individual performances of CI deaf children show diverse patterns.

Key Words : Cognition, Child, Cochlear Implant, Cued Speech, Short-term memory, Working memory, Deafness.