Université Lille Nord de France
SCALAb UMR CNRS 9193, UFR de psychologie
France

Etude des mécanismes d'encodage, de mémorisation et d'apprentissage lexical chez les enfants présentant des troubles développementaux du langage oral via le paradigme du monde visuel

Thèse présentée en vue de l'obtention du titre de Docteur en psychologie par

Delphine Fleurion

Mercredi 20 décembre 2017

Membres du jury

Pr. Séverine Casalis, Université de Lille, Nord de France	Directeur
Pr. Christelle Maillart, Université de Liège, Belgique	Rapporteur
Pr. Elisabeth Demont, Université de Strasbourg, France	Rapporteur
Dr. Françoise Boidein, Institut Catholique de Lille, France	Examinateur
PhD. Solène Kalénine, Université de Lille, Nord de France	Examinateur

La disposition vitale au renouvellement est le ferment du besoin de créer.

Mahmoud Darwich

Remerciements

Mes premiers remerciements s'adressent à Séverine Casalis pour m'avoir accompagnée et guidée tout au long de cette thèse. J'ai été honorée de poursuivre ma formation à vos côtés et vous remercie sincèrement pour le partage de vos connaissances et de vos expériences. Merci pour la richesse de vos retours, de vos conseils et pour votre adaptation à mon rythme de travail.

Un grand merci à Françoise Boidein, de m'avoir proposé une problématique passionnante en recherche clinique et permis de réaliser ce travail de recherche dans le cadre hospitalier. Merci également pour votre précieux soutien auprès de la direction de l'hôpital, pour votre confiance, votre souplesse et votre disponibilité.

Je remercie Elisabeth Demont et Christelle Maillart, d'avoir pris le temps de s'intéresser à ce travail afin de l'évaluer. Merci également à l'ensemble des membres du jury.

A Solène Kalénine, merci pour vos conseils avisés et votre aide précieuse à la transformation des données.

Je tiens particulièrement à remercier Alan Chauvin et Muriel Boucart de m'avoir transmis la passion de la recherche et la rigueur du scientifique. Merci à Sophie et Lucie de m'avoir sereinement montré la voie et d'avoir apporté vos solutions au cours de nos précieux échanges.

A tous ceux qui ont permis que la thèse se réalise, étape par étape. Merci au personnel de la Direction de la Recherche Médicale du GHICL, notamment pour l'aide à la rédaction du dossier de CPP. Merci à l'équipe de la plateforme Irdive de Tourcoing et à l'équipe du laboratoire Scalab. Pour le son, énorme merci à Sandrine pour sa voix, à Aurel pour son matériel et à Barb pour son aide au montage. Pour l'image, merci spécial à Nono et à l'équipe AVATALK, Clélia, Mathilde et Alexandre, sans qui l'écran serait resté blanc. Merci à vous de permettre que l'aventure continue.

Je remercie chaleureusement tous les enfants ainsi que leurs parents, sans qui la thèse n'aurait pas été possible. Merci aux professeurs et directeurs des écoles pour votre accueil. Merci à Pauline, Maéva et Karinne pour votre investissement et votre aide inestimable au recueil des données. Un grand merci aux secrétaires, médecins et orthophonistes du service de neuropédiatrie de l'hôpital Saint Vincent de Paul pour leur participation au recrutement des patients, pour leur empathie et leurs conseils.

Quant à vous, Polo et Tida, comment vous remercier sans trembler à l'idée de faire une faute d'orthographe. Méci particulier à l'infatigable maître de la virgule pour tes mots rassurants, ta présence et toute l'aide que tu m'as offerte.

A mes amis, énorme merci pour le soutien et les encouragements que vous m'avez témoignés pendant ces cinq années. Autant vous dire que je profiterai de tout ce temps libre à présent, pour vous remercier de manière individuelle. MErci à mes parents et mon frère, pour votre disponibilité sans faille, votre écoute et l'aide apportée au cours des différentes étapes de la thèse.

Alouch, il n'existe pas de mots assez forts pour te remercier à la hauteur de ce que tu m'as apporté. Merci pour la patience dont tu as fait preuve avec moi, pour ton aide, ton ouverture d'esprit et toutes les qualités qui te définissent. Shoukran ktir habibi.

Résumé

Chez les enfants souffrant de troubles spécifiques du langage oral (TSLO), des déficits de mémoire à court terme verbale et d'acquisition lexicale sont fréquemment décrits. Ces capacités sont évaluées par des tâches de répétition et plus généralement de production verbale, mettant en jeu de multiples composants susceptibles d'être altérés dans les TSLO. Dans ce contexte, l'objectif général de cette thèse était l'examen de mécanismes de mémorisation verbale à l'aide du paradigme du monde visuel. L'oculométrie consiste à analyser les mouvements oculaires des participants sur des images, à la suite de stimulations verbales. La reconnaissance et la mémorisation à court terme de mots parlés familiers ont été examinées à travers quatre études, auxquelles les participants avec et sans TSLO âgés de 5 et 6 ans, ont obtenu des résultats comparables. Seules des différences en fonction de l'âge ont été révélées, reflétant les changements développementaux du traitement lexical. Dans un second temps, le paradigme d'appariement rapide pour l'acquisition de nouveaux mots (« fast mapping »), nécessitant peu de présentations, a été proposé à trois groupes d'enfants. Leurs capacités d'acquisition lexicale ont à nouveau été évaluées via le paradigme du monde visuel à une tâche de reconnaissance de mots parlés. Les groupes TSLO présentant des déficits en répétition verbale, ont néanmoins reconnu et apparié les nouvelles étiquettes lexicales aux images référentes, comme leurs pairs au développement typique. Les études menées ont permis de mettre en évidence que le maintien à court terme de l'information verbale ainsi que l'encodage de nouvelles informations sont efficients chez les enfants avec TSLO, lorsque la production verbale n'est pas sollicitée.

Mots clés : troubles spécifiques du langage oral, mémoire à court terme, apprentissage de mots, paradigme du monde visuel, reconnaissance de mots parlés, paradigme d'appariement rapide

Abstract

In children suffering from specific language impairment (SLI), verbal short term memory disorders and lexical learning inability are frequently described. These skills are assessed through repetition tasks and more generally, with verbal output modality which variety of components can be impaired in SLI. In this context, the general aim of this research work was the examination of verbal memorization processes through visual world paradigm. This eye-tracking tasks consist in analyzing eye movements of participants on pictures, consecutively to verbal stimulations. Recognition and short term retention of familiar spoken words were investigated through four studies, in which participants aged 5 and 6, with and without SLI, shown similar patterns of result. Only age differences were revealed, suggesting developmental changing of lexical processing. In a second phase, the fast mapping word learning paradigm requiring few occurences of new words, was proposed to three groups of children. Their lexical learning abilities were again assessed within the visual world paradigm and a spoken word recognition task. SLI groups with poor performances in verbal repetition tasks, have nevertheless associated the new lexical label with referent picture, as their peers with typical development. These studies suggest that verbal information retention in short term memory and encoding of new information are efficient in SLI children, when the tasks do not require any verbal output.

Key words : specific language impairment, verbal short term memory, word learning, visual world paradigm, spoken word recognition, fast mapping paradigm

Table des matières

Introduction générale **20**
Partie théorique **22**
Chapitre 1. Développement pathologique du langage : TSLO ***23***
Partie 1. Du retard d'acquisition au trouble (spécifique) du langage oral 23
Partie 2. Mécanismes étiologiques et hypothèses à l'origine des déficits dans les TSLO 30
1. De la perception du son à la formation des représentations 31
1.1. Hypothèses perceptives *31*
1.2. Hypothèses phonologiques *32*
2. Hypothèses non linguistiques 34
Chapitre 2. Rôle de la MCT dans le développement du langage ***37***
Partie 1. Développement des capacités de la boucle phonologique en MCT 37
1. Effet de longueur 38
2. Effet de similarité phonologique 38
3. Effet du fond sonore / bruit de fond 40
4. Récapitulation articulatoire et effet de suppression articulatoire 41
5. Stratégie de rafraîchissement attentionnel 43
6. Déclin / décomposition de la trace 45
Partie 2. Activation des systèmes à long terme et implication dans la MCT 47
1. Effet de fréquence phonotactique 47
2. Effet de lexicalité et théorie de la rédintégration 48
3. Effets de densité de voisinage, de fréquence lexicale et de familiarité 49
4. Effets de similarité sémantique, imagerie, concrétude 50
Partie 3. Rôle de la MCT dans l'apprentissage de nouveaux mots 51
Chapitre 3. Processus mnésiques et apprentissage lexical dans les TSLO ***57***
Partie 1. Hypothèses mnésiques 57
1. Encodage initial 57
2. Effet de longueur et capacités de stockage 58
3. Vitesse de traitement 58
4. Stratégies de rafraichissement et de répétition 59
5. Ressources attentionnelles et exécutives 60
Partie 2. Déficit d'apprentissage de nouveaux mots 61
Chapitre 4. Méthodes d'investigation du traitement, de la rétention et de l'apprentissage de mots ***64***
Partie 1. Evaluation classique de la MCT 64
1. Epreuves de répétition et de rappel sériel 64
2. Evaluer les capacités de MCT sans répétition 68
Partie 2. Paradigme du monde visuel 70
1. Reconnaissance de mots parlés chez l'adulte 73
2. Changements développementaux dans la reconnaissance des mots parlés 75
3. Utilisation du PMV auprès d'individus souffrant de troubles langagiers 77
Partie 3. Apprentissage de nouveaux mots via la procédure du fast mapping 79
1. Caractéristiques du matériel à apprendre et conditions d'apprentissage 80
2. Apprentissage du vocabulaire chez l'enfant avec et sans troubles 84
Partie 4. Questions de recherche 86

Partie expérimentale **88**
Méthodologie ***91***
Participants 91
1. Recrutement des patients 91
2. Recrutement des témoins 93
3. Appariement des participants 94
Matériel 95
1. Construction des stimuli auditifs 95
- *Mots (RMP et MCT)* *95*
- *Non-mots (condition suppression auditive de la tâche de MCT)* *96*
2. Construction des stimuli visuels (images de RMP et MCT) 97
3. Appareil 98
Procédures 99
1. Calibration 99
2. Tâche de reconnaissance de mots parlés (RMP) 99
3. Tâche de mémoire à court terme (MCT) 100
Recueil de données 100
1. Régions d'intérêt 101
2. Fenêtres temporelles d'intérêt 101
Analyses statistiques 101
Chapitre 1. Adaptation du paradigme du monde visuel à deux images ***103***
Introduction 103
Etude 1. Activation lexicale et reconnaissance de mots parlés 105
1. Hypothèse A : Activation lexicale 106
2. Hypothèse B : Biais phonologique 106
Méthode 107
Participants *107*
Procédure *108*
Recueil de données *109*
Résultats 110
1. Activation lexicale (condition cible vs non relié) *110*
2. Compétition phonologique *111*
2.1. Similarité phonologique (condition cible vs relié) *111*
2.2. Sensibilité phonologique (condition relié vs non relié) *112*
Analyse 2 115
1. Activation lexicale (condition cible vs non relié) *116*
2. Compétition phonologique *117*
2.1. Similarité phonologique (condition cible vs relié) *117*
2.2. Sensibilité phonologique (condition relié vs non relié) *119*
Discussion 121
Etude 2. Tâche de mémoire à court terme 123
Etude 2.A. Mémorisation verbale chez les enfants avec TSLO durant un délai de rétention de 2100 ms 123
Méthode 123
Participants *123*
Procédure *124*
Résultats 125

1. Condition de délai silencieux *125*
2. Condition de suppression auditive (3 non-mots) *126*
Etude 2.B. Modification des paramètres expérimentaux, rétention durant un délai de 1400 ms 128
Méthode 129
Participants *129*
Procédure *131*
Résultats 131
1. Condition de délai silencieux *131*
2. Condition de suppression auditive (2 non-mots) *132*
Discussion 134
Discussion 136
Chapitre 2. Paradigme du monde visuel à quatre images ***138***
Etude 1. Reconnaissance de mots parlés 139
Etude 1.A. Reconnaissance de mots parlés via le paradigme à 4 images chez les enfants avec et sans TSLO, de 5 et 6 ans 139
Méthode 139
Participants *139*
Procédure *141*
Recueil et traitement des données *142*
Résultats 142
1. Résultats des données brutes *143*
2. Résultats des données détaillées et transformées de la tâche de RMP (TimeBin) *145*
Etude 1.B. Comparaison des enfants avec TSLO en fonction de l'âge : 5, 6 et 7 ans. 148
1. Résultats des données brutes (durées) *148*
2. Résultats des données détaillées et transformées de la tâche de RMP (TimeBin) *149*
Etude 2. Mémorisation à court terme 4 images durant un long délai (3NM) 152
Etude 2.A. Nouvelle évaluation de la MCT avec la méthode à 4 images 152
Méthode 152
Participants *152*
Procédure *153*
Résultats 154
1. Condition de délai silencieux *154*
1.1. Résultats des données brutes (durées) *154*
1.2. Résultats des données transformées (Timebin) *155*
2. Condition de suppression auditive (3 non-mots) *157*
2.1. Résultats des données brutes (durées) *157*
2.2. Résultats des données transformées (Timebin) *158*
Etude 2.B. Comparaison des trois groupes d'enfants avec TSLO selon leur âge : 5, 6 et 7 ans. 161
Condition de suppression auditive 162
1. Résultats des données brutes (durées) *162*
2. Résultats des données transformées (Timebin) *162*
Discussion 165
Discussion des chapitres 1 et 2 168
1. Déficit d'encodage initial des informations dans les TSLO 168
1.1. Accès au lexique (hypothèse A) 168
1.2. Compétition phonologique en RMP (Hypothèse B) 170
2. Déficit en MCT chez les TSLO 171
2.1. Maintien des informations au sein de la boucle phonologique 171

2.2. Interférence auditive en MCT 172
2.3. Effet du discours non pertinent 174
Chapitre 3. Fast mapping et monde visuel ***177***
Introduction 177
Hypothèses générales 179
Méthode 180
Participants *180*
Matériel *182*
Stimuli verbaux *182*
Stimuli visuels *183*
Procédures *184*
1. Déroulement général *184*
2. Fast mapping *184*
3. Evaluation du fast mapping *186*
3.1. Procédure en oculométrie *186*
3.2. Epreuve de décision lexicale *187*
Recueil de données oculométriques 188
Résultats à l'épreuve de décision lexicale 189
1. Comparaison des performances pour les mots familiers *190*
2. Comparaison des performances pour les mots nouveaux *190*
3. Etude des corrélations *192*
Etude 1. 195
Résultats 196
Discussion 200
Etude 2. 202
Résultats 203
Discussion 208
Etude 3. 210
Résultats 211
Discussion 216
Etude 4. 218
Résultats 218
Discussion 225
Discussion du chapitre 3 227
1. Liens entre le déficit en MCT et l'apprentissage des mots nouveaux 227
2. Effet de l'âge et évolution des capacités chez les enfants avec TSLO 229
3. Vitesse d'accès aux nouvelles représentations 230
4. Effet des conditions d'apprentissage 231
5. Qualité des représentations phonologiques 233
Partie conclusive **236**
Partie 1. Parler ou ne pas parler ? 238
1. Apports et contributions de la méthodologie à la compréhension des TSLO 238
1.1. Reconnaissance de mots connus et de mots appris *238*
1.2. Les mouvements oculaires révèlent-ils les capacités de MCT ? *240*
2. Limites méthodologiques et perspectives de recherches 242
2.1. Mémoire à court terme ou focalisation attentionnelle ? *242*
2.2. Fast mapping : Sélection du référent ou acquisition du concept ? *243*

3. Trouver un indicateur oculométrique 245
Partie 2. Choix des participants, appariement et profils langagiers 247
1. Appariement selon l'âge lexical ou l'âge chronologique 247
2. Profils d'atteintes langagières et perspective développementale 248
Conclusion 250
Bibliographie **251**
Annexes **276**

Abréviations

AoA : age of acquisition

CMS : children’s memory scale

CPP : comité de protection des personnes

DSM : diagnostic and statistical manual of mental disorders

EEG : électroencéphalographie

ICD-10 : international classification of diseases 10th revision

IRM : imagerie par résonance magnétique

M : moyenne

MCT : mémoire à court terme

MLT : mémoire à long terme

PM-47 : Raven's coloured progressive matrices

PMV : paradigme du monde visuel

RC : répétition de chiffres

RMP : reconnaissance de mots parlés

RNM : répétition de non-mots

RP : répétition de phrases

RSI : rappel sériel immédiat

SD : standard deviation

SOB : serial order in a box

SPSS : statistical package for the social sciences

TBRS : time-based resource sharing

TSLO : troubles spécifiques du langage oral

WISC : Wechsler Intelligence scale for children

WPPSI : Wechsler preschool and primary scale of Intelligence

Liste des encadrés

Encadré 1. Evolution des terminologies, critères d'exclusion versus critères d'inclusion. 25

Encadré 2. Résumé des effets en fonction de l'âge et processus mis en jeu en mémoire à court terme. 56

Encadré 3. Paradigme du monde visuel et tâche de reconnaissance de mots parlés. 72

Encadré 4. Procédure d'apprentissage de nouveaux mots et appariement rapide. 79

Encadré 5. Hypothèses générales des chapitres 1 et 2, partie expérimentale. 138

Liste des figures

Figure 1. Illustration du modèle TBRS, tiré de Barrouillet et Camos, 2015 44

Figure 2. Illustration du modèle d'apprentissage de mots intégrant la mémoire à court terme (Gupta, & MacWhinney, 1997) 52

Figure 3. Illustration du dispositif expérimental, l'enfant est placé devant l'oculomètre RED-120. 98

Figure 4. Procédure utilisée pour chaque essai de l'expérience. L'affichage présente la condition de similarité phonologique avec l'objet cible (e.g. vase) et le compétiteur (e.g. vache). Le mot cible est présenté après 2000 ms de pré-visualisation. 109

Figure 5. Durées de fixation totales entre 200 et 2000 ms de visualisation, sur les deux types d'images pour chaque condition de la tâche de reconnaissance de mots parlés. 113

Figure 6. Durées de fixation totales entre 200 et 2000 ms de visualisation pour chaque condition de la tâche de reconnaissance de mots parlés, analyse 2. 120

Figure 7. Procédure utilisée pour chaque essai de la tâche de MCT. Le mot cible suivi du délai (silencieux ou composé de non-mots) est présenté auditivement dans un premier temps, puis l'affichage montre l'objet cible (e.g. vase) et le distracteur neutre (e.g. four). 125

Figure 8. Durées de fixation totales entre 0 et 2000 ms de visualisation pour les conditions de délai silencieux et de suppression auditive. 126

Figure 9. Durées de fixation totales entre 0 et 2000 ms de visualisation, pour les conditions de délai silencieux et de suppression auditive. 133

Figure 10. Procédure utilisée pour chaque essai de l'expérience RMP. L'affichage présente l'objet cible (e.g. vase) et le compétiteur (e.g. vache), ainsi que de images non reliées (e.g. four, cube). Le mot cible est présenté après 2000 ms de pré-visualisation. 141

Figure 11. Durées de fixation pour chaque fenêtre d'analyse temporelle à la tâche de RMP. 144

Figure 12. Proportions de fixations en fonction du temps sur les différents types d'images, pour chaque groupe de participants à la tâche de reconnaissance de mots parlés. Les barres d'erreurs indiquent +/- un écart type. 146

Figure 13. Procédure utilisée pour chaque essai de la tâche de MCT. Le mot cible suivi du délai (silencieux ou composé de 3 non-mots) est présenté auditivement dans un premier temps, puis l'affichage montre l'objet cible (e.g. vase), le compétiteur (e.g. vache), et les distracteurs non reliés (e.g. four, cube). 154

Figure 14. Proportions de fixations en fonction du décours temporel à la tâche de mémoire à court terme en condition de délai silencieux. 156

Figure 15. Durées de fixation totales entre 0 et 2000 ms de visualisation à la tâche de reconnaissance de mots parlés pour les conditions de délai silencieux et de suppression auditive. 157

Figure 16. Proportions de fixations en fonction du décours temporel à la tâche de MCT en condition de suppression auditive. 159

Figure 17. Durées de fixation totales pour les deux fenêtres de visualisation, en condition de suppression auditive de la tâche de MCT. 162

Figure 18. Durées de fixation totales entre 200 et 1000 ms de visualisation, sur les différents types d'images pour l'étude 1. 196

Figure 19. Proportions de fixations en fonction du décours temporel pour les différents groupes de participants, en fonction de la condition d'apprentissage, lexical (à gauche) et enrichi (à droite), étude 1. 199

Figure 20. Durées de fixation entre 200 ms et 1000 ms de visualisation en fonction de la condition d'apprentissage (lexical vs enrichi), étude 2. 204

Figure 21. Proportions de fixations en fonction du décours temporel pour les différents groupes de participants, en fonction de la condition d'apprentissage, lexical (à gauche) et enrichi (à droite), étude 2. 207

Figure 22. Durées de fixation entre 200 ms et 1000 ms sur les différents types d'image pour les trois groupes de participants (étude 3). 211

Figure 23. Proportions de fixations en fonction du décours temporel pour les différents groupes de participants, en fonction de la condition d'apprentissage, lexical (à gauche) et enrichi (à droite), étude 3. 215

Figure 24. Durées de fixation entre 200 ms et 1000 ms sur les différents types d'image, pour les six groupes de participants (étude 4). 219

Figure 25. Proportions de fixations en fonction du décours temporel pour les différents groupes de participants, en fonction de la condition d'apprentissage, lexical (à gauche) et enrichi (à droite), étude 4. 224

Liste des tableaux

Tableau 1. Résumé des études menées dans le cadre de cette thèse (Reconnaissance de mots parlés, RMP; Mémorisation à court terme, MCT; Apprentissage de nouveaux mots : Fast Mapping). 89

Tableau 2. Caractéristiques intellectuelles, lexicales et mnésiques des participants des deux groupes (N = 99) et comparaisons des moyennes avec le test de Student. 108

Tableau 3. Proportions de temps passé sur la cible dans chaque condition et pour chaque groupe de participants et comparaisons de proportions à l'aide du test du χ2 : temps passés sur la cible (valeurs théoriques) [χ2 pour chaque cellule]. 113

Tableau 4. Caractéristiques intellectuelles, lexicales et mnésiques des 99 participants en quatre groupes répartis selon leur âge lexical de 5 ans (AL5) et de 7 ans (AL7). 115

Tableau 5. Comparaisons des performances des groupes TD et TSLO pour l'appariement 1 (AL5) et l'appariement 2 (AL7). 116

Tableau 6. Caractéristiques intellectuelles, lexicales et mnésiques des 43 participants pour les deux groupes pour la tâche de MCT (délai long) et comparaisons des performances avec le test de Student. 124

Tableau 7. Caractéristiques intellectuelles, lexicales et mnésiques des 56 participants répartis en trois groupes pour l'épreuve de MCT (délai court). 130

Tableau 8. Différences entre les groupes de participants pour l'appariement lexical et comparaisons des performances pour les groupes non appariés. 130

Tableau 9. Comparaisons des pourcentages de temps passé sur la cible entre les groupes et selon les conditions pour la tâche de MCT : temps passé sur la cible (valeurs théoriques) [χ2 pour chaque cellule]. 134

Tableau 10. Caractéristiques intellectuelles, lexicales et mnésiques des 92 participants répartis en quatre groupes pour la tâche de RMP. 140

Tableau 11. Comparaisons des performances obtenues par les participants TD et TSLO en fonction de leur âge, 5 ans et 6 ans. 141

Tableau 12. Résumé des points de divergences entre les proportions sur la cible et les distracteurs pour chaque groupe à la tâche de RMP. 147

Tableau 13. Résumé des points de divergences entre les proportions sur la cible et les distracteurs pour chaque groupe TSLO à la tâche de RMP. 150

Tableau 14. Caractéristiques intellectuelles, lexicales et mnésiques des 95 participants répartis en fonction de la pathologie et de l'âge, 5 et 6 ans. 152

Tableau 15. Comparaisons des performances en fonction des appariements avec le test de Student. 153

Tableau 16. Résumé des points de divergences entre les proportions sur la cible et les distracteurs pour chaque groupe dans la condition de délai silencieux. 156

Tableau 17. Résumé des points de divergences entre les proportions sur la cible et les distracteurs pour chaque groupe dans la condition de suppression auditive. 160

Tableau 18. Caractéristiques intellectuelles, lexicales et mnésiques des participants des trois groupes TSLO. 161

Tableau 19. Résumé des points de divergences entre les proportions sur la cible et les distracteurs pour chaque groupe dans la condition de suppression auditive. 163

Tableau 20. Caractéristiques intellectuelles, lexicales et mnésiques des 80 participants des trois groupes. 181

Tableau 21. Comparaison des moyennes en fonction des différents appariements, selon l'âge chronologique (AC) et l'âge lexical (AL) à l'aide du test de Student. 182

Tableau 22. Présentation des mots à apprendre, de l'enrichissement sémantique et des compétiteurs phonologiques et sémantiques. 185

Tableau 23. Résumé des études menées pour le fast mapping. 188

Tableau 24. Résumé des performances à la tâche de décision lexicale pour les différents groupes de participants : Reconnaissances Correctes (RC), Fausses Reconnaissances (FR), scores de discrimination pour chaque groupe (d') et score total. 191

Tableau 25. Comparaisons des moyennes à la tâche de décision lexicale pour le nombre de Reconnaissances Correctes (RC), Fausses Reconnaissances (FR), score total et scores de discrimination (d'). 192

Liste des annexes

Annexe 1. Banque d'images utilisées pour les différentes études. 277

Annexe 2. Caractéristiques du matériel verbal pour les chapitres 1 et 2 (items 1 & 2) et pour le chapitre 3 (items 3). 281

Annexe 3. Questionnaire de développement fourni aux parents des participants. 284

Annexe 4. Protocole du test de répétitions de phrases. 285

Annexe 5. Protocole du test de répétitions de chiffres. 286

Annexe 6. Protocole du test de répétitions de non-mots. 287

Annexe 7. Protocole du test de décision lexicale pour le chapitre 3. 288

Annexe 8. Matrices de corrélations pour chaque groupe de participants, chapitre 3. 289

Introduction générale

Le trouble développemental du langage oral est défini par le retard d'acquisition du langage chez des enfants à l'acuité auditive efficiente et au fonctionnement intellectuel non verbal normal. La diversité des atteintes langagières touchant le versant expressif et/ou le versant réceptif entraîne une hétérogénéité symptomatologique (Leonard, 2014) regroupée sous le terme de « troubles spécifiques du langage oral » (TSLO). Les habiletés phonologiques, lexicales, morphosyntaxiques et sémantico-pragmatiques font l'objet d'examens approfondis à l'aide de tests standardisés, visant à déterminer l'ampleur du décalage, comparativement à une population référente. Le diagnostic de TSLO posé à partir de 4 ans, nécessite toutefois un suivi longitudinal et des examens comparatifs pour préciser l'évolution du profil cognitif et langagier de l'enfant. Deux types d'évolution sont en effet mis en exergue après 6 ans : soit les troubles se résorbent et le retard de parole et de langage est rétabli à l'aide de la rééducation orthophonique, soit le décalage persiste et les troubles perdurent malgré une prise en charge intensive.

Depuis plusieurs décennies, l'origine des TSLO est sujette à débat et de nombreuses hypothèses linguistiques ou non-linguistiques tentent d'expliquer cette pathologie complexe. L'enjeu des investigations repose également sur l'identification des marqueurs cliniques prédictifs de l'évolution des TSLO. Notre intérêt se porte particulièrement sur l'hypothèse des déficits mnésiques et l'épreuve de répétition de syllabes sans signification (non-mots), qui permet d'évaluer les capacités de mémoire à court terme phonologique. Une particularité des enfants souffrant de TSLO est l'incapacité prononcée à répéter des non-mots (Archibald, & Gathercole, 2007), attribuant à la tâche un pouvoir discriminant important pour les différencier des enfants présentant un développement normal (Bishop, North, & Donlan, 1996). De plus, une large littérature a démontré le lien étroit entre la mémoire à court terme verbale et l'acquisition du langage, les capacités de compréhension et la taille du vocabulaire (Hulme, & Roodenrys, 1995; Kidd, 2013). En effet, la mémoire à court terme phonologique joue un rôle prépondérant dans l'acquisition et l'accroissement du vocabulaire chez le jeune enfant, principalement à travers le fonctionnement de la boucle phonologique (Majerus, Poncelet, Greffe, & Van der Linden, 2006). Les modalités d'évaluation des processus mnésiques et d'acquisition lexicale classiquement retrouvées dans la littérature sont remises en question dans ce travail car elles

sollicitent de nombreux mécanismes susceptibles d'être altérés dans les TSLO. L'utilisation d'un paradigme novateur tel que le paradigme du monde visuel (Tanenhaus Spivey-Knowlton, Eberhard, & Sedivy, 1996) permet le recueil des mouvements oculaires dans les régions d'intérêt (i.e. objets présentés à l'écran) et l'analyse des réactions temporelles des enfants consécutivement à diverses stimulations verbales. Le point de départ de ce travail de thèse est de déterminer si cet outil est pertinent pour l'étude des capacités de mémorisation verbale et d'apprentissage de nouveaux mots auprès d'enfants avec TSLO âgés de 3 à 8 ans.

La partie théorique est divisée en quatre chapitres. Le premier détaille le développement pathologique du langage, les critères diagnostiques des TSLO et les hypothèses étiologiques existantes à ce jour. Le second chapitre expose les différentes propriétés de la mémoire à court terme (MCT) dans une approche développementale, et son rôle dans l'acquisition du vocabulaire. Le troisième chapitre est dédié spécifiquement aux déficits de MCT et d'apprentissage lexical dans les TSLO. Les principales techniques d'évaluation de la MCT et les biais qu'elles entraînent sont détaillés dans le quatrième chapitre. Les paradigmes expérimentaux de reconnaissance de mots parlés via l'oculométrie d'une part, et d'apprentissage de nouveaux mots d'autre part, sont également présentés dans ce chapitre. Une dernière section dresse nos questions de recherche.

La partie expérimentale expose dans un premier temps la méthodologie des études menées pour l'analyse des capacités de traitement lexical et de rétention à court terme de mots familiers. Le paradigme du monde visuel a été adapté dans un premier temps, avec un affichage visuel de deux images. Dans un second temps, les paramètres ont été modifiés et quatre images ont été affichées. Les résultats de ces études sont discutés au regard de nos objectifs et hypothèses de thèse. Le chapitre suivant présente nos quatre dernières études, qui visaient à explorer les processus d'acquisition de nouveaux mots dans les TSLO et dont les résultats font également l'objet d'une discussion.

Une conclusion générale de nos travaux est proposée dans la troisième partie. Les contributions de nos études à la compréhension des TSLO sont discutées au vu des bénéfices et des limites de la méthodologie utilisée. Cette dernière partie présente enfin quelques perspectives de recherche.

Partie théorique

Chapitre 1. Développement pathologique du langage : TSLO

Les difficultés d'acquisition du langage chez le jeune enfant sont potentiellement le signe de pathologies développementales telles que des troubles du spectre autistique, une surdité ou un retard global des acquisitions (pour une revue, voir Conti-Ramsden, & Durkin, 2012). Lorsque ces difficultés ne sont pas intégrées dans une de ces pathologies, le syndrome de TSLO constitue le principal diagnostic différentiel. Ce chapitre vise à rappeler les symptômes alertant au sujet d'une acquisition anormale du langage oral, en précisant également les critères diagnostiques en fonction des classifications internationales. L'encadré 1 résume l'évolution des terminologies et des critères diagnostiques retenus en fonction des classifications utilisées. La détection précoce des troubles langagiers et la recherche des facteurs prédictifs apparaît nécessaire pour anticiper l'évolution des TSLO et proposer une prise en charge adaptée à l'enfant en fonction de la symptomatologie. De nombreuses hypothèses concernant l'origine des difficultés d'acquisition du langage ont été formulées, selon une conception linguistique d'une part, centrées sur l'analyse des processus mnésiques et attentionnels d'autre part.

Partie 1. Du retard d'acquisition au trouble (spécifique) du langage oral

Un retard dans l'installation du langage est pointé à partir de 18 mois environ et particulièrement à 2 ans, lorsque l'enfant possède moins de 50 mots dans son vocabulaire expressif. Un second signe d'appel est l'absence d'association de deux mots chez ces enfants parlant tardivement (Ellis, Botovsky, Elman, & Evans, 2015). L'absence de babillage et l'apparition tardive des premiers mots sont fréquemment retrouvées dans les signes précurseurs d'un développement tardif du langage. Les retentissements scolaires, relationnels et familiaux des troubles langagiers sont recherchés à un âge préscolaire, et déterminent selon le critère C du *Diagnostic and statistical manual of mental disorders* (DSM, 5ème édition, 2013), les manifestations précoces des troubles spécifiques du langage à partir desquelles le diagnostic peut être établi. Dans ce travail, l'âge convenu à partir duquel le diagnostic de TSLO est posé est 4 ans, en considérant les critères d'exclusion détaillés dans l'encadré 1. Les performances de l'enfant aux tests standardisés doivent en outre être significativement inférieures à celles attendues à l'âge chronologique de l'enfant.

Plusieurs points nous empêchent de réaliser des comparaisons directes entre les résultats des études anglophones et ceux retrouvés dans la population française. Dans un premier temps, les tests standardisés utilisés pour l'évaluation du langage oral diffèrent, de même que l'utilisation des notes composites. Contrairement aux professionnels américains et anglais, les orthophonistes français et belges ne disposent pas de batteries globales permettant la comparaison des compétences par domaine (réceptif et expressif, en phonologie, lexique, morphosyntaxe et récit). Par ailleurs, le seuil de significativité à partir duquel le déficit est avéré varie entre 1 et 2 déviations standards (SD pour *standard déviation* en anglais) selon les outils utilisés dans les études, les champs d'investigation (clinique ou recherche) et la nationalité de la population. La dixième version de la classification internationale des pathologies (ICD-10 pour *International Classification of Diseases-10* en anglais) proposait que les difficultés langagières soient considérées lorsque les scores se trouvaient en deçà de 2 SD de la moyenne de la population référente (équivalent au centile 2), avec des compétences verbales situées à 1 SD des compétences cognitives non verbales. Conti-Ramsden, Botting et Farragher (2001) proposaient un seuil de significativité identifiant les TSLO de -1 SD (centile 16), tandis qu'un grand nombre de chercheurs utilisaient le critère fourni dans la définition de Tomblin et collaborateurs (1997) : -1,25 SD (centile 10). Ce débat concerne cependant l'utilisation des tests anglo-saxons. En France, la fiabilité psychométrique des tests orthophoniques est remise en question et empêche en conséquence toutes comparaisons.

Les TSLO sont caractérisés par le type d'évolution des troubles, soit le profil évolue vers la résorption, soit vers la persistance des déficits. Le TSLO transitoire se résorbe avec le temps grâce à la prise en charge qui consiste principalement à proposer une rééducation orthophonique. Toutefois, le caractère transitoire est relativisé à travers les données des études longitudinales. La récupération des troubles est dite illusoire (Mazeau, & Pouhet, 2014) lorsqu'ils sont encore observés à l'adolescence ou à l'âge adulte, sous forme de séquelles de retard de parole et de langage ou encore de déficits spécifiques (Conti-Ramsden, & Durkin, 2012; Johnson et al., 1999; Rice, 2013).

Encadré 1

Evolution des terminologies

Les troubles de parole et de langage étaient initialement décrits au sein des troubles spécifiques du développement du DSM-III-R, en trois sous-groupes : trouble articulatoire, du langage expressif et du langage réceptif. Cinq syndromes ont également été définis en fonction du domaine altéré : dysphasie phonologico-syntaxique, le trouble de la production phonologique ou la dysphasie kinesthésique afférente (purement expressive), la dysphasie réceptive, la dysphasie lexico-syntaxique ou mnésique et la dysphasie sémantico-pragmatique. L'agnosie auditive était également un sous-groupe dans la classification de Rapin et Allen (1983). Les études longitudinales ont néanmoins montré que les enfants changeaient fréquemment de groupe au cours de leur développement (Conti-Ramsden, & Botting, 1999; Botting, & Conti-Ramsden, 2004). Le trouble de parole appelé trouble phonologique dans le DSM-IV-TR et trouble phonético-phonologique (TPP) dans le DSM-5, est distinct du trouble de langage. L'altération de la production phonologique, parfois appelée dyspraxie verbale, prend son origine dans la sphère practo-motrice. Toutefois, les comorbidités avec les troubles langagiers restent importantes (Leonard, 2014). Une multitude d'appellations telles que l'aphasie développementale ou le langage déviant, a été retrouvée entre 1822 et 1891 (pour une revue, Reilly et al., 2014). Le terme de **Troubles Spécifiques du Langage** (Leonard, 1981), reconnu par la ICD-10 et le DSM-IV-TR puis défini cliniquement (Tomblin et al., 1997), a permis de regrouper l'ensemble des profils sous une même terminologie. A travers les notions centrales de persistance et de sévérité des troubles, se distinguaient les retards de langage se résorbant avec la rééducation, des troubles anciennement dénommés dysphasies, perdurant après l'âge de 6 ans. Entre le retard et la dysphasie existait donc un continuum lié à la présence de critères précoces de gravité (Montfort et al., 2013) tel que les troubles de compréhension.

Récemment dans le DSM-5 (traduction française parue en 2015), trois catégories sont décrites dans la rubrique 'Trouble de la communication' du chapitre des troubles neuro-développementaux : 1) le trouble langagier, 2) le troubles des sons de la parole et 3) le trouble de communication sociale. Ce type de classification se rapproche de la conception de Bishop, qui distinguait également les troubles selon trois atteintes différentes : du langage, de la parole, ou de la communication. L'auteur a émis des critiques à propos du DSM-5 (cf. revue de Bishop, 2014) en proposant de conserver le terme spécifique dans un sens idiopathique, plus qu'en termes de trouble exclusif.

Critères d'exclusion versus critères d'inclusion

Le diagnostic de TSLO est majoritairement posé par exclusion, toutefois les groupes de participants souffrant de la pathologie ne respectent pas systématiquement les critères d'exclusion des manuels. Cela rend fastidieuse la comparaison des résultats provenant des différentes études. Selon ces critères, les troubles des enfants concernés ne peuvent être expliqués par un retard intellectuel, une déficience auditive, un désordre émotionnel ou psycho-affectif, une carence ou encore une lésion neurologique. L'absence de déficit oro-moteur est ajoutée dans la définition de Leonard (1998; Tomblin et al., 1997). Dans certaines études, les critères d'exclusion retenus sont la perte auditive ou le trouble physique majeur, le diagnostic d'autisme et les difficultés d'apprentissage modérées (Conti-Ramsden, Botting, & Faragher, 2001).

La revue de Reilly, Bishop et Tomblin (2014) remet en question les critères d'exclusion des manuels de diagnostic et recommande l'utilisation de critères d'inclusion ainsi que la terminologie Trouble du langage oral (*language impairment* en anglais) au détriment de TSLO. La spécificité étant en effet basée sur les conditions excluant le contexte de bilinguisme (i.e. aucune norme adaptée à cette population), de carences sociales et éducatives et de troubles neurologiques, elle apparaît peu adaptée à la pratique clinique. Toutefois la littérature anglo-saxone (Reilly et al., 2014) utilise principalement les scores obtenus à leurs tests comme critères d'inclusion et nos épreuves francophones ne sont pas construites selon le modèle anglo-saxon. Une estimation précise de la prévalence des TSLO dans la population dépendra des critères adoptés (Bishop, Carlyon, Deeks, & Bishop, 1999b), elle est a priori comprise entre 3 et 7 % à 5 ans, pour un sex-ratio d'approximativement 3:1 (Tomblin et al., 1997; Leonard, 1998).

Pour cette étude, nous avons souhaité concilier les approches en privilégiant la notion de **recherche clinique** au détriment de la dichotomie recherche fondamentale versus pratique clinique. La constitution des groupes de participants a été effectuée malgré l'hétérogénéité des profils des TSLO.

Un profil langagier spécifique permet-il de prédire une meilleure évolution ? Différentes caractéristiques se distinguent au sein du profil langagier, laissant supposer la sévérité du trouble : la présence d'un trouble de discrimination phonologique, d'un déficit de compréhension lexicale ou syntaxique, ou encore d'un agrammatisme important avant l'âge de 5 - 6 ans comme critère de sévérité. Les troubles phonologiques en l'absence de troubles praxiques se résorberaient plus facilement, notamment lorsque le discours des enfants est intelligible (pour une revue, voir Conti-Ramsden, & Durkin, 2012), tandis qu'un trouble de compréhension orale constitue un risque de persistance des difficultés langagières. Les enfants avec des troubles expressifs et une compréhension préservée auraient un meilleur pronostic d'évolution comparativement aux enfants qui souffrent de troubles en réception. Si les capacités de compréhension sont correctes à trois ans, le trouble a davantage de chance d'être résorbé à quatre ans et demi (La Paro, Justice, Skibbe, & Pianta, 2003). Les troubles dans le domaine syntaxique et narratif ont un poids plus important dans le pronostic que les troubles articulatoires (voir Botting, Faragher, Simkin, Knox, & Conti-Ramsden, 2001, pour une étude longitudinale de participants entre 7 et 11 ans) ou le trouble phonologique (Bishop, & Edmundson, 1987). Toutefois, il convient de ne pas négliger les déficits phonologiques des TSLO, notamment dans une perspective évolutive, la composante phonologique étant nécessaire à la lecture, l'orthographe et la compréhension écrite (Macchi, Schelstraete, & Casalis, 2014). En outre, les profils d'atteintes langagières évoluent au fil du développement et changent parfois de catégories (réceptif, expressif) dans les suivis longitudinaux (45% entre 7 et 8 ans : Conti-Ramsden et al., 1999; Botting, & Conti-Ramsden, 2004).

Les études longitudinales nous informent relativement peu au sujet de la proportion d'enfants dont les troubles se sont résorbés avec le temps et la rééducation. En revanche, la persistance des déficits langagiers à l'adolescence puis à l'âge adulte a été étudiée chez des enfants ayant parlé tardivement, identifiés à 18 et 24 mois (Rescorla, & Achenbach, 2002; Rescorla, 2005; Rescorla, 2009): il est néanmoins regrettable que les effectifs du groupe ayant fait l'objet des analyses longitudinales soient si faibles (< 30). Parmi les enfants dont le retard a été constaté vers 18 et 24 mois, environ un quart auraient un déficit langagier à 6 ans (Ellis et al., 2015). Un échantillon nettement plus important a été étudié par Dale, Price, Bishop et Plomin (2003) ; en suivant une cohorte de jumeaux de leurs 2 ans à leurs 4 ans, ils ont observé une persistance des troubles pour

environ 40% d'entre eux à 4 ans. Ces auteurs ont néanmoins démontré que la sévérité du déficit à l'âge de 2 ans n'était pas directement relié à la probabilité de persistance. Le critère de référence était déterminé à partir de trois mesures des capacités langagières (vocabulaire, grammaire et langage abstrait) en expression (centile 10 à 2 ans, centile 15 à 3 et 4 ans). Aucune indication sur les capacités de mémoire de ces enfants n'a été fournie (Dale et al., 2003). La même année, Tomblin et ses collaborateurs démontraient, parmi 180 enfants diagnostiqués entre 5 et 6 ans, la persistance des TSLO chez 116 d'entre eux à l'âge de 8 et 9 ans (Tomblin, Zhang, Buckwalter, & O'brien, 2003). Bishop et Edmundson (1987) retrouvaient 37% des enfants de 4 ans (87 enfants) dont les performances étaient normalisées à 5;6 ans. Les habiletés sémantiques expressives (e.g. raconter un événement) avaient plus de poids dans le pronostic individuel.

Dans ces recherches, les effets des rééducations orthophoniques sont peu contrôlés malgré leur rôle indispensable dans l'ensemble de la prise en charge et leur bénéfice concernant le processus de résorption des difficultés. Les études longitudinales ont axé leurs recherches sur l'influence des variables environnementales et des facteurs familiaux tels que les caractéristiques maternelles et celles de l'enfant ainsi que la catégorie socio-économique des familles. Les antécédents de dépression et la sensibilité de la mère constituent des facteurs non négligeables dans l'évolution des troubles de l'enfant, en lien avec la qualité des interactions mère-enfant. La disponibilité de la mère et le soutien qu'elle peut apporter à son enfant, tout en respectant son autonomie, a vraisemblablement une influence sur le comportement de l'enfant. De plus, les antécédents médicaux comme les otites sont également retenus comme un facteur influençant l'évolution des difficultés.

Des marqueurs de risque de persistance des troubles sont donc recherchés afin de prédire l'évolution du trouble langagier, le trouble phonologique n'en faisant pas partie. Les marqueurs, qui peuvent représenter un symptôme évident du trouble ou être considérés comme une cause (Conti-Ramsden, & Hesketh, 2003), sont de deux types : des marqueurs concernant le traitement des informations (répétition verbale et stockage à court terme) et des marqueurs linguistiques (utilisation des marques du pluriel et marques morphologiques flexionnelles de temps). En France, les six marqueurs proposés par Gérard en 1993 ont longtemps été recherchés en routine clinique, sur un

plan quantitatif mais également dans la qualité du discours de l'enfant. Il s'agissait des troubles d'évocation lexicale, d'encodage syntaxique, de compréhension verbale, d'informativité, de l'hypospontanéité et de la dissociation automatico-volontaire. Actuellement, une analyse approfondie de la composante phonologique est réalisée : l'inconstance des erreurs dans le discours de l'enfant ou aux épreuves évaluant le versant expressif du langage est recherchée, notamment si les transformations phonologiques s'apparentent à des complexifications (ajouts de phonèmes) plutôt qu'à des simplifications (élisions de phonèmes). A un niveau plus complexe, les déviances syntaxiques correspondant au défaut d'utilisation des morphèmes grammaticaux (notamment des pronoms clitiques) voire à un agrammatisme complet, constituent également un marqueur de sévérité recherché.

Sur le plan lexical, le trouble d'évocation ou manque du mot (Bragard, & Schelstraete, 2006) se distingue d'un trouble lié à un stock lexical réduit. Cliniquement, le trouble d'évocation peut se présenter sous différentes formes lorsque l'enfant est en difficulté pour récupérer l'étiquette lexicale correspondant à l'image qu'il a pourtant bien reconnue. Des paraphasies sémantiques (mots proches de l'étiquette cible car appartenant à la même catégorie sémantique) ou des paraphasies phonémiques (évocation proche phonologiquement de la cible) apparaissent aux épreuves de dénomination d'images ou de répétition de mots. Au sein du discours peuvent être constatés des temps de latence durant plusieurs secondes, reflétant une lenteur d'accès au lexique mental (ce ralentissement de la vitesse de traitement est remarqué uniquement dans la sphère langagière), alors que l'enfant fluent utilise davantage des périphrases afin d'expliquer sa pensée lorsqu'il ne parvient pas à accéder au mot cible.

Le trouble mnésique n'était initialement pas décrit sous cet intitulé dans les marqueurs de déviance permettant de confirmer le diagnostic. En 1975, Aram et Nation notaient cependant que la force de la répétition devait être analysée au même titre que les capacités de compréhension. Par la suite, les déficits à l'épreuve de répétition de non-mots (RNM), principale tâche évaluant les capacités de MCT phonologique et verbale, ont été décrits comme étant des marqueurs de persistance des TSLO (Bishop, North, & Donlan, 1996; Briscoe, & Rankin, 2009; Dollaghan, & Campbell, 1998; Gathercole, & Baddeley, 1990; Laws, & Bishop, 2004; Montgomery, & Evans, 2009; Nickisch, & von

Kries, 2009). Cette épreuve fait l'objet d'un intérêt particulier, notamment au vu de l'hypothèse étiologique du déficit mnésique dans les TSLO. L'intérêt et les limites de son utilisation sont précisées dans le quatrième chapitre.

L'étiologie des TSLO a longtemps été étudiée sur un plan cognitif. Récemment, l'investigation porte également sur les facteurs génétiques et les aspects électrophysiologiques. L'existence de troubles langagiers dans les syndromes génétiques comme l'anomalie 22q11 (Majerus, van der Kaa, Renard, Van der Linden, & Poncelet, 2005) est de mieux en mieux référencée grâce aux progrès de la science dans le domaine génétique. En parallèle, des études génétiques réalisées chez les enfants souffrant de TSLO ont répertorié des anomalies chromosomiques portant fréquemment sur les chromosomes 7, 16 et 19 (e.g. anomalies répertoriées 7q31, 16q24, 19q13, cf. Graham, Fisher, & Pfeifer, 2013). Le caractère héréditaire des troubles langagiers a également été largement étudié sur un plan longitudinal par l'équipe de Bishop, qui a recherché spécifiquement les marqueurs phénotypiques (Bishop et al., 1999; Bishop et al., 1996; Bishop, 1992). Les troubles langagiers étaient fréquemment retrouvés chez les jumeaux monozygotes et, dans une moindre mesure chez les jumeaux dizygotes. De plus, la prévalence est modulée en fonction des antécédents familiaux de troubles langagiers révélés à travers les études de cas familiaux : le risque de développer un TSLO est augmenté lorsque des troubles sont rapportés chez les parents, il l'est davantage lorsque des troubles sont présents dans la fratrie, particulièrement chez les jumeaux (Taylor, 2002).

Notre approche des troubles du langage ne se veut pas neuro-anatomique dans ce travail de recherche. L'analyse des substrats cérébraux et des facteurs génétiques fait néanmoins l'objet d'un intérêt certain en recherche clinique, comme le montre l'essor important des études dans ce domaine ces dernières années. En effet, grâce à la neuro-imagerie ont été mises en évidence chez certaines personnes porteuses de mutation génétique (e.g. FOXP2) et souffrant de troubles du langage, une moindre densité de substance grise dans le gyrus frontal inférieur - correspondant à l'aire de Broca - et une densité plus élevée dans l'aire de Wernicke du gyrus temporal postérieur supérieur (Bonneau, Verny, & Uze, 2004). Sur un plan neuro-anatomique, la spécialisation hémisphérique connue chez l'individu au développement typique (hémisphère gauche ou dominant activé pour le langage) n'est pas retrouvée systématiquement dans les études en imagerie par résonance magnétique (IRM)

fonctionnelle auprès d'enfants avec TSLO. Des arguments en faveur de l'absence d'asymétrie inter-hémisphérique et d'une hypo-activation des aires cérébrales dévolues au fonctionnement langagier ont été dévoilés chez des enfants âgés de 5;6 à 13 ans (Gauger, Lombardino, & Leonard, 1997).

L'analyse des potentiels évoqués auditifs (Bishop, Hardiman, Uwer, & von Suchodoletz, 2007) et des données électrophysiologiques chez des enfants souffrants de TSLO (Billard, Hassairi, & Delteil, 2010) ou chez des nourrissons présentant un haut risque de développer ces troubles (Friedrich, Weber, & Friederici, 2004) a mis en évidence certaines anomalies ou des réponses atypiques dans cette population. Toutefois, les données divergent en fonction des méthodes expérimentales et des profils d'atteintes langagières (expressives, réceptives, mixtes). Ce type d'examens ne constitue pas un diagnostic en soi mais l'étude des supports neuro-anatomiques montre notamment que la maturation des aires auditives postérieures, responsables de la mémoire et de la réception auditive, constitue un facteur spécifiquement critique à des stades précoces du développement du langage oral.

Dans la pratique clinique, les examens tels que l'électroencéphalographie (ou EEG), les potentiels évoqués auditifs, l'IRM ou les recherches génétiques sont réalisés au regard des facteurs de risque, notamment lorsque les troubles du langage oral stagnent sur le versant réceptif. Ils permettent ainsi d'écarter une cause organique aux désordres développementaux (e.g. épilepsie ou anomalies corticales) ou de préciser l'étiologie (Botting, & Conti-Ramsden, 2004).

Notre travail de recherche s'inscrit davantage dans la littérature concernant les hypothèses étiologiques d'ordre cognitif.

Partie 2. Mécanismes étiologiques et hypothèses à l'origine des déficits dans les TSLO

La pluralité des hypothèses tentant de spécifier l'origine des troubles spécifiques du langage oral s'explique en partie par la diversité des profils retrouvés dans les TSLO. Trois sous-groupes d'hypothèses (Gillam, Cowan, & Marler, 1998; Bishop, 1992) s'articulent dans une perspective

développementale autour 1/ des aspects purement linguistiques (e.g. l'hypothèse du déficit grammatical spécifique, van der Lely, 2004; van der Lely, Rosen, & Adlard, 2004), 2/ du traitement des informations touchant la perception auditive, la vitesse de traitement, les représentations phonologiques en mémoire (Gathercole, & Baddeley, 1990), le traitement temporel des informations linguistiques (Tallal, 1985), et 3/ des aspects conceptuels (stratégies d'apprentissages et développement conceptuel, e.g. Alt, Meyers, & Alt, 2013). Notre travail porte spécifiquement sur les deux derniers sous-groupes d'hypothèses, détaillées dans la suite du propos.

1. De la perception du son à la formation des représentations

1.1. Hypothèses perceptives

Initialement, les troubles du traitement temporel rapide[1] ont été décrits chez les enfants avec déficits langagiers, en modalité visuelle et auditive (Stark, & Tallal, 1981; Tallal, Stark, Kallman, & Mellits, 1981). Les troubles du traitement auditif se traduisent par l'incapacité à discriminer rapidement les indices auditifs, ne permettant pas à l'enfant de segmenter le signal linguistique. Les consonnes sont spécifiquement difficiles à percevoir et à discriminer ainsi que les voyelles raccourcies artificiellement (Tallal, & Piercy, 1974; Bishop et al., 1999b). Une étude longitudinale auprès d'enfants âgés entre 7 et 36 mois, dont des antécédents de TSLO existaient dans la famille, a mis en évidence l'existence de déficits du traitement acoustique bien avant l'acquisition du langage (Benasich, & Tallal, 2002).

Les hypothèses perceptives ont été formulées suite à la découverte de troubles des traitements auditifs élémentaires découverts par Tallal (1990, 1996) chez des enfants avec TSLO. Selon cette conception, l'origine des troubles du langage serait le déficit de traitement auditif central généralisé des stimuli acoustiques. Lors des évaluations orthophoniques, la tâche de discrimination phonologique est proposée aux enfants à vitesse normale ou à vitesse rapide (e.g. épreuve lilloise de discrimination phonologique créée par Macchi, Vansteene, Timmermans, & Boidein, 2013). Les enfants avec TSLO effectuent davantage d'erreurs de discrimination de sons si ces derniers sont présentés rapidement l'un après l'autre (i.e. pour un intervalle inter-stimuli court, inférieur à 300 ms) et

[1] i.e. l'incapacité à se représenter l'ordre temporel et séquentiel des événements linguistiques ou non linguistiques, notamment s'ils sont rapides.

si ces sons sont de courte durée (e.g. environ 75 ms) (Bishop et al., 1999b). Toutefois, la validité des tâches utilisées par Tallal a été remise en question par Bishop et al. (1999b) et des résultats similaires ont été retrouvés pour des séquences de sons différents des sons de la parole. De plus, cette faiblesse pourrait être liée à des difficultés d'origine attentionnelle pour le traitement séquentiel des informations ou encore à un ralentissement de la vitesse de traitement général (Kail, 1994). L'attention auditive est par ailleurs rarement contrôlée dans les études citées et les méthodes expérimentales sont fortement critiquées (Bailey, & Snowling, 2002).

1.2. Hypothèses phonologiques

Des hypothèses sont émises concernant l'existence de déficits à plusieurs niveaux du traitement des représentations phonologiques : lors de la construction de la représentation en mémoire et de la qualité de cette représentation d'une part et concernant la vitesse d'accès à cette représentation en mémoire d'autre part. Le déficit de discrimination phonologique fréquemment retrouvé dans les TSLO entraîne la formation de représentations phonologiques sous-spécifiées. De plus, l'absence d'explosion lexicale et le peu de vocabulaire de certains enfants avec TSLO entraînent un manque de spécialisation des connaissances lexicales (cf. modèle de restructuration lexicale, Metsala, & Walley, 1998). Ces représentations, davantage holistiques, ne permettraient pas aux enfants de distinguer des mots phonologiquement proches ou de détecter les modifications légères portant sur les phonèmes initiaux et finaux au cours de tâches de détection de mots mal prononcés, comparativement à des sujets contrôles du même âge lexical (Maillart, Schelstraete, & Hupet, 2004). Cependant, la qualité des représentations phonologiques élaborées peut être altérée en l'absence de trouble de discrimination phonologique et l'hypothèse d'un déficit d'élaboration des représentations phonologiques (Dollaghan, 1998) est alors distincte et indépendante de l'hypothèse perceptive. Une tâche créée par Claessen permet d'évaluer la qualité des représentations phonologiques (Claessen, Heath, Fletcher, Hogben, & Leitão, 2009), cette dernière consistant à un jugement de la production phonologique d'un mot à partir d'une image familière. A cette épreuve, les enfants avec TSLO âgés de 7;6 ans étaient moins performants que leurs pairs du même âge sans trouble langagier ou plus jeunes de deux ans et appariés sur le plan langagier (Claessen, & Leitão, 2012).

Au cours d'une tâche de dévoilement progressif des mots, les enfants avec TSLO auraient besoin d'une plus grande proportion de signal acoustique pour reconnaître des mots (non familiers). Ces résultats mis en évidence chez des participants âgés de 6 à 10 ans (Dollaghan, 1998) ont été remis en question par Mainela-Arnolds, Evans et Coady (2008) chez des enfants TSLO plus âgés. En effet, les enfants avec ou sans trouble, âgés de 8 à 12 ans, obtenaient des résultats comparables quelle que soit la caractéristique du mot manipulée (fréquence et densité de voisinage). Dans les deux études, les enfants avec TSLO étaient appariés à des contrôles en fonction de l'âge chronologique ; un appariement selon l'âge lexical aurait pu donner des résultats différents. Les différences entre les deux études sont néanmoins interprétées au regard de changements développementaux existant entre 5 et 12 ans. Maillart et al. (2004) ont étudié cette question en examinant les performances d'enfants de 6;4 à 12 ans, appariés à des enfants de niveau lexical identique en réception. Les enfants avec TSLO avaient davantage de difficultés pour rejeter les pseudo-mots correspondant à des mots ayant subi de légères modifications (i.e. le changement portant sur un phonème initial, médian ou final) : la modification de syllabes n'avait en revanche pas d'effet auprès des groupes TSLO. Les auteurs retrouvaient un effet d'interaction entre la pathologie et l'âge lexical : les enfants au développement typique (TD) dont l'âge lexical était de 6 et 7 ans étaient plus performants que les enfants de 5 ans, tandis que l'effet n'était pas significatif chez les TSLO (tendance), sous-entendant que le niveau lexical des TSLO n'aurait pas d'influence sur leurs performances. Notons que, pour toutes ces études, les effectifs étaient assez réduits dans les groupes TSLO (i.e. entre 7 et 10 participants par groupe).

La sensibilité des enfants avec TSLO à l'effet de lexicalité[2] suggère que les connaissances lexicales sont bien stockées en mémoire et qu'elles influencent les capacités de rappel de mots autant que pour les enfants au développement typique. Une réduction des effets de lexicalité (Leclercq, Maillart, & Majerus, 2013; Majerus, Vrancken, & Van der Linden, 2003) et de fréquence phonotactique[2] des enfants de 7 à 12 ans avec TSLO, comparativement aux contrôles, nous amène cependant à émettre d'autres hypothèses concernant l'origine des difficultés. L'altération concernerait davantage l'accès aux représentations récemment formées et stockées (Dollaghan, 1998; Maillart et

[2] Les effets de lexicalité (i.e. le rappel de mots est meilleur que le rappel de non-mots) et de fréquence phonotactique (i.e. le rappel de non-mots possédant une fréquence élevée est meilleur que le rappel de non-mots de faible fréquence) sont détaillés dans le chapitre 2 de la partie introductive.

al., 2004). A nouveau, les études objectivent des résultats différents selon l'âge des participants. Jones, Tamburelli, Watson, Gobet et Pine (2010) ont exploré les effets de lexicalité et de fréquence à une tâche de RNM chez des enfants de 6 ans. Ceux du groupe TSLO ont répété difficilement les non-mots de 3 syllabes, quelle que soit leur lexicalité. Dans l'ensemble des études citées, la complexité syllabique est pénalisante pour ces enfants qui apparaissent moins performants lorsque les mots et non-mots contiennent des regroupements consonantiques (cluster CCV), en lien avec la complexité articulatoire. Les épreuves de RNM proposant dans leur grande majorité des non-mots simples et des non-mots complexes, le déficit de répétition de ces derniers a fréquemment été retrouvé chez les enfants avec TSLO (Leclercq et al., 2013; Jones et al., 2010). Cet effet de complexité syllabique et articulatoire a aussi été mis en évidence chez des enfants sans problèmes articulatoires (Leonard, 1998).

Les déficits lexicaux dans les TSLO sont mis en évidence en manipulant la densité de voisinage des mots à différentes tâches expérimentales (compétition lexicale) : les représentations lexicales et sémantiques des enfants avec TSLO seraient éparses et peu spécifiées (Mainela-Arnold, Evans, & Coady, 2010). Les auteurs font l'hypothèse que ces enfants ont des difficultés d'apprentissage de la signification des mots. En revanche, la densité de voisinage phonologique ne semble pas avoir d'impact sur la capacité des enfants à définir les mots.

Outre la fragilité des représentations phonologiques construites (Edwards, & Lahey, 1996; 1998), la question de l'accès à ces représentations et de leur stockage est également étudiée dans les TSLO.

2. Hypothèses non linguistiques

L'hypothèse d'un ralentissement généralisé du traitement (Kail, 1994) a conduit Miller et ses collaborateurs à analyser la vitesse de traitement d'enfants avec TSLO au cours de tâches linguistiques et non linguistiques (Miller, Kail, Leonard, & Tomblin, 2001). Le groupe TSLO était apparié à un groupe contrôle d'enfants du même âge et à un groupe de participants ayant un niveau intellectuel et langagier inférieur au niveau requis. Les modalités de réponse étaient motrices (appuyer sur un bouton réponse) et verbales à des tâches de jugement grammatical ou de rimes. Dans cette

étude, le ralentissement mesuré chez les enfants avec TSLO était compris entre 14% et 21% tandis que Kail retrouvait des jeunes patients approximativement 33% plus lents que leurs pairs au développement typique (Kail, 1994). Les enfants présentant des TSLO ont été moins précis et moins rapides à des tâches de rappel d'ordre de séquences rapides de lumières et de sons (Tallal, 1985), également pour réaliser des inférences sur des histoires imagées (Ellis Weismer, 1985). Des enfants avec TSLO âgés de 8 ans ont montré une vitesse de reconnaissance de mots intégrés au sein de phrases également ralentie (Montgomery, 2002) comparativement à celle de leurs pairs. Toutefois, en ralentissant le débit de parole des phrases énoncées, les temps de réaction des enfants avec TSLO sont plus rapides contrairement aux enfants contrôles (Montgomery, 2005). La nature grammaticale des informations à traiter dans ces études a en outre pu pénaliser les enfants. A un niveau lexical, Edwards et Lahey (1996) ont mis en évidence que les enfants de 4 à 9 ans souffrant de TSLO étaient plus lents à une tâche de décision lexicale, comparativement à des enfants contrôles appariés suivant leur âge. Lorsque les participants ne devaient pas traiter un matériel langagier, les deux groupes étaient aussi rapides à une tâche mesurant le temps de réaction auditif et verbal (i.e. cette tâche consiste à répondre *oui* aussi vite que possible après avoir entendu des *bips*). Le ralentissement est davantage dû au temps nécessaire à la prise de décision plutôt qu'au temps de détection des stimuli et d'initiation de la réponse verbale. Ces premiers résultats divergent de ceux obtenus par Montgomery et Leonard (2006). Ces auteurs ont mesuré les temps de réaction d'enfants de 9 ans à une tâche de détection auditive minimisant également le traitement linguistique - pour laquelle il fallait appuyer sur un bouton réponse. Les résultats mettaient en évidence des temps de réaction plus rapides chez les enfants contrôles. A mesure qu'ils grandissent, les enfants gagnent en rapidité (Montgomery, 2005) mais un ralentissement semble persister chez les participants avec TSLO à l'âge adulte (Miller, & Poll, 2009), les temps de réaction étant mesurés à des tâches requérant des modalités de réponse verbales ou non verbales.

L'étude de Schul, Stiles, Wulfeck, et Townsend (2004) menée auprès de 15 enfants avec TSLO âgés de 10 ans en moyenne (étendue de 7 à 15 ans) montrait qu'ils étaient environ 10% plus longs que les contrôles pour effectuer des réponses motrices lorsque uniquement le traitement visuel était mis en jeu. En revanche, aucune différence entre les participants n'était mise en évidence aux tâches d'orientation de l'attention visuelle (Shul et al., 2004). De la même manière chez des enfants

plus jeunes, une tâche contrôle analysant les mouvements oculaires sans traitement verbal ne permettait pas de retrouver de différence statistique entre les temps de réaction du groupe TSLO et ceux du groupe d'enfants appariés selon l'âge ou selon la longueur moyenne de production de mots (Andreu, Sanz-Torrent, & Guardia-Olmos, 2012). En revanche, une lenteur visuo-motrice était observée dans le groupe TSLO pour traiter un matériel verbal particulier (des verbes à trois arguments et non pour des noms ou des verbes à un ou deux arguments). De plus, les enfants avec TSLO étaient en effet plus lents que leurs pairs du même âge, mais aussi rapides que les enfants appariés sur la longueur moyenne des énoncés produits pour la tâche nécessitant un traitement linguistique (Andreu et al., 2012). Toutefois, d'autres études ont montré que les enfants avec TSLO pouvaient se montrer plus rapides que leurs pairs à d'autres épreuves, remettant en question l'hypothèse du ralentissement généralisé (Kail, 1994; Mille et al., 2001). La rapidité de traitement est fortement liée à l'âge mais également à la complexité des tâches, des traitements mis en jeu et des modalités de réponses.

En résumé, les études indiquent principalement une vitesse de traitement langagier globalement ralentie dans les TSLO. Toutefois au regard de cette littérature, il persiste une difficulté à établir un consensus au sujet de l'hypothèse de ralentissement généralisé du traitement dans cette population, nous incitant à considérer de manière vigilante les modalités de réponses susceptibles de ralentir les enfants avec TSLO. La seconde hypothèse non linguistique portant sur les déficits de MCT dans les TSLO fait l'objet du troisième chapitre. Préalablement, il convient de préciser le rôle de la MCT dans le développement du langage.

Chapitre 2. Rôle de la MCT dans le développement du langage

Partie 1. Développement des capacités de la boucle phonologique en MCT

Historiquement, la mémoire à court terme était décrite dans le modèle de mémoire de travail proposé par Baddeley et Hitch en 1974 comme un processus de stockage à capacité limitée. Une quantité d'informations déterminée mais variable selon les individus est maintenue pendant une courte période, en vue d'être manipulée et traitée par des processus exécutifs. Le stockage passif existe de manière multimodale, pour des informations auditivo-verbales au sein de la boucle phonologique et pour des informations non verbales au sein du calepin visuo-spatial. L'administrateur central décrit par Baddeley constitue le processus exécutif agissant sur ces deux sous-systèmes. Ces trois modules complètent la description du modèle de mémoire de travail dans sa formulation actuelle (Baddeley, 2003), qui se trouve être la plus citée dans la littérature. L'objet de notre étude porte spécifiquement sur la boucle phonologique, elle-même composée de deux principaux mécanismes : le stock phonologique passif d'une part et la récapitulation articulatoire d'autre part. Le terme de stockage en MCT reflète cette capacité de maintien temporaire d'un nombre limité d'informations phonologiques et verbales, en l'absence de stratégie de récapitulation. Les informations sont stockées en MCT selon leurs caractéristiques phonologiques et non sous la forme d'unités lexico-sémantiques. La nature du stockage a été révélée par l'existence de plusieurs effets dont les propriétés sont détaillées dans la suite de notre propos.

L'empan est défini comme étant la longueur maximale de la séquence d'informations pouvant être répétée correctement par un individu. Les tâches d'empan consistent à faire répéter des séquences de longueur croissante, composées de 2 à parfois 9 items. Pour chaque série, deux ou trois essais sont proposés et l'empan est déterminé en fonction du taux de réussite (50% ou 75%) obtenu pour la série la plus longue. Un rappel est correct lorsque l'ensemble des items contenus dans la séquence est répété, en respectant l'ordre dans lequel ils ont été énoncés. Ainsi, les enfants sont en moyenne capables de retenir 3 chiffres à l'âge de 4 ans, puis 4 items à 5 ans, et 5 chiffres vers l'âge de 6 ans (Gathercole, 1995). L'empan mnésique augmente avec l'âge et dépend de l'efficience intellectuelle (pour une revue, Hulme, & Roodenrys, 1995). L'empan de chiffres (aussi qualifié

d'empan digital, arithmétique ou numérique dans la littérature) communément évalué dans les batteries de tests neuropsychologiques, est en moyenne de 7 +/- 2 informations à partir de 20 ans. L'hypothèse selon laquelle l'empan serait invariable selon le type d'informations (lettres, chiffres) pour un même individu a été longuement débattue, les informations pouvant être regroupées selon leur sens pour favoriser la rétention. Selon Cowan, le stockage de quatre unités d'informations est possible en MCT, ces unités pouvant regrouper plusieurs informations ou événements (Cowan, 2001).

1. Effet de longueur

Le nombre limité d'informations encodées au sein du stock phonologique a été révélé à travers l'existence d'un effet de longueur (Baddeley, Thomson, & Buchanan, 1975), les individus étant capables de retenir davantage de mots courts composés d'une ou deux syllabes que de mots longs (plus de deux syllabes). Le nombre d'erreurs ou d'omissions est également plus élevé plus la séquence d'informations verbales à retenir est longue. L'effet de longueur varie en fonction de l'âge : sa magnitude apparait en effet plus faible à l'âge de 4 ans, comparativement à celle de participants âgés de 8 ou 11 ans (Hitch, 1990). Il a été mis en évidence chez de jeunes enfants dès l'âge de 3 ans (Yuzawa, 2001) et dépend de la rapidité à laquelle sont énoncés les mots. Il existe une relation linéaire entre la vitesse d'énonciation (i.e. le rythme de parole propre à la tâche : entre 0,5 et 2,5 mots par seconde) et l'empan des individus (Cowan et al., 1994). Cowan distingue la durée du silence entre les mots énoncés dans les tâches d'empan de la durée des mots. Un silence plus long entre les mots permettrait aux individus d'accéder au système sémantique. Parallèlement, la vitesse d'accès au lexique devient de plus en plus rapide à mesure que l'enfant grandit, améliorant ainsi l'efficacité de récupération des mots. Selon l'auteur, les différences individuelles aux tâches d'empan seraient donc davantage dues à la durée du délai entre les mots énoncés plutôt qu'à la vitesse articulatoire. Le peu de variabilité dans les effets de longueur observés entre les différentes langues confirme, en outre, la faible implication de la vitesse d'articulation dans les tâches d'empan (Hulme, & Roodenrys, 1995).

2. Effet de similarité phonologique

La nature phonologique du codage en MCT a été identifiée par l'effet de similarité phonologique (Baddeley, 1964), qui reflète la difficulté de rappeler une série de mots partageant des caractéristiques phonologiques communes, notamment la même voyelle (e.g. rat, tas, bas) plutôt que

des mots phonologiquement distincts (e.g. riz, tout, bu). La similarité phonologique correspond au nombre de traits phonétiques communs entre deux informations verbales. Deux mots qui ont une forme phonologique proche ont des représentations phonologiques similaires. Dans le cas d'un rappel sériel immédiat (RSI), plus les items ont de traits phonétiques communs, plus le rappel est difficile et l'ordre des mots dans lequel ils doivent être rappelés affecté. Dans le cas d'un choix multiple, les distracteurs phonologiquement proches de la cible vont probablement être plus difficiles à inhiber, la similarité entre les items amplifiant la sensibilité à la distraction. Cet effet pourtant robuste, peut disparaître si le sujet met des stratégies en place, notamment en utilisant un recodage visuel ou sémantique[3] (Baddeley, 2003).

Récemment, Jarrold et ses collaborateurs l'ont étudié chez des jeunes (5 et 6 ans) et des grands enfants (8 et 9 ans), cherchant à distinguer si l'effet de similarité est dû à une confusion inter-items au moment de l'encodage ou pendant le maintien en MCT, ou à une confusion au moment du rappel verbal (Jarrold, Cocksey, & Dockerill, 2008). Deux tâches ont été proposées aux enfants, une épreuve de rappel indicé et une tâche de reconnaissance de l'ordre des items. L'effet de similarité a été retrouvé pour l'ensemble des participants aux deux tâches. La magnitude de l'effet de similarité phonologique obtenu chez les plus jeunes était toutefois inférieure à celle des grands enfants à l'épreuve de rappel, contrairement aux effets retrouvés en reconnaissance, équivalents pour les deux groupes. Ces résultats ont été obtenus bien que la taille des listes d'items à rappeler était différente pour chaque groupe, i.e. trois informations pour les enfants de 5 et 6 ans et quatre items pour ceux de 8 et 9 ans (Jarrold et al., 2008). Par ailleurs, l'effet de similarité phonologique n'a pas été mis en évidence à des tâches proposant une réponse de type pointage visuo-spatial plutôt qu'une réponse produite oralement, et ce chez des enfants de 5 ans (Henry, 1991). Chez les jeunes participants, la confusion semble avoir lieu au moment du rappel. En revanche, l'effet mis en évidence chez des enfants âgés de 7 ans indépendamment de la modalité de réponse (Henry, 1991) montre qu'à cet âge, les enfants utilisent le recodage phonologique et que la confusion auditive a lieu au sein du stock phonologique de la boucle en MCT. L'effet de similarité phonologique a été utilisé comme preuve de l'existence d'un recodage phonologique au cours des épreuves de rappel sériel (Tam, Jarrold, Baddeley, & Sabatos-DeVito, 2010) lors d'une présentation visuelle d'items, sollicitant la boucle

[3] Baddeley utilise les termes 'codage visuel' et 'codage sémantique' pour signifier les processus faisant appel à l'imagerie mentale ou liant les mots entre eux par le sens (i.e. dans une phrase).

phonologique de la mémoire de travail dans les tâches simples et complexes. L'absence d'effet de longueur en cas de présentation visuelle à 5 ans laisse également supposer que les stratégies de recodage phonologique apparaissent aux alentours de 7 ans (Henry, 1991). Ces données en faveur d'un changement développemental entre 5 et 7 ans, soulignent l'importance de considérer la modalité de réponse auprès de jeunes participants.

Une révision du modèle de la boucle phonologique proposée par Jacquemot et ses collaborateurs (Jacquemot, & Scott, 2006; Jacquemot, Dupoux, & Bachoud-Levi, 2011) identifiait deux mécanismes supplémentaires dits systèmes tampons : un tampon d'entrée perceptive (*input buffer* en anglais) et un tampon de sortie en production (*output buffer*), entre lesquels l'information circule. Les auteurs ont montré en analysant les erreurs produites par des patients aphasiques (Jacquemot, Dupoux, & Bachoud-Levi, 2007), que ces deux systèmes tampon étaient affectés différemment par les effets de longueur et de similarité phonologique. Le tampon d'entrée est sensible à l'effet de similarité phonologique, tandis que le tampon de sortie serait sensible à l'effet de longueur. De plus, des zones cérébrales distinctes sont responsables du stockage au sein de la boucle phonologique : la jonction temporo-pariétale de l'hémisphère dominant pour le langage s'activant pour le maintien au sein du tampon d'entrée, le lobe frontal inférieur s'activant davantage pour le tampon de sortie (Jacquemot, & Scott, 2006). A notre connaissance, ce modèle neuro-anatomique de répétition verbale n'a pas été conçu dans une perspective développementale. Il implique toutefois des réseaux corticaux responsables du traitement attentionnel, sujets aux modifications développementales (Majerus, 2013).

3. Effet du fond sonore / bruit de fond

La nature phonologique du codage au sein du stock de la MCT est également supposée lorsque l'exposition à un bruit de fond pendant l'apprentissage d'une liste d'items réduit les capacités de RSI du matériel verbal. La présence d'un fond sonore a l'effet d'un masque acoustique (Colle, & Welsh, 1976) et tend à diminuer les performances en rappel des participants, particulièrement s'il s'apparente à du langage. En 1976, les auteurs avaient observé cet effet en présentant de la prose en allemand à des étudiants anglais durant l'administration d'une tâche d'empan digital présenté visuellement. Bien que les participants aient reçu pour consigne d'ignorer ce discours non familier, le bruit de fond perturbait le stockage phonologique temporaire du matériel verbal. Cet effet est

notamment remarqué lorsque la tâche nécessite une reformulation phonologique, en cas de présentation visuelle par exemple, contrairement à une tâche de comparaison de séquences demandant un jugement pareil-différent (Salamè, & Baddeley, 1982). L'effet du bruit de fond a été testé à travers une tâche de rappel sériel en présence de sons non significatifs chez des sujets âgés de 8 à 19 ans (Elliott, 2002). La proportion de rappel correct était différente selon les conditions d'interférence auditive (i.e. silence, bruit, parole). En effet, les plus jeunes participants (âgés de 8 ans) sont davantage perturbés par les mots que par les sons (effet de lexicalité), notamment si ces mots sont différents, contrairement à un même mot répété plusieurs fois. L'effet de l'âge montre une amélioration des performances avec le développement, reflétant une progression des capacités de résistance à la distraction. Les enfants sont sensibles à l'interférence du bruit de fond lorsqu'ils sont jeunes car la capacité de résistance à la distraction augmente avec l'âge et dépend des changements développementaux liés à la maturation du lobe frontal (coordonnant le contrôle inhibiteur, l'attention sélective auditive ainsi que la mise en place de stratégies). Les différences entre les âges ont été expliquées au regard des changements développementaux, notamment dans l'utilisation des stratégies d'auto-répétition.

4. Récapitulation articulatoire et effet de suppression articulatoire

L'auto-répétition subvocale, ajoutée au modèle initial de la MCT (Baddeley, & Hitch, 1974), est le second composant de la boucle phonologique, distinct mais interagissant avec le stock phonologique (Baddeley, 1986). Ce mécanisme ravive la trace des informations phonologiques stockées lorsqu'elle tend à disparaître. Les notions de récapitulation articulatoire et de répétition subvocale sont souvent confondues dans la littérature, et les termes sont parfois utilisés indifféremment. Aussi, il apparaît nécessaire de définir chaque terme afin de clarifier la suite de notre propos. Le terme subvocal reflète l'activation d'un langage interne, sans production orale (Jacquemot, 2006) et donc peu visible en cours d'épreuve. Ce mécanisme vise à renforcer la représentation des informations en mémoire. Lorsque les expérimentateurs détectent le mouvement des lèvres des participants au cours d'une tâche d'empan, ces derniers réalisent une auto-répétition articulatoire explicite. La récapitulation articulatoire gagne en efficacité au fur et à mesure que la vitesse articulatoire augmente et le nombre de mots prononcés par seconde croît significativement entre 4 ans et 7 ans, puis jusqu'à l'âge adulte. A cet égard, dans les années 1980, l'augmentation de l'empan

mnésique en fonction de l'âge était expliquée par la vitesse d'articulation différente selon les âges (Hulme et al., 1984, Hulme, & Rooderyns, 1995). Cette conception a été remise en question et la récapitulation articulatoire ne serait plus considérée comme un mécanisme intégré de la boucle phonologique tel un simple composant (Romani, McAlpine, Olson, Tsouknida, & Martin, 2005), mais davantage comme un processus mis en œuvre spécifiquement dans le but de pallier la désintégration de la trace phonologique, et donc contrôlé par les fonctions exécutives.

La mise en place de stratégies mnémoniques dépend à nouveau des changements neuro-développementaux, notamment au niveau des lobes frontaux (Cowan, & Alloway, 2009). Ainsi, les capacités de répétition subvocale ou de récapitulation articulatoire seraient fonctionnelles aux alentours de 7 ans (Baddeley, Gathercole, & Papagno, 1998). Des enfants âgés de 5 ans peuvent améliorer leurs performances en rappel comme les adultes si on les incite à faire de la répétition (Rai, & Harris, 2013). En effet, le groupe contrôle qui n'a pas reçu cette consigne ne le fait pas spontanément. La répétition subvocale, basée sur la parole à un niveau implicite, et la récapitulation explicite sont sensibles à l'effet de suppression articulatoire (Baddeley, 1986; Conrad, 1964).

Initialement, les stratégies d'auto-répétition ont été révélées par l'effet de suppression articulatoire (Baddeley et al., 1975; Hitch, 1990). L'articulation répétée et explicite d'un matériel verbal sans rapport avec l'information cible empêche le sujet de répéter les items à retenir (mentalement ou subvocalement) et perturbe le maintien des informations verbales ou le processus de recodage phonologique en cas de présentation visuelle. Ainsi, l'effet de suppression articulatoire élimine les effets de similarité phonologique, notamment si la présentation est visuelle, et il tend à réduire également l'effet de longueur des mots (Mora, & Camos, 2013). Le nombre d'items rappelés dans une épreuve de RSI diminue si le participant réalise une tâche articulatoire (prononcer un même mot en continu), que les items soient présentés visuellement ou verbalement. En revanche, une tâche motrice interférente ne sollicitant pas l'appareil phonatoire (e.g. frapper sur la table) a moins d'effet sur les performances en rappel (Alloway, Kerr, & Langheinrich, 2010; Larsen, & Baddeley, 2003). La réalisation d'une tâche supplémentaire, motrice ou visuelle, sollicite les ressources attentionnelles allouées au maintien des informations phonologiques au sein du stock via l'administrateur central du modèle de mémoire de travail.

5. Stratégie de rafraîchissement attentionnel

Le processus de rafraîchissement de la trace (Tam et al., 2010), distinct de la récapitulation articulatoire, sollicite les ressources attentionnelles en réactivant la représentation de l'information pour favoriser le maintien de l'information encodée en MCT. Les deux mécanismes fonctionnent en parallèle et de manière additive. Tandis que la récapitulation renforce les représentations des items relativement lentement car elle recrute des mécanismes articulatoires et la planification de la parole, le rafraîchissement de la trace par refocalisation attentionnelle est plus rapide. Il peut néanmoins être perturbé par la sollicitation de ressources attentionnelles lors d'une tâche d'empan complexe[4] (Camos, & Barrouillet, 2013). Aussi, les stratégies de rafraichissement et de répétition n'évolueraient pas au même rythme durant le développement, le développement de la seconde étant plus rapide que l'évolution des capacités de rafraîchissement. Ces deux processus sollicitent des structures cérébrales également distinctes : le cortex pré-frontal dorso-latéral de l'hémisphère dominant est activé lors du processus de rafraîchissement tandis que la zone ventro-latérale est activée lors de la répétition (Raye, Johnson, Mitchell, Greene, & Johnson, 2007). Cette zone correspond au gyrus frontal inférieur ou aire de Broca, responsable du contrôle articulatoire de la parole (Majerus, 2010; Jacquemot, & Scott, 2006). Les résultats différents obtenus entre les enfants de 5 et 7 ans supposent que les changements au cours du développement opèrent au niveau du mécanisme de rafraîchissement car les jeunes enfants n'ont pas accès aux stratégies actives de maintien en MCT à 5 ans.

Le modèle de partage temporel des ressources (TBRS pour *time-based resource sharing* en anglais, Barrouillet, Camos et al., 2004) offre un cadre explicatif au fonctionnement de la mémoire de travail à travers trois facteurs : 1/ le changement développemental concernant la vitesse de déclin mémoriel, 2/ la charge cognitive induite par une seconde tâche (situation de double tâche) pendant le maintien et 3/ l'efficacité du mécanisme d'alternance attentionnelle (Camos, & Barrouillet, 2013). Le partage des ressources attentionnelles est réalisé temporellement entre les processus engagés dans les tâches de mémoire de travail. La boucle phonologique et la boucle exécutive (figure 1) gèrent ainsi respectivement le maintien de l'information verbale et la manipulation des items dans les tâches

[4] La tâche dite complexe implique une double activité cognitive pour le maintien des informations à restituer (comme dans une tâche d'empan simple) et pour la manipulation d'autres informations en mémoire de travail, en opposition aux tâches simples, qui ne requièrent pas de traitement des informations en plus de leur stockage.

complexes de mémoire de travail, de manière distincte et indépendante (Camos, & Barrouillet, 2014). En illustration, une double tâche proposant à la fois la dénomination de couleurs d'animaux dessinés à l'écran et la répétition du nom de l'animal (Barrouillet, Gavens, Vergauwe, Gaillard, & Camos, 2009) avait pour objectif de tester le modèle TBRS chez des enfants de 5 ans ; les résultats ont montré que plus le nombre de couleurs à dénommer était important (0, 2 ou 4), plus l'empan diminuait. Plus précisément, l'empan moyen des enfants de 5 ans était significativement plus faible lorsqu'ils devaient réaliser les deux tâches, quel que soit le nombre de couleurs, tandis que l'empan des enfants de 7 ans diminuait progressivement et proportionnellement au nombre de couleurs qui augmente. Le déplacement du focus attentionnel pendant la tâche de répétition a eu un effet délétère principalement pour les plus jeunes participants. Les auteurs insistent sur l'efficacité croissante des capacités de réactivation de la trace mnésique avec l'âge, notamment entre 8 et 14 ans, et sur les liens existants entre la vitesse de traitement et la mémoire de travail.

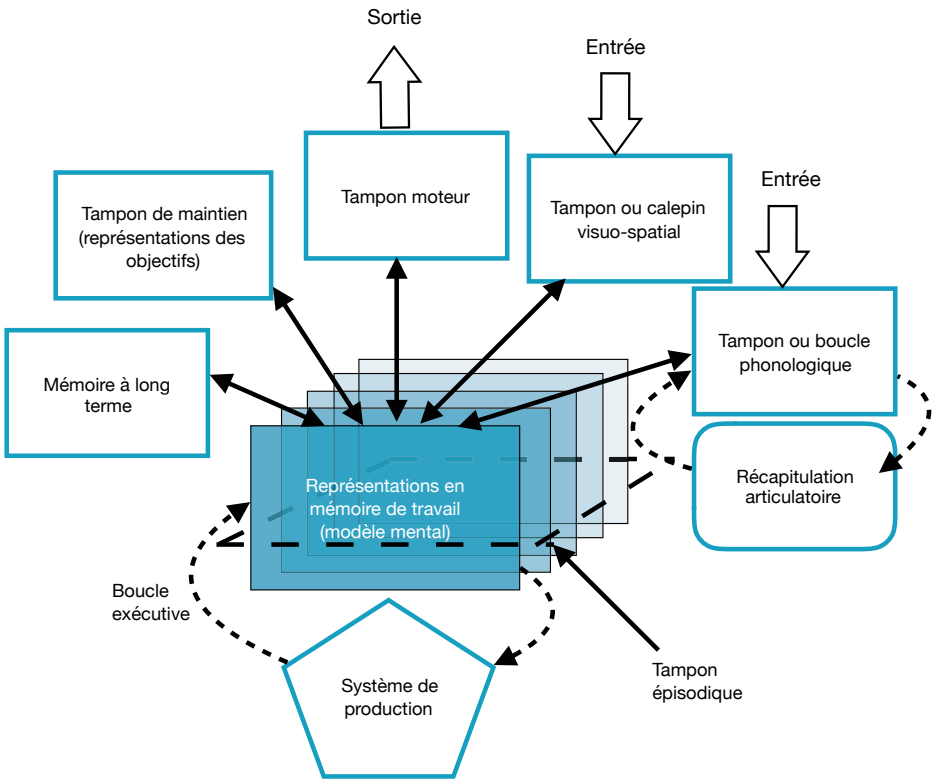


Figure 1. Illustration du modèle TBRS, tiré de Barrouillet et Camos, 2015

Plusieurs théories expliquent la disparition de la trace en mémoire phonologique par des facteurs temporels, notamment parce que la durée de maintien des informations encodées est limitée temporellement.

6. Déclin / décomposition de la trace

A l'origine, la théorie de l'oubli en mémoire immédiate (Brown, 1958) expliquait la perte des informations par la désintégration de la trace avec le passage du temps. La durée de maintien des informations encodées en MCT, estimée entre 1800 ms et 2200 ms, correspondait au temps de prononciation des items à mémoriser (Baddeley, & Hitch, 1974; Gathercole, & Baddeley, 1990; Baddeley et al., 1975). Le processus de détérioration de la trace a toutefois été mis en évidence en l'absence de récapitulation articulatoire et d'autres hypothèses ont tenté d'expliquer ce phénomène de déclin. En l'absence de rafraichissement ou de récapitulation, la trace phonologique se désintègre plus ou moins rapidement en présence de facteurs environnementaux (interférences provenant du monde extérieur) ou de facteurs internes (e.g. langage intérieur, difficultés attentionnelles ou psychoaffectives, caractéristiques propres à l'individu). L'origine de l'oubli en MCT fait l'objet d'un débat sur le plan fondamental. Le modèle TBRS propose que le facteur temporel soit le principal responsable de la disparition de l'information en MCT (Barrouillet et al., 2009). Ainsi, la représentation de l'item en mémoire s'altère avec le temps, contrairement au modèle SOB (*serial order in a box* en anglais) qui nie l'existence d'un déclin temporel de la trace (Lewandowski, & Oberauer, 2008; Lewandowski, Duncan, & Brown, 2004). Selon cette seconde conception, l'interférence provoquée par le traitement simultané d'informations supplémentaires, a un rôle important dans l'oubli des informations (Oberauer, & Lewandowsky, 2008, cf. la théorie de l'interférence). Les liens entre la désintégration de la trace et l'interférence ont été étudiés d'un point de vue fonctionnel (Altmann, & Gray, 2002; Altmann, 2002). Selon la théorie du déclin fonctionnel, le taux de désintégration des informations est dépendant de la fréquence de mise à jour de l'information cible en mémoire. Toutefois, le rôle de l'interférence produite par l'encodage de distracteurs associés aux items cibles a été récemment remis en question (Plancher, & Barrouillet, 2013). De plus, il est davantage étudié à travers des tâches d'empan complexes proposées à des adultes et sollicitant les fonctions exécutives. Pour cela, le facteur distraction apparaît peu pertinent pour expliquer le déclin dans les tâches simples de type empan mnésique, sauf si la distraction est d'origine intrinsèque et qu'elle sollicite les ressources attentionnelles.

Des critiques du modèle princeps de Baddeley ont été émises par Burgess et Hitch (1999), puis par Majerus (2010) car il ne permettait pas d'expliquer l'un des deux types d'erreurs constatées

aux tâches d'empan classiques : l'erreur portant sur l'ordre (place de l'item dans la série). Un certain nombre d'études ont ainsi examiné la dissociation entre l'information de type *ordre* et l'information de type *item* et tenté de modéliser la rétention de l'ordre sériel et les effets de regroupement temporel observés dans les épreuves d'empan (cf. courbes de position sérielle), relativement aux liens établis entre la MCT et les connaissances en mémoire à long terme (cf. le modèle de Burgess, & Hitch, 1999 et révisé en 2006). Les erreurs d'ordre seraient expliquées par une sensibilité à la similarité phonologique, tandis que les erreurs portant sur l'item seraient observées en cas d'effet de similarité sémantique. Cette distinction en faveur de sous-systèmes interconnectés en MCT stockant et traitant sélectivement l'ordre et l'item, est supportée par les modèles connexionnistes (Gupta, 2003; Burgess, & Hitch, 1999), présentés dans la troisième partie de chapitre. La rétention des items en fonction de leur place dans la série est précisée à travers l'effet de primauté, qui réfère à un meilleur rappel des premiers items dans une liste de mots ou dans une série de chiffres, et l'effet de récence, objectivé lorsque le rappel des derniers items énoncés est meilleur que le rappel des items occupant la position du milieu (Atkinson, & Shiffrin, 1968; Baddeley, & Hitch, 1993; Gupta, 1997). Les informations du début de liste ont le temps d'être activées à un niveau sémantique en mémoire à long terme (MLT) tandis que celles positionnées en fin de liste activent les représentations phonologiques. Ces deux effets ont été observés aux tâches de répétition verbale (Gupta, 2003) et sont illustrés par les courbes de position sérielle en forme de U. Selon la conception de Jacquemot (2006), le tampon d'entrée serait ainsi sensible à l'effet de similarité phonologique (récence) tandis que le tampon phonologique de sortie sensible à l'effet de longueur (primauté). Les différents types d'erreurs effectuées aux épreuves de répétition ou de reconnaissance en MCT postulent également l'existence d'un mécanisme assurant spécifiquement le traitement de l'ordre des items, i.e. l'encodage de l'information sérielle. Les travaux de Majerus considèrent distinctement les mécanismes de rétention de l'item et de rétention de l'ordre sériel, en plaçant l'attention auditive sélective au centre du modèle (Majerus, Heilligenstein, Gautherot, Poncelet, & Van der Linden, 2009). L'attention sélective permet ainsi l'augmentation du focus attentionnel sur l'information encodée à maintenir, en amont de la manipulation. L'importance de l'attention focalisée au sein de la MCT a également été documentée par les travaux de Cowan (Cowan, Nugent, Elliott, & Saults, 2000; Cowan, Nugent, Elliott, Ponomarev, & Saults, 1999). Dans son modèle des processus emboités (Cowan, 1999), le foyer attentionnel orienté sur l'information cible permet de garder la représentation de cette dernière active.

Les modèles de Cowan, d'Oberauer et de Barrouillet incluent une composante temporelle et considèrent l'implication des facteurs attentionnels comme déterminante pour la MCT. Le fonctionnement attentionnel évoluant en fonction de la maturation du lobe frontal, ces modèles offrent un cadre explicatif pertinent pour l'étude des changement développementaux observés dans les capacités de mémorisation verbale entre l'enfance et l'âge adulte.

Partie 2. Activation des systèmes à long terme et implication dans la MCT

Après avoir identifié les effets démontrant la nature phonologique du codage des informations en MCT, cette section est dédiée à la présentation des effets démontrant l'influence des connaissances en MLT, en faveur d'un codage lexical et sémantique des informations.

1. Effet de fréquence phonotactique

L'organisation des connaissances en mémoire sémantique influence les capacités de mémorisation verbale à un niveau sous-lexical. Des non-mots proches des mots de par leur structure phonotactique sont en effet mieux rappelés que des non-mots, dont la probabilité de retrouver les phonèmes dans la langue est faible. Cet effet de fréquence phonotactique[5] est fortement corrélé avec l'accroissement du vocabulaire des enfants de 4 et 5 ans (Gathercole, 1995). Les mots ayant une faible fréquence phonotactique sont moins représentés en mémoire et, de ce fait, difficiles à récupérer, contrairement aux mots à haute fréquence mieux rappelés chez l'adulte comme chez l'enfant (Storkel, & Rogers, 2000). Cependant, l'effet apparaît plus important chez les enfants de 5 ans dans l'étude de Gathercole (1995), comparativement au groupe des enfants de 4 ans, et également plus important chez les enfants de 10 et 13 ans, comparativement au groupe d'enfants de 7 ans (Storkel, & Rogers, 2000; Gathercole, Frankish, Pickering, & Peaker, 1999). Plus les enfants sont jeunes, moins les représentations verbales et les connaissances phonologiques existantes en mémoire sont spécialisées. En outre, l'amplitude variable de l'effet de probabilité phonotactique en fonction de l'âge a également été observée à des stades précoces du développement, avant l'acquisition du langage. Jusczyk et ses collaborateurs l'ont en effet mis en évidence chez des enfants

[5] La probabilité phonotactique est une mesure de la fréquence d'apparition d'une combinaison de phonèmes dans la langue (Vitevitch, & Luce, 1999). Elle peut être décomposée en deux types de probabilité : fréquence du segment positionnel dans un mot ou une syllabe et probabilité qu'un phonème donné précède un autre phonème (Jusczyk et al., 1994; Storkel, & Rogers, 2000).

âgés de seulement 9 mois à l'aide d'un paradigme d'écoute préférentielle de monosyllabes (CVC), tandis qu'il n'existait pas à 6 mois (Jusczyk, Luce, & Charles-Luce, 1994).

2. Effet de lexicalité et théorie de la rédintégration

De façon similaire, l'effet de lexicalité fournit une preuve de l'influence des connaissances lexicales sur la capacité à mémoriser des mots versus des non-mots, les items portant une signification étant mieux rappelés que les autres (Hulme, Maughan, & Brown, 1991). Par exemple, un adolescent peut rappeler 5 mots, mais 3 non-mots seulement si ces derniers sont éloignés des mots (Majerus, & Van der Linden, 2003). Deux systèmes de représentations interagissent entre eux au niveau du stock de la MCT et les représentations en MLT seraient activées différemment en fonction de la position sérielle des mots dans la liste. Lors du rappel d'une liste de mots, les premiers items présentés sont traités à un niveau sémantique (par l'activation des représentations sémantiques), les mots présentés tardivement (en fin de la liste) sont davantage traités à un niveau phonologique. Selon N. Martin et Saffran (1997), il n'y aurait pas de système de mémoire de travail mais une activation temporaire des représentations phonologiques et lexico-sémantiques en MLT. Ces modèles interactifs représentent la MCT en niveaux d'activation différents se référant aux différentes représentations. Au sein de ce stockage temporaire, R. Martin, Lesch et Bartha (1999) stipulent que les informations phonologiques sont encodées de façon distincte des informations sémantiques. La vitesse de détérioration de la trace mnésique serait ainsi liée à la réactivation des informations verbales par les représentations phonologiques de la MLT. Le modèle présente un système d'activations par feedback provenant des représentations phonologiques de la MLT sur les informations phonologiques en MCT, ainsi qu'une réactivation des informations sémantiques en MCT assurée par les représentations lexico-sémantiques de la MLT. Ces données ont été avancées à partir des résultats obtenus auprès de patients présentant diverses pathologies (e.g. syndrome de Landau-kleffner, délétion chromosomique) à des tâches de jugement de rimes (phonologique) et de jugement catégoriel sémantique (Majerus, Van der Linden, Poncelet, & Metz-Lutz, 2004).

L'influence des connaissances sous-lexicales et lexicales sur les capacités de MCT est également décrite par la théorie de la rédintégration, ou théorie de la reconstruction de la trace (Hulme et al., 1991; Schweickert, Chen, & Poirier, 1999). L'utilisation des connaissances de la forme

phonologique des mots en MLT permet de reconstituer une étiquette lexicale précise à partir d'une information partiellement récupérée en mémoire ou de compléter une représentation dégradée (Saint Aubin, & Poirier, 1999). Cet effet de lexicalité observé dans un premier temps chez l'adulte, a également été mis en évidence chez l'enfant et serait fonctionnel à partir de 5 et 6 ans (Jarrold, Cocksey, & Dockerill, 2008; Turner, Henry, Smith, & Brown, 2004). La vitesse de rédintégration dépend par ailleurs de la longueur des mots : plus le mot est court, plus les voisins phonologiques sont nombreux et moins il est facile de reconstruire la trace phonologique dégradée (Jacquemot, Dupoux, & Bachoud-Levi, 2011).

3. Effets de densité de voisinage, de fréquence lexicale et de familiarité

Trois autres effets apportent des précisions au sujet des interactions entre les connaissances langagières et les capacités en MCT : l'effet de voisinage phonologique et les effets de fréquence lexicale et de familiarité, largement documentés dans la littérature et souvent manipulés au sein d'une même étude. La densité de voisinage, mesurée en calculant le nombre de mots réels pouvant être créés quand un phonème est ajouté, enlevé ou modifié, influence également la vitesse de récupération de l'étiquette lexicale. Plus la densité de voisins est grande, plus la vitesse de traitement est ralentie, notamment pour les mots courts qui possèdent davantage de voisins phonologiques que des mots pluri-syllabiques. La quantité de voisins phonologiques est également liée à l'âge des sujets, en fonction de l'importance de leur stock lexical. L'influence de la densité de voisinage a été mise en évidence lors de l'apprentissage de nouveaux mots auprès d'adultes (Storkel, Armbrüster, & Hogan, 2006; Storkel, & Rogers, 2000) et auprès d'enfants âgés de 4 ans (Storkel, & Lee, 2011).

Les caractéristiques lexicales des mots telles que la familiarité et la fréquence lexicale (Hulme et al., 1991) ont également révélé l'influence des connaissances stockées en MLT lors de la reconstitution de la trace en MCT. L'effet de la fréquence lexicale aux tâches d'empan en MCT signifie que les mots dont la fréquence d'occurence[6] est élevée sont mieux rappelés que des mots de basse fréquence (Roodenrys, Hulme, Lethbridge, Hinton, & Nimmo, 2002; Hulme et al., 1991, Hulme et al., 1997). La familiarité d'un mot, également dénommée fréquence subjective, peut être mesurée en

[6] La fréquence d'occurence estimée à partir des corpus de livres ou de sous-titres de films tend à se rapprocher du corpus de mots parlés, en réactualisant fréquemment les bases de données (cf. lexique.org). Elle est défini par le nombre d'occurences par million (e.g. *couleur* : mot de haute fréquence, 82 occurrences par million vs *poulain* : mot de basse fréquence, 4 occurrences par million).

fonction de l'âge d'acquisition auquel l'étiquette lexicale a été acquise au cours du développement. L'âge d'acquisition lexicale apparaît être une mesure sensible de la familiarité (Garlock, Walley, & Metsala, 2001) car des mots appris précocement au cours du développement sont plus facilement rappelés que des mots appris tardivement. Des différences dans le temps requis pour identifier les mots sont également constatés en fonction de leur familiarité, l'identification de mots familiers étant plus rapide que l'identification de mots moins familiers. A une épreuve de dévoilement progressif de mots, Garlock et ses collaborateurs (2001) ont montré que des enfants âgés de 5;6 ans reconnaissent mieux les mots appris précocement, dont la densité de voisinage est faible, comparativement aux enfants de 7;6 ans et aux adultes.

En résumé, des mots fréquents, concrets et possédant peu de voisins phonologiques sont moins bien rappelés que des mots rares, abstraits et possédant de nombreux voisins.

4. Effets de similarité sémantique, imagerie, concrétude

L'implication des connaissances sémantiques pour le maintien de représentations phonologiques et lexicales a été apportée via l'utilisation d'un matériel verbal très imageable et concret, possédant de riches représentations sémantiques, contrairement à des mots abstraits (e.g. type, culte) dont le degré d'imagerie est moindre. En manipulant la valeur d'imagerie et la fréquence de mots à rappeler, davantage d'erreurs phonologiques ont été retrouvées lors du rappel de mots peu imageables et peu fréquents, jusqu'à provoquer une anomie pour les mots abstraits chez certains patients (Hanley, & Jay, 1997). Dans une tâche de RSI, l'effet de concrétude est retrouvé lorsque des mots imagés et concrets sont plus facilement rappelés que des mots abstraits (Campoy, Castella, Provencio, Hitch, & Baddeley, 2015). A notre connaissance, il n'existe pas de données expérimentales chez l'enfant. Toutefois, le vocabulaire des enfants est davantage composé de mots concrets, appris plus tôt au cours du développement et, de ce fait, relié à l'effet de fréquence ou de familiarité. Les noms d'objets concrets (i.e. inanimés ou animés) constituent une grande partie du lexique de l'enfant (production naturelle de la parole, Bassano, 2005) jusqu'à 20 mois environ. La théorie du double codage (*Dual-coding theory* en anglais, Paivio, & Yuille, 1986; Clark, & Paivio, 1991), aujourd'hui controversée, soutenait l'hypothèse de l'existence de deux systèmes de représentations (verbal et visuel) et expliquerait en partie l'effet de concrétude (Kounios, & Holcomb, 1994) : les mots concrets

seraient codés par le biais des informations visuelles et verbales tandis que les mots abstraits seraient codés uniquement à partir des informations verbales. Enfin, la récupération des items lors d'une tâche de RSI apparaît facilitée lorsque les mots sont sémantiquement similaires et appartiennent à une catégorie commune (Monnier, & Bonthoux, 2011).

Les effets de lexicalité, de fréquence lexicale, de fréquence phonotactique et d'imageabilité ont été mis en évidence chez les enfants de 4 et 5 ans par Gathercole et ses collaborateurs (1995), puis répliqués chez des enfants âgés de 6 à 12 ans (Majerus, & Van der Linden, 2003). Dans cette dernière étude, les performances en rappel de mots augmentent proportionnellement à l'âge des participants mais aucune interaction entre l'âge et la caractéristique manipulée n'a été retrouvée, empêchant une analyse des changements développementaux. Les capacités de MCT sont donc influencées par les connaissances phonologiques et sémantiques en MLT et de ce fait, par la taille du vocabulaire et de l'âge. Inversement, l'apprentissage des nouveaux mots est influencé par le stock lexical via les capacités de mémoire à court terme, processus indispensable.

Partie 3. Rôle de la MCT dans l'apprentissage de nouveaux mots

Baddeley étudiant le cas du patient PV souffrant d'un déficit isolé et pur de la MCT phonologique, a testé l'hypothèse de l'implication de la MCT dans l'acquisition de nouveaux mots en proposant au patient d'apprendre du vocabulaire nouveau, dans sa langue maternelle (l'italien) et dans une langue étrangère (le russe). L'apprentissage de paires de mots dans sa langue maternelle était possible contrairement à l'apprentissage de mots russes, ce dernier requérant des compétences phonologiques préservées (Baddeley et al., 1988). La boucle phonologique est impliquée dans le processus de construction d'une représentation phonologique stable des mots appris en MLT (Gathercole et al., 1997). Baddeley a reconnu l'implication de la MCT phonologique dans l'apprentissage de nouveaux mots (pour une revue, Baddeley et al., 1998) plutôt que dans le maintien des capacités déjà acquises (Snow, & Swisher, 1996). Elle permet ainsi le maintien de l'information nouvelle à encoder durablement. Selon Campoy, Castella, Provencio, Hitch et Baddeley (2015), l'encodage phonologique est peu coûteux en ressources attentionnelles et relativement rapide, contrairement à l'encodage sémantique qui requiert davantage de temps et d'énergie attentionnelle.

Initialement, chaque nouveau mot possède une forme phonologique inconnue qui doit être représentée de manière durable en mémoire afin d'être reconnue ensuite. Contrairement aux non-mots, l'ensemble des caractéristiques phonotactiques, phonémiques et lexicales, est associé à une représentation sémantique, donnant du sens à l'étiquette lexicale. Les nœuds phonologiques et sémantiques sont interconnectés et peuvent être activés indépendamment les uns des autres en fonction des tâches administrées.

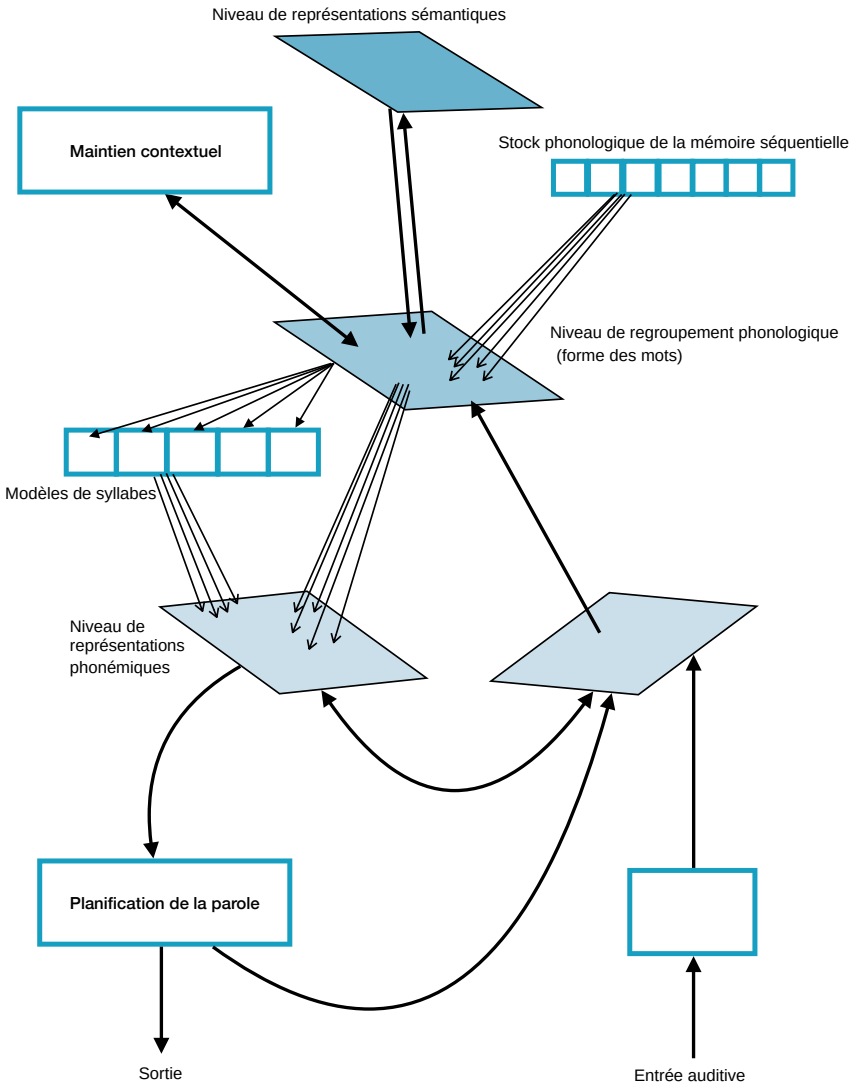


Figure 2. Illustration du modèle d'apprentissage de mots intégrant la mémoire à court terme (Gupta, & MacWhinney, 1997)

Gupta et MacWhinney (1997) on proposé un modèle visant à expliquer les capacités de répétition de mots et de non-mots, l'apprentissage de nouveaux mots et les effets de position sérielle en RSI (figure 2). Cette approche computationnelle de l'apprentissage de mots (Gupta, & Tisdale,

2009) tend à exposer la forme du mot comme une séquence phonologique composée d'un nombre d'unités déterminé pour chaque mot. Chaque unité phonémique serait représentée individuellement dans une syllabe. L'ordre de la séquence de phonèmes composant le nouveau mot (non-mot) doit être encodé sous une forme phonologique correspondant à une séquence de phonèmes ou de syllabes (unités), associée à une représentation sémantique. Les modèles connexionistes remettent en question la conception de Gupta et cherchent à simuler l'apprentissage de mots en fonction du nombre d'expositions, de la fréquence phonotactique et de la densité de voisinage. Ce type de fonctionnement distribué en réseau permet l'intégration du traitement phonologique des mots, de la MCT, ainsi que des connaissances lexicales et phonotactiques (Samuelson, 2002).

Un modèle récent de l'apprentissage de nouveaux mots conçoit le processus d'acquisition comme l'appariement entre la nouvelle étiquette lexicale détectée auditivement et associée à son référent, et les connaissances existantes en mémoire (Leach, & Samuel, 2007). Ainsi, la détection du mot nouveau est l'élément déclencheur (*triggering* en anglais), première étape du processus d'acquisition du mot. La création d'une nouvelle représentation lexicale constitue la seconde étape (*configuration*) et la liaison entre l'item lexical nouveau et les connaissances existantes aux niveaux phonologique, lexical et sémantique (*engagement*). Lors de cette dernière étape d'acquisition, les connexions au sein du lexique s'établissent et permettent la construction des voisins similaires sur le plan phonologique. Hoover et Storkel (2010) ont proposé une version développementale du modèle d'apprentissage de mots, établi comme un processus dynamique subissant l'influence de la fréquence phonotactique et de la densité de voisinage, deux caractéristiques hautement corrélées (Vitevitch, Luce, Pisoni, & Auer, 1999). L'incidence des caractéristiques lexicales sur les capacités d'apprentissage chez les jeunes enfants a été étudiée sur la base de ces modèles (Storkel, 2009, chez des bébés âgés de 1;6 à 2;6 ans). L'apprentissage de nouveaux mots est facilité si la probabilité phonotactique du matériel est élevée ; une facilitation est également observée avec un haut degré d'imagerie (Munson, Kurtz, & Windsor, 2005). En revanche, un mot dont la densité de voisinage est faible et se distinguant des autres mots sur un plan phonologique, devrait être plus facilement appris qu'un mot possédant de nombreux voisins phonologiques (Swingley, & Aslin, 2007). Contrairement aux adultes, plusieurs expériences révèlent que des non-mots dont la fréquence phonotactique et la densité de voisinage phonologique sont faibles, sont mieux appris par les jeunes enfants car ils

activent moins de représentations existantes en mémoire et apparaissent plus saillants sur le plan phonologique (Ellis Weismer, Venker, Evans, & Moyle, 2013). Demke, Graham et Siakaluk (2002) proposent à des enfants de 4 ans un apprentissage de nouveaux mots associé à l'écoute de petites histoires. Un groupe de participants a reçu des histoires dans lesquelles étaient intégrés plusieurs mots rimant avec le mot cible. Les enfants ayant entendu les voisins phonologiques à la suite de la présentation du mot cible ont obtenu de meilleurs résultats en apprentissage. Les auteurs supposent que les histoires ont renforcé les connexions entre les unités phonologiques et lexicales lors de la troisième phase du processus d'acquisition (*engagement*). Les résultats des études citées dépendent des conditions expérimentales, variant sur les caractéristiques des mots : longueur des items et nombre de syllabes, fréquence phonotactique, type de mots (noms ou verbes). Les noms, plus imageables et concrets, sont par exemple plus facilement appris que les verbes (cf. le biais du nom, Fenson et al., 1994).

Chez les enfants d'âge préscolaire, la présentation d'un nouveau mot semble activer les représentations lexicales existantes (Gaskell, & Dumay, 2003). Précisément, la probabilité phonotactique a un rôle critique pour la première étape du modèle (i.e. la rencontre avec un nouveau mot déclenchant le processus d'apprentissage) car des séquences de sons rarement retrouvées dans le langage courant sont rapidement détectées, tandis que des sons communs déclenchent moins d'intérêt (Hoover Storkel, & Hogan, 2010). Le rôle de la probabilité phonotactique est établi précocement au cours du développement, dès 3 ans. Il a une influence relativement stable tout au long du développement. La densité de voisinage, quant à elle, a un rôle critique pour les étapes suivantes (*configuration*, *engagement*) et subit les changements du développement (Hoover et al., 2010). Les liens existant entre les mots dépendent en effet du degré de détail des représentations lexicales et la comparaison des représentations entre elles requiert des habiletés en mémoire de travail.

Les changements développementaux opérant sur le contrôle attentionnel et la mise en place de stratégies modulent la sensibilité aux effets de longueur, de similarité phonologique, de bruit de fond et de suppression articulatoire, et influencent les capacités de mémoire à court terme des enfants au cours de leur développement. L'accroissement du stock lexical et la plus grande rapidité d'accès à

ce dernier agissent également sur la MCT en modifiant l'ampleur des effets de fréquence phonotactique, de lexicalité, de familiarité, de similarité sémantique et de catégorisation. La capacité de stockage augmente avec l'âge, et la vitesse de désintégration de la trace diminue, permettant ainsi d'optimiser l'apprentissage de nouveaux mots.

Ce chapitre visait à décrire le développement des capacités de mémorisation et d'apprentissage des mots chez l'individu sain. Les modèles présentés ont été établis à partir d'études de patients cérébrolésés souffrant de troubles phasiques et de déficits isolés en mémoire à court terme (Shallice, Rumiati, & Zadini, 2000). L'analyse des atteintes langagières des enfants présentant un retard d'acquisition du langage fournit également des apports théoriques fondamentaux, dans une perspective développementale intéressante. Le troisième chapitre tend à démontrer la place centrale du déficit de mémorisation verbale dans les TSLO, notamment au vu de l'incapacité qu'ont les enfants souffrant de cette pathologie à acquérir du nouveau vocabulaire.

Encadré 2. Résumé des effets en fonction de l'âge et processus mis en jeu en MCT

Age d'acquisition	Effets	Processus mis en jeu	*Auteurs*
9 mois	Fréquence (ou probabilité) phonotactique	Connaissances sous-lexicales en MLT	*Jusczyk et al., 1994* *Gathercole, 1995* *Vitevitch, & Luce, 1999*
3 ans 7 ans	Similarité phonologique - en cas de présentation auditive - en cas de présentation visuelle	Codage et recodage phonologique en MCT Ordre sériel	*Conrad, & Hull, 1964* *Baddeley, 1966* *Jacquemot et al., 2006*
3 ans	Densité de voisinage	Similarité phonologique dans le lexique	*Vitevitch, & Luce, 1999* *Hoover et al., 2010*
4 ans	Longueur des mots	Capacités de stockage à court terme	*Hitch et al., 1989* *Baddeley, & Hitch, 1974* *Jacquemot et al., 2006*
4 ans	Fréquence lexicale	Connaissances lexicales	*Roodenrys, Hulme et al., 2002*
4 ans	Similarité sémantique Catégorisation	Connaissances sémantiques en MLT et raisonnement catégoriel	*Monnier, & Bonthoux, 2011* *Matlen, Fisher & Godwin, 2015*
5 ans	Familiarité	Age d'acquisition du vocabulaire	*Garlock et al., 2001*
5 ans	Lexicalité et rédintégration	Influences des connaissances en MCT	*Hulme et al., 1991* *Brock, & Jarrold, 2004*
5 ans	Rafraichissement de la trace	Focalisation du foyer attentionnel	*Raye et al., 2007* *Barrouillet, & Camos, 2013*
5 ans	Auto-répétition sur sollicitation	Boucle articulatoire	*Rai, & Harris, 2013*
5 ans	Position, récence et primauté	Ordre sériel Connaissances en MLT Focalisation attentionnelles	*Baddeley, & Hitch, 1993* *Gupta, 2007* *Jarrold et al., 2008*
7 ans	Suppression articulatoire	Stratégies d'auto-récapitulation Répétition subvocale	*Baddeley et al., 1975* *Hitch, 1990* *Baddeley et al., 1998*
7 ans	Complexité perceptive et syllabique Fréquence syllabique	Segmentation phonémique Encodage et stockage dans la boucle	*Leclercq et al., 2013*
8 ans	Bruit de fond	Codage phonologique du stockage dans la boucle phonologique	*Colle, & Welsh, 1976* *Salamè, & Baddeley, 1982*
4 ans 9 ans	Valeur d'imagerie Concrétude	Représentations sémantiques Abstraction et conceptualisation	*Bourassa, & Besner, 1994* *Poirier, & Saint-Aubin, 1995* *Paivio, & Yuille, 1986*

Chapitre 3. Processus mnésiques et apprentissage lexical dans les TSLO

Partie 1. Hypothèses mnésiques

Les différents mécanismes de la MCT détaillés dans le chapitre précédent sont susceptibles d'être altérés dans les TSLO, de manière individuelle ou combinée. Il convient d'examiner chaque niveau de manière approfondie : 1/ l'encodage initial des informations, 2/ le maintien d'une quantité d'informations suffisante, 3/ la vitesse de dégradation de la trace, 4/ les stratégies de rafraichissement et de répétition, et 5/ l'activation des connaissances en MLT. Ces mécanismes ont été examinés auprès de la population cible à travers différentes tâches dont principalement la répétition de non-mots, cette dernière offrant la possibilité de tester les effets de lexicalité, de fréquence phonotactique, de complexité et de longueur des items.

1. Encodage initial

L'encodage initial des informations au sein de la boucle phonologique serait altéré en raison de faibles capacités de codage phonologique en lien avec les hypothèses de déficit phonologique (Montgomery, 1995). Les enfants avec troubles du langage sont par ailleurs sensibles à l'effet de similarité phonologique, la magnitude des effets étant comparable à celle des groupes appariés (Gathercole, & Baddeley, 1990), reflétant chez eux des capacités d'encodage des informations verbales de nature phonologique. Les auteurs ne retrouvent en revanche pas l'effet de similarité pour des listes de plus de quatre mots, indiquant une probable saturation des capacités de stockage. De plus, Alt (2011) a démontré que les participants avec TSLO (7 et 8 ans) apprenaient correctement des nouveaux mots s'ils étaient courts (i.e. composés de 2 syllabes), confirmant l'efficience des capacités d'encodage malgré les déficits phonologiques. Les performances du groupe pathologique pour l'apprentissage de mots longs (4 syllabes) étaient significativement réduites comparativement à celles de leurs pairs, à la tâche de production mais pas à l'épreuve de reconnaissance.

2. Effet de longueur et capacités de stockage

Les arguments en faveur d'une sensibilité accrue à l'effet de longueur dans cette population supportent l'hypothèse d'une capacité de stockage phonologique limitée dans les TSLO. De faibles capacités aux tâches d'empan de chiffres et de mots sont objectivées chez les enfants avec TSLO âgés de 3 ans, avec néanmoins une certaine progression des performances à 4 ans, contrairement à un groupe d'enfants déficients dont les performances restent inférieures à celles de contrôles, au cours d'un suivi longitudinal proposant trois évaluations réparties sur une année (Hick, Botting, & Conti-Ramsden, 2005). L'effet de longueur affecte particulièrement la capacité des enfants avec TSLO à répéter les non-mots (Gathercole, & Baddeley, 1993; Montgomery, 1995). Récemment, Petruccelli, Bavin et Bretherton (2012) ont étudié les compétences en RNM de trois groupes d'enfants appariés selon l'âge chronologique : avec TSLO, sans TSLO et ayant présenté un retard de langage, résorbé au moment de l'étude. Cette dernière a révélé l'existence d'un déficit de répétition des items longs uniquement chez les enfants avec TSLO, nettement moins performants pour répéter des items de 4 et 5 syllabes. Toutefois, les auteurs ont interprété hâtivement l'analyse des comparaisons de groupes, les enfants ayant présenté un retard obtenant des performances équivalentes aux deux autres groupes. Ils n'ont par ailleurs pas précisé le nombre de syllabes correctement répétées par les participants. L'analyse de cette variable aurait pu fournir d'autres éléments, notamment pour le rappel des non-mots courts (composés de 2 et 3 syllabes), qui a été similaire pour les trois groupes. A l'épreuve de rappel de chiffres et de répétition de phrases, les performances des enfants avec TSLO étaient également inférieures à celles des deux autres groupes. La différence entre les performances des participants avec et sans TSLO est apparue globalement plus importante pour la répétition de longs non-mots, comparativement à la répétition d'items courts (méta-analyse de Graf Estes, Evans, Alibali, & Saffran, 2007).

3. Vitesse de traitement

D'autres arguments postulent l'existence d'un système à capacité limitée ou d'une limitation des ressources cognitives dédiées au traitement du langage[7] dans les TSLO (Leonard, 1998; Ellis Weismer, & Hesketh, 1996; Ellis Weismer, Evans, & Hesketh, 1999). Les ressources cognitives disponibles sont insuffisantes aux ressources nécessaires pour le traitement du langage, entraînant

[7] Le modèle de Just, & Carpenter (1992), reposant sur la conception de ressources limitées pour le traitement du langage, notamment lors de la compréhension lexicale et syntaxique, a été étendu au traitement auditif.

des difficultés de compréhension de phrases, une lenteur d'accès au lexique et de faibles capacités d'apprentissage de nouveaux mots (pour une revue, Ellis Weismer, & Evans, 2002). Concernant l'hypothèse d'une dégradation plus rapide de l'activation lexicale, elle a été testée via une tâche d'identification d'images chez des adolescents diagnostiqués TSLO (McMurray, Samelson, Lee, & Tomblin, 2010). Dans cette étude, le modèle de déclin lexical était le plus ajusté aux patterns de réponses des participants à travers un paradigme expérimental mesurant le traitement du langage en temps réel. Les résultats étaient en faveur d'une détérioration rapide de l'activation lexicale dans cette population plutôt qu'une dégradation de la trace phonologique en MCT.

Une réduction de l'effet de récence chez les enfants avec TSLO, comparativement à leurs pairs (tous âgés de 9 ans), était en outre objectivée à des tâches de rappel verbal ou par pointage de stimuli visuels et verbaux (Gillam et al., 1998). Les auteurs faisant varier le rythme de présentation des items, de moindres performances pour le rappel des stimuli auditifs positionnés en première place (primauté) chez les enfants avec TSLO étaient retrouvées lors de la présentation lente des items (un stimulus par seconde versus trois par seconde pour le rythme rapide). L'influence de la durée de présentation et le contrôle du rythme de présentation des stimuli dans une épreuve de reconnaissance sérielle immédiate a été étudiée pour des stimuli uniquement visuels (en présentation et en reconnaissance, Fazio, 1998). Les enfants avec TSLO ont été nettement pénalisés lorsque la durée de présentation des items était courte (les photos apparaissaient pendant une seconde et demi) si ces items ne nécessitaient pas de recodage phonologique (tels que des visages ou des dessins abstraits). Enfin, contrairement à l'hypothèse d'une détérioration plus rapide de la trace, il est envisageable de considérer qu'un temps supplémentaire est nécessaire à ces enfants, plus lents pour activer les représentations lexicales et traiter les stimuli, leur permettant ainsi de compenser leurs difficultés (Poll, Watkins, & Miller, 2014; Seiger-Gardner, & Schwartz, 2008).

4. Stratégies de rafraichissement et de répétition

Dans une étude française, les auteurs retrouvaient une absence d'effet de suppression articulatoire lors d'une tâche de RNM (Parisse, & Mollier, 2009). Les enfants avec TSLO âgés de 6 et 7 ans étaient autant en difficultés que des enfants plus âgés (i.e. 11 et 12 ans) pour maintenir les informations verbales après un délai. Le taux d'utilisation de la stratégie de récapitulation vocale lors

de la reconnaissance et de la production de nouvelles informations verbales a été analysé dans une autre étude menée auprès d'enfants avec et sans TSLO, appariés selon leur âge (Alt, & Spaulding, 2011). Selon les auteurs, l'absence d'effet de la pathologie met en évidence l'utilisation de capacités de rafraichissement, équivalentes dans les deux groupes. Toutefois, les faibles performances en reconnaissance et production des nouveaux mots chez les TSLO révèle un manque d'efficacité dans l'utilisation de la stratégie de récupération, empêchant ces derniers de bénéficier des compensations attendues lors de l'épreuve de reconnaissance (Alt, & Spaulding, 2011). Précisons que les auteurs n'ont pas encouragé les enfants à mettre de stratégies en place lors de la consigne ; étonnamment, une nette majorité des enfants âgés de 7 et 8 ans l'ont fait spontanément pour ne pas oublier les nouveaux mots appris. L'utilisation de la récapitulation a été observée et encodée par les auteurs, lorsqu'ils entendaient les participants se répéter les mots à voix haute.

Les défauts de mise en place de stratégie ou d'efficacité des stratégies de récapitulation utilisées chez les enfants atteints de TSLO sont, en outre, expliqués par des dysfonctionnements exécutifs mis en évidence au cours de tâches réalisées en modalité auditive.

5. Ressources attentionnelles et exécutives

Depuis deux décennies environ, l'étude des déficits exécutifs associés aux TSLO fait l'objet d'un intérêt croissant car elle offre un cadre explicatif supplémentaire. Le fonctionnement exécutif est examiné à travers de nombreuses épreuves proposées à des participants d'âges différents (pour une revue, Montgomery, Magimairaj, & Finney, 2010), et notamment auprès d'enfants d'âge pré-scolaire (pour une revue, Vissers, Koolen, Hermans, Scheper, & Knoors, 2015). Les études évaluant l'attention auditive focalisée sur les stimuli verbaux et l'inhibition des distracteurs dans les TSLO sont particulièrement intéressantes, ces mécanismes interagissant avec les capacités de rétention en MCT et d'activation lexicale. En lien avec l'hypothèse de ralentissement de la vitesse de traitement des informations, Montgomery (2005) a montré que le contrôle attentionnel des enfants avec TSLO est plus efficace lorsque la vitesse de présentation est ralentie. Un faible contrôle attentionnel chez les TSLO (Marton, 2008; Leclercq, Maillart, Lange, & Majerus, 2015) est également mis en évidence au cours de doubles tâches en modalités verbale (e.g. rappel sériel de non-mots monosyllabiques adapté à l'empan de chaque enfant) et visuelle (e.g. détection de cibles), comparativement aux performances

des mêmes enfants à ces tâches réalisées de manière isolée. Les enfants avec TSLO semblent allouer moins de ressources attentionnelles à la répétition de non-mots comparativement à leurs pairs du même âge. Ces résultats doivent néanmoins être reliés aux atteintes des fonctions exécutives répertoriées dans les TSLO car les tâches proposées mettent en jeu différents processus exécutifs (Hoffman, & Gillam, 2004). Il existe notamment des déficits du contrôle inhibiteur des compétiteurs et de résistance à l'interférence entraînant des difficultés pour sélectionner les informations verbales pertinentes (Marton, Kelmenson, & Pinkhasova, 2007; Maniela-Arnold et al., 2008). L'atteinte de la mémoire de travail mise en évidence à partir des faibles performances en répétition de phrases (Gillam et al., 1998; Jonhston, 1994, Montgomery, 2000) reflète également les troubles de traitement séquentiel de l'ordre des items. Les faiblesses en attention auditive ont été mises en évidence chez les enfants avec TSLO à l'aide de mesures comportementales (Majerus et al., 2009), et également via des mesures électro-physiologiques (Shafer, Ponton, Datta, Morr, & Schwartz, 2007).

Enfin, d'autres hypothèses portant sur un déficit mnésique existent dans la littérature sur les TSLO, la revue est ici loin d'être exhaustive. A titre informatif, l'existence d'un trouble de mémoire procédurale (Ullman, & Pierpont, 2005; Lum, Gelgic, & Conti-Ramsden, 2010; Lum, Conti-Ramsden, Page, & Ullman, 2014) vise davantage à expliquer les difficultés d'apprentissage des connaissances grammaticales, les règles d'usage, de syntaxe et de phonologie dont souffrent les enfants avec TSLO.

Partie 2. Déficit d'apprentissage de nouveaux mots

Gathercole et Baddeley (1993) ont spécifiquement étudié comment la boucle phonologique permettait la construction de représentations durables de la structure phonologique de nouveaux mots, en particulier pendant la petite enfance (Baddeley et al,. 1998). Concernant les TSLO, le stockage des informations phonologiques présentées de manière sérielle apparaît inefficient aux épreuves de répétition de mots et de non-mots. Gathercole soutient néanmoins que l'altération du processus de stockage en MCT n'est pas suffisante pour expliquer l'incapacité à acquérir des nouveaux mots (Gathercole, 2006). L'association des déficits de discrimination et d'analyse phonologique, de production verbale, ainsi que les difficultés de traitement rapide des informations

phonologiques, épuise les ressources attentionnelles des enfants avec TSLO. Les ressources cognitives requises pour stocker les nouvelles informations en mémoire sont de ce fait insuffisantes.

Concernant précisément le déficit lexical, il se traduit principalement par une réduction du stock d'unités au sein du lexique chez les individus avec TSLO, comparativement à des enfants d'âge et d'efficience intellectuelle équivalents (McGregor, Newman, Reilly, & Capone, 2002). Mesuré à l'aide de tests standardisés de vocabulaire en réception (i.e. tâche de désignation d'images sur entrée verbale), il peut également être estimé en calculant le nombre de mots produits spontanément par l'enfant. Outre la lenteur d'accès au lexique et d'identification de mots connus, le déficit lexical peut être analysé au regard de la grande difficulté pour acquérir de nouveaux mots et pour se créer de nouvelles représentations phonologiques et lexicales. Cette notion introduite par Dollaghan et Campbell (1998) est soutenue depuis par différentes études mettant en évidence les difficultés d'apprentissage des nouveaux mots chez les enfants présentant des troubles langagiers (McGregor et al., 2002; Alt, & Plante, 2006; Alt, Plante, & Creusere, 2004; Gray, 2003, 2004, 2005; Gray, & Brinkley, 2011). Bien que le nombre de mots aux épreuves d'apprentissage diffère selon les études (Rice, Oetting, Marquis, Bode, & Pae, 1994; Dollaghan, 1987; Gray, 2003b; Jackson, Leitão, & Claessen, 2016), les résultats montrent dans leur ensemble que le nombre de nouveaux mots que les enfants avec TSLO sont en capacité d'apprendre serait limité, et donc inférieur au nombre de mots appris par les enfants des groupes contrôles. De plus, les enfants avec troubles ont besoin de 2 à 3 fois plus d'expositions pour apprendre les mots comme leurs pairs (Gray, 2003; Rice et al., 1994; Mainela-Arnold, Evans, & Coady, 2010). Ces données supportent à nouveau l'hypothèse de capacités limitées pour l'acquisition langagière dans les TSLO (Just, & Carpenter, 1992; Ellis Weismer, & Hesketh, 1993, 1996). Sur la base du modèle d'apprentissage de mots en trois étapes, les difficultés résident lors de la consolidation des informations (Hoover et al., 2010; McKean, Letts, & Howard, 2014), pour lier les représentations phonologiques aux connaissances sémantiques des concepts (Mainela-Arnold et al., 2008).

Leurs études, réalisées auprès de participants avec TSLO, visent en effet à déterminer à quel niveau du processus d'apprentissage de mots, décrit en trois étapes (Hoover et al., 2010), le ou les mécanismes sont altérés dans cette pathologie. Les connaissances phonotactiques d'individus

possédant un stock lexical réduit sont probablement moins développées. De ce fait, l'effet de probabilité phonotactique est supposé être moins prononcé chez ces enfants, avec des performances similaires pour répéter des non-mots dont la probabilité phonotactique est faible ou élevée. Contrairement à cette supposition, les sujets apparaissent sensibles à la fréquence phonotactique en répétition de non-mots (Munson et al., 2005; Majerus et al., 2003), mais davantage en tâche de production qu'en tâche de reconnaissance de mots (Alt, 2011; Alt, & Plante, 2006). L'effet de lexicalité est également retrouvé à une épreuve de rappel sériel immédiat (Majerus et al., 2003). La probabilité phonotactique ainsi que la densité de voisinage phonologique influencent par ailleurs l'apprentissage de nouveaux mots des enfants avec TSLO, ces derniers étant sensibles aux connaissances sous-lexicales et lexicales stockées en mémoire (McKean et al., 2014). Toutefois, la méta-analyse de Kan et Windsor (2010) démontrait que les résultats différaient selon les études en fonction de l'appariement réalisé. Le chapitre suivant détaille les raisons pour lesquelles la façon d'évaluer les performances des enfants avec TSLO reste critiquable dans de nombreuses études, notamment lorsque la tâche requiert une production orale (Jackson et al., 2016).

Malgré l'hétérogénéité des atteintes langagières dans les TSLO et l'évolution dynamique des profils, un marqueur de persistance des troubles avec l'âge fait l'objet d'un consensus dans la littérature : les compétences en répétition de non-mots, reflétant la préservation ou l'altération de la MCT phonologique et verbale. Toutefois, divers mécanismes d'encodage et de stockage des informations verbales à court terme sont susceptibles d'être altérés dans les TSLO, de manière isolée ou de manière combinée. Nous souhaitons revenir sur l'épreuve de RNM dans le chapitre suivant, en mettant en avant les limites de son utilisation et en proposant des solutions méthodologiques existantes et novatrices.

Chapitre 4. Méthodes d'investigation du traitement, de la rétention et de l'apprentissage de mots

Partie 1. Evaluation classique de la MCT

L'objectif de cette partie est de présenter les différentes épreuves utilisées dans la littérature permettant l'évaluation de la MCT et particulièrement de la boucle phonologique. La tâche de répétition dont le principe consiste à faire répéter une séquence d'informations verbales immédiatement après son énonciation, constitue l'épreuve habituellement utilisée. Tenant compte des propriétés de la mémoire phonologique à court terme, elle est déclinée sous différentes formes : répétition de chiffres, de mots, de non-mots, de phrases. Toutes ces épreuves sont construites sur un principe commun lié à l'effet de longueur, consistant à proposer des charges verbales de plus en plus lourdes : le nombre de syllabes composant les mots ou non-mots augmente, de même que la longueur des séries ou des phrases augmente au fur et à mesure des essais pour la répétition de chiffres et de phrases.

1. Epreuves de répétition et de rappel sériel

L'épreuve de MCT classiquement utilisée en routine clinique est la première phase du test de répétition de chiffres des batteries de Wechsler[8] et de Cohen[9] (i.e. subtest intitulé Mémoire des chiffres). Elle consiste à demander aux enfants de répéter des séries de chiffres de longueur croissante, en les rappelant dans le même ordre que celui proposé par l'examinateur. Les capacités de manipulation et de mise à jour des informations verbales en mémoire de travail sont examinées lors de la seconde phase du test qui consiste à répéter les chiffres dans l'ordre inverse. L'empan de chiffres dans l'ordre inverse (appelé empan envers) est alors interprété au regard de l'empan endroit, ce dernier déterminant le nombre d'informations pouvant être stockées en MCT. D'autres épreuves examinant le traitement séquentiel rapide des informations et la manipulation des informations verbales ne seront pas détaillées dans ce travail car elles évaluent les processus exécutifs de la

[8] La WISC-IV (échelle d'intelligence de Wechsler pour l'enfant et l'adolescent, 2005) et la WPPSI-IV (échelle d'intelligence de Wechsler pour la période pré-scolaire et primaire, quatrième édition, 2014) sont les batteries les plus récentes dont nous disposons en centre de diagnostic.

[9] L'échelle de mémoire pour enfants (CMS pour *Children's Memory Scale* en anglais, Cohen, 1997) permet l'évaluation des fonctions mnésiques verbales et non verbales des enfants âgés de 5 à 16 ans.

mémoire de travail, au delà du stockage à court terme des items (cf. subtest intitulé Séquences[8,9]). Concernant les batteries de Wechsler, la WISC-IV[8], destinée à des enfants de 6 à 16;11 ans, ne permet pas d'évaluer la MCT auditivo-verbale des enfants avant l'âge de 6 ans. La version récente, destinée aux jeunes enfants (WPSSI-IV[8]), propose un examen de la MCT des enfants de 2;6 ans à 7;7 ans, en modalité visuelle et sans contrôle du recodage phonologique. Pour évaluer la MCT verbale des enfants de 2 à 6 ans suspectés de développer des troubles langagiers, il est nécessaire de compléter le bilan par des épreuves de répétition de chiffres et de mots issues de batteries de tests orthophoniques respectant les critères psychométriques. En outre, les chiffres sont un matériel verbal familier et possèdent, comme les mots, des représentations lexicales. La tâche de répétition de chiffres ne permet pas de contrôler l'influence des connaissances lexicales en MLT sur la capacité de maintien des informations au sein de la boucle. L'effet de lexicalité, retrouvé lorsque les empans de chiffres et de mots sont supérieurs aux empans de non-mots, est bien présent chez tous les individus. Les non-mots ne possédant pas de représentations au sein du lexique, la répétition de syllabes sans signification mais respectant les contraintes phonotactiques de la langue, constitue une mesure « pure » de la capacité de stockage phonologique (Poncelet, & Van der Linden, 2003).

Concernant la répétition de non-mots, deux tâches anglophones sont largement référencées dans la littérature : le *Children's Test of Nonword Repetition* (CNRep, Gathercole, & Baddeley, 1996) et la *Nonword Repetition Task* (NRT, Dollaghan, & Campbell, 1998). Leur équivalent en France est l'épreuve de répétition de non-mots pour population francophone (Poncelet, & Van der Linden, 2003), mais il en existe d'autres épreuves au sein de batteries de tests orthophoniques[10]. L'épreuve de RNM implique l'activation de représentations phonologiques sans accès au lexique. Elle met en jeu de nombreux processus : le traitement de l'information entrante (*input)* impliquant la discrimination phonologique, le traitement des phonèmes via la segmentation phonémique, les processus de sortie (*output)* allant de la programmation de la parole à l'articulation et, de manière intermédiaire, le stockage temporaire de l'information sérielle au sein de la boucle phonologique de la MCT. Le débat concernant l'origine des déficits en RNM retrouvés dans les TSLO demeure à ce jour non résolu (pour une revue, Coady, & Evans, 2008). Cette épreuve ne permet pas de distinguer les troubles du

[10] Voir les tâches de répétition de chiffres, mots ou non-mots de l'EVALO 2-6 (Coquet, Ferrand et Roustit, 2009), la BEPL-A (Chevrie-Muller, Simon, Le Normand et Fournier, 1997), la N-EEL (Chevrie-Muller et Plaza, 2001) et la NEPSY-I (Korkman, Kirk, & Kemp, 2003).

traitement phonologique des troubles du stockage phonologique en MCT ou des troubles de planification motrice. De faibles performances en RNM ont en outre été mises en évidence chez des enfants ayant compensé leurs troubles langagiers (Conti-Ramsden, Botting, & Faragher, 2001; Ellis Weismer et al., 2000; Thal, Miller, Carlson, & Vega, 2005; Jackson et al., 2016) ; elles sont considérées comme un marqueur phénotypique des TSLO (Bishop et al., 1996; Hesketh, & Conti-Ramsden, 2013). Dès l'âge de 2 ans, des corrélations entre les difficultés de mémoire et le traitement phonologique à la RNM sont mises en évidence (Chiat, & Roy, 2007). La tâche, proposée à 2 ou 3 ans, est un bon prédicteur de l'apparition de problèmes langagiers deux années plus tard (i.e. vers 4 ou 5 ans). Les auteurs ont créé une batterie regroupant la RNM et une épreuve d'imitation de phrases destinée aux enfants de 2 à 6 ans (ERB pour *Early Repetition Battery,* Seeff-Gabriel, Chiat, & Roy, 2008). Les déficits en répétition de phrases constituent également un marqueur clinique de TSLO (Petruccelli, Bavin, & Bretherton, 2012; Archibald, Joanisse, & Munson, 2009; Conti-Ramsden et al., 2001; Poll, Betz, & Miller, 2010; Smolik, & Vavru, 2014; Bishop, & Adams, 1990; Rescorla, & Achenbach, 2002), en faveur de difficultés persistantes en compréhension orale de phrases et de récits (pour une revue sur les liens entre la compréhension syntaxique et la mémoire de travail, Kidd, 2013).

Longtemps utilisée pour dépister les troubles phonologiques en expression, la RNM est rapidement devenue un outil puissant et incontournable pour évaluer la MCT en cas de suspicion de TSLO (Conti-Ramsden, & Durkin, 2012). Les performances d'enfants de 5 et 6 ans ont été examinées au regard de leur profil d'atteintes langagières : TSLO de type expressif, TSLO de type réceptif, ou trouble phonologique isolé en expression (Casalini et al., 2007). Le dernier groupe a obtenu des scores supérieurs aux deux autres groupes à ces épreuves de répétition de mots et de non-mots. Les trois groupes ont par ailleurs été sensibles à l'effet de lexicalité, avec des performances significativement plus faibles en RNM. Les études comparent généralement leur population d'enfants avec TSLO à un groupe apparié soit sur l'âge chronologique, soit sur le niveau de langage. La comparaison des capacités de RNM des enfants avec TSLO avec celles d'enfants d'âge lexical équivalent a permis d'observer que les performances des enfants avec TSLO étaient également inférieures à celles des enfants plus jeunes (Leclercq, Maillart, & Majerus, 2013), bien que la taille des effets soit réduite dans ce type d'appariement. En outre, l'analyse du nombre de syllabes des non-

mots révèle un large effet pour les non-mots composés de trois et quatre syllabes : les enfants avec TSLO sont moins performants que leurs pairs pour l'ensemble des items, mais particulièrement pour les items de trois et quatre syllabes (par rapport aux items d'une ou deux syllabes). Selon cette récente étude, la complexité syllabique influence les performances d'enfants avec TSLO autant que pour leurs pairs appariés sur l'âge et le niveau lexical (Leclercq et al., 2013). Les syllabes simples étaient globalement mieux répétées que les syllabes complexes. La complexité articulatoire ne peut toutefois pas être la seule explication du trouble de MCT aux tâches de répétition (Gathercole, & Baddeley, 1990). En effet, l'influence de la complexité perceptive, liée à la vitesse de présentation des syllabes, était également examinée en faisant varier la charge d'informations perçues (Leclercq et al., 2013). La complexité était élevée pour des non-mots pluri-syllabiques et faible pour des stimuli composés de non-mots séparés (i.e. séquences de syllabes séparées par un intervalle temporel). Les enfants avec et sans TSLO ont été influencés de la même manière par cette variable lors de la RNM, les non-mots composés de plusieurs syllabes étant mieux répétés que les syllabes. En outre, la part motrice en RNM serait relativement modeste dans les TSLO (Archilbald, Joanisse, & Munson, 2013). Lorsque l'acte moteur est gêné par le placement d'un bonbon entre les dents du fond des enfants, ceux avec TSLO sont moins enclins à faire des ajustements pour compenser les difficultés articulatoires lorsqu'ils doivent répéter les séquences complexes. Dans l'épreuve francophone créée par Poncelet et Van der Linden (2003), les critères de correction autorisent une ou deux transformations de phonèmes (e.g. pas plus d'un trait articulatoire de différence entre la cible et la production du sujet) afin de minimiser les difficultés de production orale lors de l'examen de la MCT. Trois scores sont par ailleurs calculés pour les syllabes simples d'une part et pour les syllabes complexes d'autre part : 1/ le nombre de syllabes correctement répétées, 2/ le nombre de non-mots correctement répétées et 3/ l'empan de non-mots.

Graf Estes et collaborateurs ont proposé une méta-analyse à partir des résultats en RNM obtenus par 23 études (Graf Estes, Evans, & Else-Quest, 2007). L'analyse de l'amplitude des effets retrouvés entre les performances des groupes contrôles et celles des groupes d'enfants diagnostiqués TSLO a montré une grande variabilité entre les études. Dans leur ensemble, les enfants avec TSLO obtenaient toujours de moins bonnes performances, et ce quel que soit l'âge des participants. La méta-analyse a révélé que les versions des tests, tous couramment utilisés dans la littérature (e.g.

CNRep, NRT), ne sont pas interchangeables car les résultats sont liés aux caractéristiques des items à répéter, qui sont différentes selon les épreuves (i.e. longueur des non-mots, fréquence phonotactique, complexité articulatoire, Graf Estes et al., 2007). Dans ce sens, une méta-analyse des outils francophones pourrait être tout à fait pertinente au vu de la variabilité des stimuli (e.g. pas de syllabes simples dans l'épreuve de répétition de pseudo-mots NEPSY-I, nombre réduit d'items N-EEL, pas d'étalonnage avant 8 ans pour la batterie L2MA2). De plus, les stratégies de récapitulation subvocable ou articulatoire sont rarement contrôlées dans les épreuves proposées en consultation. Seule la tâche du château (répétition différée de non-mots) créée par Leclercq et Majerus (2010), demande aux sujets âgés de 8 ans et plus de répéter une même syllabe ou d'effectuer un calcul pendant le délai de rétention. Les non-mots proposés dans cette tâche sont tous monosyllabiques afin de maximiser le traitement de l'information phonologique (Martinez Peretz, Majerus, & Poncelet, 2012).

En résumé, de nombreux arguments encouragent l'utilisation de cette épreuve pour l'évaluation de la MCT phonologique, notamment auprès d'enfants d'âge pré-scolaire, pour déterminer la persistance des troubles langagiers à l'âge adulte. Sa valeur clinique est aujourd'hui bien reconnue mais face aux limites de son utilisation, il convient d'interpréter les résultats au regard des différents mécanismes mis en jeu lors de la RNM (Gathercole, Frankish, Pickering, & Peaker, 1999). Au même titre, les tâches d'empan classiques impliquent des systèmes langagiers et d'autres attentionnels et exécutifs. Un déficit survenant à une ou plusieurs de ces étapes peut diminuer les performances des enfants et l'interprétation d'un faible score ne fournit pas une analyse détaillée des déficits de traitement potentiels. Pour ces raisons, des études ont développé des tâches de mémoire sollicitant les capacités de reconnaissance (i.e. sans sortie verbale) plutôt que la production.

2. Evaluer les capacités de MCT sans répétition

L'évaluation de la MCT sans répétition poursuit un double objectif : étudier en détail la MCT chez les enfants présentant un déficit de production de la parole et étudier de manière indépendante les différents composants de la MCT. Il s'agit notamment de distinguer la rétention des items de la rétention de l'ordre. Gathercole, Pickering, Hall, et Picker (2001) ont créé une épreuve de

reconnaissance de séries d'items en manipulant la longueur des séries (de 2 à 6 stimuli par série), l'effet de lexicalité (mots versus non-mots) et la similarité phonologique, destinée à des enfants de 7 et 8 ans. L'effet de lexicalité, fortement associé aux performances en rappel sériel, influence moins la reconnaissance des séries chez les enfants de 7 ans. En revanche, l'effet de similarité phonologique est robuste et comparable à celui obtenu aux tâches de rappel et de reconnaissance (Jarrold, Cocksey, & Dockerill, 2008; Gathercole et al., 2001). S'intéressant particulièrement à la rétention de l'ordre sériel, Majerus, Poncelet, Greffe, et Van der Linden (2006) ont proposé une tâche de reconstruction de l'ordre, proche de la reconnaissance de l'ordre, consistant à ranger des cartes d'animaux familiers dans l'ordre énoncé. Dans cette étude, le pouvoir prédictif de ces tâches a été mis en évidence par des analyses de régressions multiples : les performances en reconstruction de l'ordre prédisent le développement du vocabulaire des enfants de 4 et 6 ans, tandis que la capacité de répétition de non-mots est partiellement corrélée au développement du vocabulaire à l'âge de 5 ans. L'utilisation de tâches différentes donne une indication sur les changements développementaux des enfants entre 4 et 6 ans.

L'implication des processus attentionnels et exécutifs est à nouveau peu contrôlée dans ce type d'épreuves. Majerus et ses collaborateurs (2009) ont analysé les performances d'enfants au développement typique obtenues à leur tâche de rappel de l'ordre et à une épreuve d'attention sélective auditive. Cette dernière consiste à détecter un item cible ou une séquence déterminée d'items (les séquences distractrices étant différentes de la cible selon l'ordre des items) dans des séquences continues de stimuli, dont la durée peut aller jusqu'à 90 secondes. Administrées à des enfants à partir de l'âge de 6 ans, leurs résultats montrent qu'une partie de la variance obtenue à la tâche de vocabulaire en réception est prédite par les mesures d'attention sélective de séquences et de rappel de l'ordre, et non par la mesure d'attention sélective de l'item. Les auteurs concluent que l'attention sélective explique plus de 30% de la variance dans des tâches de MCT verbale. L'évaluation de ce processus apparaît indispensable, au même titre que la rétention de l'ordre sériel ou de la reconnaissance des items. A notre connaissance, cette tâche n'a jamais été proposée à des enfants d'âge pré-scolaire présentant des TSLO. Il existe quelques épreuves d'attention auditive, dont une tirée de la NEPSY (Korkman, Kirk, & Kemp, 2003) et destinée aux enfants de plus de 5 ans, qui demande de pointer une pastille rouge immédiatement après avoir entendu le mot rouge.

Malheureusement, aucun temps de réaction ne peut être précisément enregistré. Dans une autre étude (Spaulding, Plante, & Vance, 2008), les conditions d'écoute des séquences de stimuli ont été manipulées par l'ajout d'un bruit blanc perturbant la détection des séquences cibles. Des déficits d'attention sélective en modalité auditive ont été mis en évidence pour le groupe TSLO, uniquement dans cette condition. La condition d'écoute standard (i.e. sans bruit blanc) n'a pas perturbé l'ensemble des participants âgés de 4 ans et aucun effet de la pathologie n'était relevé dans l'analyse des temps de réponse.

Dans la majorité des cas, un seul aspect de la performance est souvent considéré, à savoir la précision des réponses mesurée à travers des actions motrices (e.g. pointage sur images, appui sur un bouton réponse). Les individus souffrant de troubles moteurs ou praxiques peuvent être pénalisés par cette modalité de réponse. Dans de rares cas, les temps de réaction sont enregistrés (Spaulding et al., 2008) afin de prendre en compte l'hypothèse du ralentissement généralisé du traitement des informations dans les TSLO. De plus, le manque de contrôle du délai entre l'apparition du stimulus verbal et la réponse du participant (motrice, verbale ou attentionnelle) semble être un biais potentiel compte tenu du stockage à durée limitée de la boucle phonologique (Fernald, Pinto, Swingley, Weinberg, & McRoberts, 1998). L'examen en temps réel des réponses comportementales des enfants pourrait davantage renseigner sur la nature de la détérioration de l'information en MCT et sa vitesse de dégradation. La seconde partie de ce chapitre vise à détailler les avantages d'une technique d'enregistrement des mouvements oculaires possédant une haute résolution temporelle et ne requérant pas de réponse supplémentaire (verbale ou motrice).

Partie 2. Paradigme du monde visuel

L'oculométrie enregistre les mouvements oculaires et la direction du regard et permet une analyse du comportement visuel exploratoire en temps réel, plus fine que d'autres techniques plus anciennes telles que le paradigme du regard préférentiel (Golinkoff, Hirsh-Pasek, Cauley, & Gordon, 1987). Ce dernier fournit une mesure globale du temps passé sur des images (ou sur des objets) en suivant l'orientation de la tête et des yeux des participants, toutefois sans préciser les aspects temporels du traitement langagier. Le paradigme du monde visuel (PMV) proposé via l'oculométrie, et

dont la méthodologie est détaillée dans l'encadré 3, fournit une analyse temporelle fine et détaillée des traitements cognitifs et notamment langagiers, la méthode étant initialement consacrée à l'étude des mécanismes de compréhension orale (e.g. Sedivy, Tanenhaus, Chambers, & Carlson, 1999; Novick, Thompson-Shill, & Trueswell, 2008). Les variables du décours temporel tels que les latences et les durées de fixation ainsi que les variables de l'exploration spatiale (l'ordre dans lequel les objets présents dans la scène ont été explorés) fournissent davantage de précision concernant le traitement réalisé consécutivement à la stimulation verbale.

Le PMV est proposé à des participants de tout âge car il rend possible l'analyse des traitements cognitifs sans exiger de la part des participants de fournir des réponses comportementales telles qu'appuyer sur un bouton-réponse ou répondre verbalement. Un autre avantage majeur de ce paradigme est le fait que les individus ne doivent pas systématiquement faire un choix ou prendre une décision explicite. L'oculométrie est pour cela une technique expérimentale devenue commune en psychologie du développement, appliquée chez des nourrissons dès l'âge de 6 mois (Oakes, Baumgartner, Barrett, Messenger, & Luck, 2013). Les hypothèses expérimentales concernent la répartition des fixations oculaires sur les images car l'endroit de la scène sur lequel les regards des individus se posent est le reflet de la focalisation attentionnelle. Les scènes visuelles sont de complexités diverses, et l'interêt de ce paradigme est qu'il peut être couplé à différentes tâches : compréhension morphosyntaxique, reconnaissance de mots, dévoilement progressif de la parole (Dahan, & Gaskell, 2007) et amorçage.

De nombreuses études utilisant l'oculométrie ont ainsi exploré le traitement grammatical, lexical et phonologique d'enfants et d'adultes aphasiques. Compte tenu de notre sujet d'étude, nous centrons notre propos sur les expériences proposant une tâche de reconnaissance de mots parlés, en retraçant l'étude des représentations lexicales dans la littérature à travers les différentes méthodologies utilisées.

Lors de la phase de pré-visualisation des images, souvent présentes à l'écran au nombre de quatre, les étiquettes lexicales correspondant aux objets visualisés sont activées en mémoire, ainsi que celles de leurs voisins lexicaux et phonologiques. La présentation auditive du mot cible entraine le déplacement du regard des participants sur l'image cible (ou objet référent). Selon les variables manipulées et les objectifs de l'étude, des images reliées à la cible sur un plan phonologique ou

Encadré 3

Paradigme du monde visuel (PMV)

Le **principe général** de ce paradigme cross-modal (multi-modal) consiste à analyser les mouvements oculaires d'individus sur des images ou des objets, à la suite de stimulations verbales. Il est utilisé dans plusieurs champs de recherche en psychologie expérimentale, particulièrement le langage et dans une moindre mesure l'attention et la mémoire. L'attention visuelle portée sur le monde environnant peut être guidée par le langage parlé, ce paradigme permet donc l'analyse approfondie du traitement langagier à plusieurs niveaux, de la perception de la parole à une situation d'interaction conversationnelle (pour une revue, Huettig, Rommers et Meyer, 2011). La scène visuelle présentée à l'écran ou installée dans un environnement réel peut contenir, selon les études, une ou plusieurs informations cibles, que le participant aura entendues. Dans un contexte naturel, les objets réels sont placés sur un support organisé (Nadig, & Sedivy, 2002) ou sur une plateforme légèrement inclinée.

En fonction de l'objectif expérimental, la scène contient des informations supplémentaires, reliées ou non reliées à la cible. Ainsi, des **effets de compétition** sont recherchés par la présentation visuelle d'informations présentant des caractéristiques communes aux informations cibles. Au niveau du mot, la manipulation des caractéristiques sous-lexicales et lexicales a permis l'analyse des traitements cognitifs internes (genre : Dahan, Swingley, Tanenhaus, & Magnuson, 2000; fréquence : Dahan, Magnuson, & Tanenhaus, 2001; longueur : Salverda, Dahan, & McQueen, 2003) et sémantiques (caractéristiques fonctionnelles et catégorielles : Huettig, & McQueen, 2007; similarité visuelle : Dahan, & Tanenhaus, 2005). Au niveau de la phrase ou du récit, de nombreuses études ont exploré les spécificités des traitements grammaticaux et syntaxiques, notamment à travers l'anticipation des participants lors de l'écoute de phrases, discours, récit durant l'exploration d'une scène naturelle. L'étude du traitement langagier des verbes (Choi, & Trueswell, 2010; Altmann, & Kamide, 2007) a en effet révélé que des mouvements oculaires anticipatoires (encore appelés saccades prédictives) étaient réalisés sur les images avant que ces dernières n'aient été citées, simplement parce que le verbe de la phrase y faisait référence (sur un plan sémantique). D'autres facteurs tels que la prosodie et l'intonation sont également susceptibles d'influencer les comportements exploratoires des individus.

Plusieurs modalités sensorielles sont sollicitées à l'interface des traitements cognitifs internes (monde mental interne : Altmann, & Kamide, 2007) et du traitement du monde externe, et des systèmes de traitements *top-down* et *bottum-up*. Le déplacement des yeux traduit l'orientation du focus attentionnel des participants en réaction aux stimulations verbales. Le temps de fixation sur les différents items visuels, ainsi que la localisation de la première fixation consécutive au stimulus verbal, et la répartition des fixations oculaires selon le décours temporel, sont les principales variables dépendantes étudiées dans la littérature. Sur l'écran, des zones appelées **régions d'intérêts** sont déterminées par les expérimentateurs, dans lesquelles les fixations sont particulièrement étudiées. Dans des contextes naturels, l'orientation des regards est enregistrée par une caméra placée dans la scène, puis codée par les expérimentateurs.

Reconnaissance de mots parlés (RMP)

Dans la tâche de RMP via le PMV, le participant visualise les images cibles et distracteurs pendant un temps déterminé avant l'apparition du stimulus sonore : phase de **pré-visualisation**. Le stimulus verbal correspondant au mot cible est transmis à travers un casque audio et les mouvements oculaires du participants sont analysés durant la phase de **visualisation**, sur les différents items visuels. Le principe suppose que la perception visuelle d'un objet active la représentation lexicale de son étiquette verbale. En fonction de l'âge ou de différentes pathologies, il est possible d'étudier l'organisation du stock lexical et des connaissances sémantiques en mémoire ou l'influence des facteurs phonologiques (pour une revue, Henderson, & Ferreira, 2004; Dahan, & Magnuson, 2006; McQueen 2007).

L'introduction d'items distracteurs dans la scène visuelle et la manipulation de la similarité phonologique, conceptuelle ou sémantique entre les items, perturbe les comportements exploratoires et rend compte du traitement langagier des participants.

sémantique sont disposées à l'écran afin de provoquer un effet de compétition. Ces compétiteurs perturbent les comportements visuels exploratoires des individus en fonction des caractéristiques communes qu'ils partagent avec la cible (Allopenna, Magnuson, & Tanenhaus, 1998), tandis que les images non reliées (éléments contrôles) n'attirent pas significativement le regard des participants. La probabilité de fixer un élément visuel (cible, compétiteur, distracteur neutre), calculée à chaque période du décours temporel, a permis d'établir des modèles de reconnaissance et de traitement de l'information phonologique et lexicale et de préciser les processus sous-jacents. McMurray (McMurray, Horst, & Samuelson, 2012; Farris-Trimble, & McMurray, 2013) a ainsi décrit le processus de reconnaissance de mots parlés en temps réel, selon cinq principes établis suivant la conception du modèle TRACE (McClelland, & Elman, 1986)[11]: 1/ les mots sont activés *immédiatement* à partir de la réception sensorielle de la plus petite quantité acoustique perceptible ; 2/ l'activation est mise à jour et augmente progressivement, de manière *incrémentale*, au fur et à mesure que le signal auditif est perçu ; 3/ l'activation est graduelle ; 4/ tous les candidats appariés au signal reçu sont activés *en parallèle ;* 5/ les candidats rivalisent entre eux activement pendant la phase de reconnaissance, jusqu'à ce que le meilleur appariement entraine l'inhibition des autres.

1. Reconnaissance de mots parlés chez l'adulte

Concernant l'effet des caractéristiques phonologiques, la similarité entre deux mots porte soit sur l'attaque du mot (e.g. référent : plante, compétiteur de *cohorte :* planche), soit sur les phonèmes finaux (e.g. référent : masque, compétiteur de *rime :* casque). Le paradigme du monde visuel permet d'examiner les effets de rimes contrairement aux paradigmes d'amorçage intermodal (Allopenna et al., 1998). L'intérêt d'enregistrer le traitement en temps réel prend alors tout son sens dans ces manipulations car les regards des participants sont attirés par les distracteurs plus ou moins tôt, en fonction de la place de la syllabe ou du phonème commun. L'adulte dirige son regard environ 200 ms après l'écoute du mot cible de manière équivalente sur l'image cible et son compétiteur de cohorte, tandis que les distracteurs non reliés et les compétiteurs de rime sont moins fixés. La proportion de fixations sur le compétiteur diminue à mesure que le flux verbal continue, levant ainsi les ambiguïtés entre la cible et les compétiteurs. Une étude réalisée auprès d'étudiants français aux Etats-Unis

[11] Le modèle TRACE constitue un des modèles actuels de reconnaissance des mots parlés, de même que le modèle Cohorte dans sa version originale (Marslen-Wilson, & Welsh, 1978), Cohorte dans sa version révisée (Marslen-Wilson, 1987) et *Shortlist* (Norris, 1994).

(Dahan et al., 2000), a révélé l'influence de l'article fournissant le genre grammatical lors de la reconnaissance des noms dans une phrase (e.g. « cliquez sur le bouton » vs « cliquez sur les boutons »). L'effet de compétition de cohorte disparaissait en effet si l'article annonçait le genre du mot cible, tandis que la compétition phonologique était possible lorsque le nom était précédé d'un article neutre (« les » dans l'exemple).

L'effet de compétition phonologique a également été étudié en présentant des mots cibles recomposés avec le phonème initial appartenant, soit à un mot réel voisin phonologique du mot cible, soit à un non-mot également phonologiquement proche. Les participants étaient plus lents pour retrouver l'image cible dans le premier cas, bien qu'ils n'aient jamais entendu ni visualisé le voisin phonologique pendant l'expérience (Dahan, Magnuson, Tanenhaus, & Hogan, 2001). Par ailleurs, Dahan et ses collaborateurs ont également mis en évidence à travers différentes mesures que le paradigme est sensible à la fréquence lexicale des compétiteurs et de la cible (Dahan et al., 2001). Les proportions de fixations étaient ainsi plus importantes sur les compétiteurs de haute fréquence comparativement aux compétiteurs de basse fréquence et le point de divergence[12] entre les fixations sur les deux types de compétiteurs de cohortes était apparu relativement tôt (environ 267 ms après le début du mot parlé). En outre, les latences de fixations avec lesquelles les participants ont fixé l'image cible étaient plus longues si la cible était un mot de basse fréquence. Enfin, des mots dont la densité de voisinage est faible sont fixés plus tôt au cours du décours temporel de la reconnaissance de mots, que des mots à densité élevée (Magnuson, Dixon, Tanenhaus, & Aslin, 2007; Apfelbaum, Blumstein, & McMurray, 2011). Le PMV, sensible aux effets de densité de voisinage lexical, est utilisé par de nombreux auteurs pour estimer le degré d'activation lors de l'accès au lexique et l'influence des compétiteurs.

Au cours d'une tâche de reconnaissance visuelle en MCT, un effet de longueur des mots correspondant aux items visuels a été retrouvé au cours de deux expériences réalisées chez un petit effectif d'adultes (Zelinsky, & Murphy, 2000). Le matériel de la première expérience était composé de mots et d'objets familiers, tandis que pour la seconde, les participants avaient auparavant appris à

[12] Le point de divergence (McMurray et al., 2008; Ellis et al., 2015), également dénommé point de désambiguïsation dans la littérature (Sekerina, & Brooks, 2007), correspond au moment du décours temporel au cours duquel la proportion de mouvements oculaires sur la cible est supérieure à la quantité de mouvements oculaires sur le(s) compétiteur(s).

associer des prénoms de une ou trois syllabes à des visages photographiés. Le temps de fixation était plus important sur les items multi-syllabiques, comparativement aux items monosyllabiques. En revanche, les données ne différaient pas pour une tâche de recherche visuelle. Leurs résultats suggèrent l'existence d'une stratégie de rafraichissement (i.e. effet du discours interne) lors de la mémorisation des informations dans la tâche de MCT, supposant ainsi une synchronisation des informations visuelle et verbale lors de l'encodage.

Initialement dévolu à l'étude de la compréhension orale, le paradigme du monde visuel s'est révélé être sensible au contexte grammatical, de même que les fixations oculaires varient en fonction des représentations phonologiques associées aux images et des caractéristiques lexicales du matériel verbal utilisé.

2. Changements développementaux dans la reconnaissance des mots parlés

Une étude menée auprès d'enfants a mis en évidence un effet de l'âge au PMV, les jeunes participants étant plus lents que les adultes pour apparier le mot cible à l'image référente (Sekerina, & Brooks, 2007). Ces enfants, âgés de 5 et 6 ans, requéraient environ deux fois plus de temps que les adultes pour identifier la cible en condition de compétition phonologique (cohorte). La proportion de regards était encore importante sur le compétiteur phonologique au delà de la première seconde de visualisation, contrairement aux adultes. En outre, la vitesse avec laquelle l'œil se déplace vers la cible aussitôt après la présentation auditive (i.e. latence de première fixation) était également plus rapide chez les adultes. Notons toutefois que les deux groupes de participants ont été étudiés à travers deux expériences distinctes, et les données oculométriques n'ont pas fait l'objet d'une comparaison directe bien que les conditions expérimentales fussent identiques. Huang et Snedeker (2011) ont comparé les décours temporels d'enfants de 5 ans avec ceux d'adultes au cours d'une tâche de reconnaissance de mot intégré dans une phrase, en présence de compétiteurs reliés sur le plan sémantique. Les enfants ont davantage sélectionné les compétiteurs contrairement aux adultes, signe de difficultés d'inhibition des candidats activés. L'analyse temporelle des items corrects a également mis en évidence un délai dans l'activation lexicale. En résumé, le décalage temporel remarqué dans le traitement lexical des jeunes participants traduirait une immaturité du traitement lexical par rapport aux adultes (Henderson, Weighall, Brown, & Gaskell, 2013), marquée par une

lenteur d'activation de la représentation correspondante. Il convient également de rappeler le coût attentionnel, susceptible de ralentir le traitement lors de la mise en jeu des mécanismes exécutifs d'inhibition des candidats lexicaux non pertinents.

Les effets de compétition sont observés à différents stades du développement, chez l'enfant et l'adolescent (Rigler et al., 2015), également chez les nourrissons à un stade pré-lingual puis de manière évolutive avec l'acquisition du langage oral. A travers de nombreuses études, l'équipe de Fernald a en effet mis en lumière des modifications dans la rapidité de traitement lexical en analysant les latences moyennes pour l'initiation des saccades chez des bébés âgés de 15 à 36 mois (Fernald, Perfors, & Marchman, 2006; Marchman, & Fernald, 2008). Le paradigme consistant à « regarder tout en écoutant » (i.e. *Looking while listening paradigm* ou *Look and listen task* en anglais) est une procédure adaptée de la méthode du regard préférentiel (Golinkoff et al., 1987; pour une revue, Golinkoff, Ma, Song, & Hirsh-Pasek, 2013), mesurant le temps passé sur deux stimuli visuels à la suite d'une stimulation auditive. La durée totale de temps passé sur l'image cible était comparée à la durée passée sur l'image distractrice. Le codage réalisé par plusieurs expérimentateurs était laborieux et coûteux en temps et en énergie ; l'oculométrie a permis l'amélioration de la résolution temporelle et spatiale. La procédure créée visait à proposer des modalités de réponses différentes aux jeunes enfants, sans solliciter l'activité de pointage et en minimisant le temps de concentration. Les passations expérimentales étaient courtes (deux à trois minutes), pour s'adapter aux fluctuations attentionnelles des bébés (Fernald, & Frank, 2012). Enfin, deux images au lieu de quatre étaient présentées sur deux écrans distincts afin de contrôler la complexité visuelle. A travers ces études longitudinales, les auteurs ont mis en évidence l'augmentation de la vitesse et de la capacité de reconnaissance des mots dans un flot continu de parole, proportionnellement à la taille du vocabulaire des participants. En couplant la technique d'oculométrie au paradigme d'amorçage, la précision des représentations phonologiques a également pu être révélée chez des enfants de 24 mois (Altvater-Mackensen, & Mani, 2015). Les proportions de fixations étaient significativement plus élevées sur l'image reliée à l'amorce comparativement aux fixations sur l'image non reliée, la similarité phonologique entre l'amorce et l'étiquette lexicale de l'image reliée portant sur la rime.

Un groupe d'enfants dont la vitesse de reconnaissance de mots avait été mesurée à l'âge de 25 mois via le PMV a été revu par Marchman et Fernald (2008) à l'âge de 8 ans. La vitesse, calculée comme étant la latence moyenne de déplacement du regard du distracteur jusque l'image cible, était négativement corrélée aux performances en langage expressif, à un indice de mémoire de travail (répétition de chiffres et rappel de l'ordre des mots) et à un indice de raisonnement fournissant une estimation du quotient intellectuel des enfants de 8 ans, les deux dernières variables étant mesurées à l'aide de l'échelle de Kaufmann (KABC-II). La taille du vocabulaire était en revanche corrélée positivement à ces trois variables. L'étude confirmait ainsi les fortes relations existant entre l'acquisition de nouveaux mots de vocabulaire, la rapidité de reconnaissance lexicale et les capacités de mémoire auditive, à considérer dans une perspective développementale.

3. Utilisation du PMV auprès d'individus souffrant de troubles langagiers

McMurray et ses collaborateurs (McMurray, Samelson, Lee, & Tomblin, 2010) ont observé des différences dans le décours temporel de la reconnaissance de mots parlés, chez des adolescents présentant des troubles du langage oral. Leur modèle visait à expliquer les origines possibles des troubles langagiers : ralentissement généralisé, taille du vocabulaire, déficit sensoriel et phonologique. Comparativement aux sujets contrôles, la proportion de regards des adolescents avec TSLO était réduite sur la cible et les compétiteurs étaient davantage fixés. Les auteurs ont conclu à l'absence de déficit au niveau de l'activation lexicale, les premiers regards des participants avec TSLO ayant été portés sur les cibles (comme chez les contrôles) ; mais les regards suivants ayant été portés de manière atypique sur les compétiteurs phonologiques, ils supposaient la présence de déficits spécifiques dans la détérioration de la trace lexicale. Les adolescents avec un déficit langagier ont moins dirigé leurs regards sur les cibles et auraient eu plus de difficultés à inhiber les distracteurs phonologiques. Un déficit de compétition lexicale expliquait davantage les troubles du langage des adolescents au cours d'une étude menée plus récemment (McMurray, Munson, & Tomblin, 2014), contrairement à un déficit portant sur le traitement. Le paradigme du monde visuel était couplé à une épreuve de catégorisation phonologique pour évaluer les variations de perception du signal de parole lors du traitement auditif en reconnaissance de mots.

Dans une étude réalisée auprès d'enfants plus jeunes (Andreu, Sanz-Torrent, & Guardia-Olmos, 2012), la reconnaissance des noms, examinée via le PMV, était plus rapide que la reconnaissance de verbes pour tous les participants, avec et sans TSLO (âgés de 5;3 à 8;2 ans). En faisant varier le degré de complexité des verbes (i.e. le nombre d'arguments), les auteurs ont observé que les enfants avec TSLO étaient plus lents que les contrôles pour reconnaître les verbes à trois arguments. Sur un plan méthodologique, les proportions de fixations ont été analysées chez trois groupes de participants : groupe TSLO, groupe TD appariés en âge et groupe TD appariés selon la longueur moyenne de mots prononcés. Dans la première fenêtre temporelle, déterminée entre 200 et 1000 ms après le début du mot (i.e. après élimination des 200 ms correspondant au temps de planification des saccades), les participants des trois groupes ont eu des comportements exploratoires comparables : les images les plus animées étaient davantage fixées. En revanche, lors de la seconde fenêtre temporelle [1000 - 2000 ms], l'analyse des interactiond a révélé des différences entre le groupe TSLO et le groupe TD apparié selon l'âge. L'hypothèse d'une limitation du traitement verbal et d'un ralentissement présent uniquement chez les enfants du groupe TSLO a été testée, les enfants des trois groupes ayant des temps de réaction similaires à une seconde expérience ne mettant pas en jeu les habiletés langagières (Andreu et al., 2012). Les résultats de cette étude soulignent l'importance d'analyser le décours temporel du traitement des informations aux tâches oculométriques, spécialement chez les jeunes enfants chez qui les changements développementaux sont ainsi mis en exergue, concernant la vitesse de traitement et d'accès au lexique ou encore la vitesse de dégradation de la trace verbale en MCT.

Le paradigme serait donc sensible à la pathologie et permettrait d'objectiver des patterns d'exploration visuelle différents dans une population comparativement à une autre. Des hypothèses ont ainsi été émises au sujet d'une activation lexicale spécifique chez les individus présentant des troubles du langage, notamment au vu des décours temporels du traitement lexical et de la sensibilité aux compétiteurs lexicaux. Plusieurs études associant la technique oculométrique et des paradigmes d'apprentissage des nouveaux mots ont également été réalisées chez de très jeunes participants sans retard (Bion, Borovsky, & Fernald, 2013; Swingley, & Aslin, 2007) et chez de jeunes enfants présentant un retard d'acquisition du langage (Ellis et al., 2015).

Partie 3. Apprentissage de nouveaux mots via la procédure du *fast mapping*

L'ensemble des données présentées dans le chapitre 2 au sujet de l'acquisition des nouveaux mots chez l'enfant étaient obtenues grâce à l'utilisation de paradigmes d'apprentissage intitulés de différentes manières dans la littérature : *word learning, fast mapping, slow mapping.* Après avoir détaillé les principes généraux de ces procédures expérimentales, nous centrerons le propos sur le paradigme du fast mapping, en précisant les spécificités à apporter pour son adaptation auprès du jeune enfant et chez les individus souffrant de TSLO.

Encadré 4

Procédure d'apprentissage de nouveaux mots

Les tâches d'apprentissage de mots décrites par Gray et Brinkley (2011) sont organisées en blocs, s'étendant sur plusieurs jours. Durant le premier bloc, l'examinateur présente un objet en le dénommant et demande à l'enfant de répéter le nom, en fournissant un feedback. Cette procédure est réitérée pour chaque nouvel objet.

Ensuite, une tâche de production est administrée pour chaque objet (l'expérimentateur s'adresse à l'enfant : « Qu'est-ce que c'est ? » ou « Qu'est-ce que tu tiens ici ? ») ainsi qu'une tâche de compréhension (« Montre moi le [mot cible] ! » ou « Peux tu me donner le [mot cible] ? »). Cette procédure est répétée dans les blocs II et III, avec un ordre de présentation des objets différent. Le quatrième bloc est composé des deux tâches uniquement (compréhension et production) et un retour peut être fourni, positif si la réponse est bonne ou une correction si la réponse est erronée. Les blocs sont administrés en sessions réparties sur plusieurs jours et le dernier jour, les participants exécutent les tâches finales de production, reconnaissance puis compréhension, parfois une épreuve de dessin est ajoutée.

Contrairement à cette procédure fastidieuse et coûteuse sur un plan temporel, la procédure du fast mapping est plus courte et implique une présentation initiale, suivie d'un test de compréhension et d'un test de production du mot avec le support visuel. Les données détaillées dans cette section ne concernent que les épreuves de fast mapping, ce dernier permettant de créer une représentation en mémoire. L'étiquette lexicale correspondant à la forme phonologique du mot est ainsi créée tandis que la connaissance de la signification du mot reste partielle lors de la phase de fast mapping, elle devient précise à mesure de la phase de slow mapping.

Procédure d'appariement rapide

Les capacités de fast mapping des participants sont classiquement évaluées à travers différents tests : en production, en compréhension, en reconnaissance parmi un choix forcé. Des effets planchers ont été observés aux tâches de production ou de dénomination chez des enfants TD de 4 ans (Gray, & Brinkley, 2011; Storkel, & Lee, 2011) encourageant d'autres auteurs à proposer des tâches de reconnaissance des mots appris parmi des items distracteurs non appris (tâche d'identification du référent, Storkel, & Lee, 2011). L'enfant entend le non-mot appris et doit sélectionner l'objet nouveau parmi plusieurs.

Une épreuve de dessin des concepts appris a également été proposée à de jeunes participants, le dessin permettant d'estimer la représentation sémantique que l'enfant s'est créée à la suite de l'apprentissage (Gray, 2005).

L'acquisition de nouveaux mots de vocabulaire consiste à stocker en mémoire de nouvelles représentations lexicales sous leur forme phonologique. Chaque nouveau mot possédant des

caractéristiques sémantiques parfois communes à d'autres concepts (e.g. des propriétés visuelles ou fonctionnelles), s'inscrit de ce fait au sein d'un réseau de connaissances en MLT. Selon les modèles, les réseaux sont organisés en unités phonologiques et lexico-sémantiques reliées entre elles par des liens plus ou moins forts (reflétant le partage des caractéristiques communes entre les unités). La représentation du nouveau concept doit être établie de manière stable et durable dans le temps. Elle se construit progressivement au fur et à mesure que le concept est rencontré ; ce processus suppose une situation d'appariement relativement lent (en anglais *slow mapping*, Carey, 1987). Le processus d'apprentissage de mots (*word learning)* inclut l'appariement rapide (*fast mapping,* Alishahi, Fazly, & Stevenson, 2008*)* qui permet l'acquisition de la représentation de la forme initiale du mot et de sa signification. Dans la littérature, plusieurs terminologies sont utilisées : l'*extended mapping* (Carey, 2010) fait référence au processus d'apprentissage prolongé d'un mot, qui se fait à travers les différentes expériences de l'individu au cours desquelles le nouveau mot est rencontré dans son contexte ; le contexte d'apprentissage soutenu (*supported learning context)* décrit une procédure d'apprentissage en différentes sessions, réparties sur plusieurs jours, au cours desquelles les mots sont présentés à de nombreuses reprises et des feedback sont fournis (Gray, 2005; Gray, Brinkley, & Svetina, 2012; cf. résumé des différentes procédures, encadré 4). La procédure du *fast mapping,* utilisée initialement par Carey et Bartlett en 1978, traduit la capacité à acquérir de nouveaux mots à la suite de très peu de présentations. Quelques expositions suffisent en effet pour créer une représentation associant l'étiquette lexicale de l'objet, sa représentation imagée et sa signification. Cet apprentissage rapide et efficace dès l'âge de 2 ans (Capone, & McGregor, 2005), a lieu tout au long de la vie pour chaque nouveau mot. En outre, la qualité de la représentation créée, détaillée ou approximative, est analysable en manipulant des variables expérimentales dont nous allons, à présent, exposer les caractéristiques.

1. Caractéristiques du matériel à apprendre et conditions d'apprentissage

Dans un premier temps, il convient de préciser que le matériel nouveau à apprendre est dans la grande majorité des études un objet inconnu des participants, voire inexistant. Il peut s'agir de dessins représentant des faux dinosaures inventés par les expérimentateurs (Alt, 2011; Alt, Meyers, & Ancharski, 2012) ou des chimères, parfois modélisées en trois dimensions (Alt, & Plante, 2006; Ellis et al., 2015), des non-objets ressemblant à des objets connus (Storkel, & Lee, 2011) ou encore des

objets ou animaux réels rarement rencontrés dans la vie quotidienne (Gray, & Brinkley, 2011; Gray, 2005; Gershkoff-Stowe, & Hahn, 2007). Les objets varient selon la couleur, la forme, la texture ou le motif, sur le caractère inanimé ou vivant également. Les étiquettes lexicales correspondantes aux représentations visuelles utilisées ont en revanche été entièrement créées par les expérimentateurs pour s'assurer qu'aucune représentation correspondante n'existe. Ainsi, l'influence des caractéristiques phonologiques et phonotactiques des informations verbales à apprendre est contrôlée, rendant possible l'analyse des facteurs facilitant l'apprentissage. Auprès d'une population d'étude relativement jeune, il s'agit fréquemment de non-mots composés de deux syllabes tirés d'une liste proposée par Edwards, Beckman et Munson (2004) et dont la structure est la suivante : CVCVC.

Le paradigme est sensible à la manipulation des caractéristiques phonologiques telles que la probabilité phonotactique (Edwards et al., 2004; Alt, & Plante, 2006) et la densité de voisinage (Storkel, & Lee, 2011; Gray, & Brinkley, 2011). Gray a émis des hypothèses au sujet de l'apparition d'effets de fréquence phonotactique et de familiarité de l'objet dans une étude proposée à des enfants d'âge préscolaire (Gray et al., 2012). Un matériel verbal peu familier, possédant une moindre densité de voisins lexicaux, se trouve être plus rapidement enclenché (*triggering*) lors du premier jour de la procédure d'apprentissage de mots ; c'est également le cas pour les mots de faibles fréquence phonotactique. En revanche, la procédure d'apprentissage étant étalée sur quatre jours dans cette étude, les résultats diffèrent au fil des jours et en fonction de la tâche administrée aux participants (compréhension ou production).

Afin de tester l'hypothèse selon laquelle un encodage enrichi par l'apport d'informations complémentaires favorise l'apprentissage de nouveaux mots, des informations sont apportées aux participants durant la phase de fast mapping (Gray, & Brinkley, 2011). Plusieurs études cherchant à mettre en évidence le bénéfice d'indices phonologiques et sémantiques (Gray, 2005; Gray, & Brinkley, 2011; Alt, & Plante 2006), ont obtenu des résultats divergents. Les indices phonologiques consistent à préciser de manière explicite la forme phonologique du nouveau mot en détaillant le nombre de syllabes, par exemple, ou en détachant le phonème initial. Les auteurs ont manipulé la quantité d'informations fournies en phase d'indiçage (le phonème ou la syllabe initiale) ou le rythme d'énonciation, soit en énonçant les syllabes séparément (si le matériel n'est pas monosyllabique), soit

à l'aide d'indices rythmiques non verbaux (en tapant dans les mains à chaque syllabe énoncée). En revanche, les caractéristiques sémantiques des mots sont fournies par le biais de courtes phrases, telles que la catégorie supra-ordonnée, les caractéristiques physiques de couleur, de forme et de texture, une définition par l'usage ou par association sémantique. Les résultats obtenus chez des enfants âgés de 3 ans à 5;9 ans (Gray, & Brinkley, 2011) ne montraient aucune différence aux tests de compréhension et de production lors de la phase du fast mapping entre les trois conditions d'encodage. L'ensemble des participants a éprouvé des difficultés à retenir les 12 mots ; en moyenne, quatre mots ont été reconnus au test de compréhension et un mot fourni au test de production. Le groupe n'ayant pas reçu d'indice a en revanche obtenu de meilleures performances que le groupe ayant bénéficié de connaissances sémantiques, aucune différence n'ayant été objectivée entre ces deux groupes et celui ayant bénéficié d'indices phonologiques. Les participants avec TSLO ont été nettement meilleurs lorsqu'ils n'ont pas été perturbés par les informations sémantiques ou phonologiques supplémentaires lors de la phase d'encodage des non-mots. Dans une étude antérieure, l'apport de connaissances sémantiques ne semblait pas non plus bénéficier à des enfants de 5 ans présentant un développement typique (Gray, 2005). Ces derniers obtenaient en revanche de meilleures performances en test de compréhension des nouveaux mots que les enfants TD plus jeunes (4 ans), qui avaient des résultats similaires à ceux des enfants en difficultés langagières âgés de 4 et 5 ans (Gray, 2005). Ces résultats suggèrent un effet de l'âge dans le développement normal, qui n'est pas objectivé dans les TSLO. Toutefois, il convient de nuancer cette interprétation car aucun groupe contrôle n'ayant reçu aucun indice pendant l'apprentissage n'a été examiné dans l'étude présentée et l'analyse statistique a été remise en question (Kan, & Windsor, 2010).

Le fait que l'apport de connaissances phonologiques désavantage les enfants avec TSLO paraît cohérent car les mécanismes de décomposition syllabique et de segmentation phonémique sont peu efficients dans cette population. Les auteurs ont basé leur supposition sur la conception de Gathercole et Baddeley (1989), selon laquelle le déficit de stockage d'informations phonologiques empêche la création de nouvelles représentations dans les TSLO. Toutefois, la méthode utilisée par Gray (2005) pour fournir les indices phonologiques fait appel à des compétences de conscience phonologique et des habiletés méta-cognitives encore peu développées à 4 ans. Au contraire, l'absence d'effet des indices sémantiques semble quelque peu contre-intuitive. Il est envisageable que

les précisions apportées n'aient pas été suffisantes pour développer les représentations mentales de ces jeunes participants. En ce sens, les dessins réalisés par les enfants à la fin de la procédure d'apprentissage étendue sur plusieurs jours, ont été nettement plus riches que ceux effectués à la suite du fast mapping.

Les contextes d'apprentissage et de présentation des nouveaux mots varient selon les objectifs des études. Initialement, Carey avait montré que les enfants de 3 ans pouvaient apprendre la signification d'un mot nouveau s'il était présenté en contraste avec un autre mot (e.g. la couleur Chromium, Gershkoff-Stowe, & Hahn, 2007). Les stimuli ont été présentés dans des conditions non linguistiques - le silence ou le bruit - et dans des conditions linguistiques - avec des non-mots dont la probabilité phonotactique variait - (Alt, & Gutmann, 2009) et associés à un autre mot, ou avec plusieurs mots dans un contexte sémantique. Les nouveaux mots sont ainsi intégrés au sein d'un récit narratif mettant en scène l'objet dans un contexte naturel ou dans une vidéo. Une procédure s'apparentant au fast mapping créée par Demke, Graham, et Siakaluk (2002), consistait à proposer un apprentissage de nouveaux mots à des enfants âgés de 4 ans en y associant de nombreux voisins phonologiques énoncés à travers des petites histoires (i.e. rimant avec le mot cible). Les auteurs ont montré que les participants retiraient davantage de bénéfices lorsque les voisins phonologiques étaient énoncés après la phase d'apprentissage plutôt qu'avant, favorisant ainsi le maintien de la représentation phonologique nouvellement créée.

Un apprentissage incident de nouveaux mots exposés à travers un contexte naturel a été développé par Rice et collaborateurs. Ce paradigme d'apprentissage rapide (*Quick Incidental Learning* en anglais, Rice, Oetting, Marquis, Bode, & Pae, 1994), variante de la méthode du fast mapping, ne fournit aucune instruction et sollicite la mémoire implicite et associative. Les participants ont simplement pour tâche de regarder attentivement une vidéo au cours de laquelle les mots/objets sont présentés à des fréquences différentes (3 fois pour une faible fréquence, 10 fois pour une fréquence élevée). Dans ce contexte, six expositions seraient suffisantes pour permettre à des enfants de 3 ans de comprendre un nouveau mot tandis qu'un plus grand nombre d'exposition serait nécessaire pour un enfant avec TSLO (Rice et al., 1994). Une étude longitudinale menée sur 3 années (Gershkoff-Stowe, & Hahn, 2007) auprès d'enfants âgés de 16 à 18 mois a également mis en

évidence les bénéfices de l'exposition répétée à des mots à un stade précoce du développement. Deux groupes d'enfants recevaient deux types d'apprentissage : soit un entraînement de 12 séances hebdomadaires (groupe expérimental), soit deux séances à 12 semaines d'intervalle (groupe contrôle). L'entrainement a été bénéfique dans le groupe expérimental, qui s'est montré plus performant pour apprendre d'autres nouveaux mots (71% d'identification correcte), comparativement à leurs pairs du groupe contrôle (38% d'identification). Les performances en fast mapping des participants entraînés ont été nettement meilleures, suggérant un renforcement des processus d'activation lexicale possible avant l'explosion du vocabulaire.

Pour résumer, une unique exposition au nouveau mot est suffisante pour permettre à des enfants d'âge préscolaire de comprendre et de produire ce mot, les performances étant meilleures à l'épreuve de compréhension (Dollaghan, 1985). Toutefois, la quantité d'informations phonologiques et sémantiques doit être suffisante afin de créer une représentation. Cette dernière gagne en robustesse grâce à la répétition des expositions qui renforce les liens entre les connaissances phonologiques, lexicales et sémantiques (Gray, & Brinkley, 2011).

2. Apprentissage du vocabulaire chez l'enfant avec et sans troubles

L'accroissement du vocabulaire à un stade précoce du développement a fait l'objet de nombreuses recherches demandant à des nourrissons d'apprendre des nouveaux mots, la procédure de fast mapping étant applicable dès 13 mois (Kay-Raining Bird, & Chapman, 1998). L'objectif secondaire de ce type d'études est de trouver des indicateurs précoces permettant de prédire l'évolution des parleurs tardifs via l'analyse des processus d'apprentissage du vocabulaire chez les individus typiques au regard des enfants développant tardivement le langage. Les performances des enfants de 24 mois parlant tardivement sont inférieures en compréhension et production, comparativement à celles de leurs pairs au développement typique (Ellis Weismer, Venker, Evans, & Moyle, 2013). Toutefois, bien que les effectifs soient importants dans chaque groupe (n = 32), le matériel à apprendre était critiquable car il s'agissant de deux nouveaux mots à apprendre composés d'une syllabe (CVC).

La principale différence entre les groupes pathologiques et contrôles a été objectivée aux

tests de production (Dollaghan, 1987; Ellis Weismer, & Hesketh, 1996; Gray, 2003), révélant l'importance du choix de la tâche administrée pour l'évaluation du fast mapping. En effet, l'absence de différences majeures entre les groupes dans les études plus récentes, aux épreuves de compréhension du fast mapping suggèrent que les processus de détection et de déclenchement (*triggering*) fonctionnent chez les enfants avec TSLO et que les étapes suivantes de l'acquisition des nouveaux mots pourraient être altérées (McKean et al., 2014; Kan, & Windsor, 2010). Les variables telles que la densité de voisinage, la probabilité phonotactique et le degré de familiarité ont été manipulées dans de rares études menées auprès d'enfants pour lesquels le diagnostic de TSLO a été porté, âgés de 3 à 6 ans (McKean et al., 2014; Gray et al., 2012). Aucune différence entre les groupes de participants appariés sur l'âge chronologique (McKean et al., 2014) et l'âge lexical (Gray et al., 2012) n'a été mise en évidence au cours des tâches de compréhension des mots nouvellement appris. Gray et Brinkley (2011) retrouvent un effet délétère des indices fournis lors de l'encodage sur la capacité d'apprentissage dans le groupe d'enfants avec TSLO, et ce quel que soit le type d'indices fournis dans la phase de fast mapping (sémantiques ou phonologiques). Ces résultats ne sont pas en faveur d'un bénéfice de l'indiçage dans le groupe contrôle ; toutefois la constitution du groupe TSLO est remis en question et sur le plan méthodologique, les mots ont été répétés six fois, ce qui apparaît élevé comme taux d'exposition.

Le nombre d'expositions doit être considéré lors de la phase de présentation des nouveaux mots/images, les effets de groupes pouvant disparaître si la fréquence d'exposition aux mots augmente (cf. méta-analyse, Kan, & Windsor, 2010). Les enfants avec TSLO améliorent leurs performances si la fréquence de présentation est élevée, toutefois cela dépend fortement de la nature du matériel verbal à apprendre : les verbes d'action seraient en effet plus difficiles à apprendre en fast mapping comparativement aux noms, notamment en raison de leurs propriétés syntaxiques (Alt et al., 2004; Rice et al., 1994; Skipp, Windfuhr, & Conti-Ramsden, 2002). Par ailleurs, en comparant les performances d'enfants avec et sans TSLO d'âges différents (i.e. à 3, 4, 5 et 6 ans), Gray (2006) conclut que les groupes d'enfants suivent un pattern de développement globalement similaire. Les différences observées apparaissent uniquement à l'âge de 5 ans, les enfants avec TSLO ayant des performances inférieures à celles de leurs pairs du même âge aux tâches de compréhension et de production du fast mapping. A nouveau, il semble nécessaire d'examiner davantage l'année spécifique

des 5 ans. Notons toutefois que l'étude menée par Gray n'est pas longitudinale, rendant difficile l'interprétation des performances de ce groupe au regard des autres.

Partie 4. Questions de recherche

L'étude des capacités de mémoire à court terme et d'apprentissage de nouveaux mots chez les enfants souffrants de TSLO est un domaine de recherche qui se développe depuis plusieurs décennies. La méthodologie utilisée auprès de cette population est toutefois remise en question car elle sollicite notamment les modalités de réponses verbale et motrice, et contrôle peu les temps de présentation des items et les temps de réponse. Ce travail de recherche tente de contourner ces différents biais en proposant une méthode novatrice via l'oculométrie. L'étude du traitement cognitif en temps réel apparaît en effet adaptée à l'étude des mécanismes d'enfants présentant des déficits langagiers, particulièrement pour les troubles expressifs. Dans un premier temps, quatre études visaient à examiner les mécanismes d'encodage et de mémorisation des informations verbales familières d'enfants avec TSLO. Dans un second temps, les capacités d'apprentissage de vocabulaire de ces derniers ont été analysées via le paradigme d'appariement rapide de nouveaux mots.

L'adaptation du protocole expérimental à l'examen de la MCT proposant une modalité de réponse non verbale, devait être précédée d'une tâche de reconnaissance de mots parlés. Cette dernière visait, d'une part, à contrôler le matériel verbal et visuel, et, d'autre part, la RMP permettait de tester l'hypothèse du déficit d'activation des représentations lexicales des enfants avec TSLO, ainsi que les hypothèses concernant les déficits phonologiques et la sous-spécification des représentations phonologiques.

Les déficits de MCT obtenus aux épreuves classiques de répétition verbale ont ensuite été analysés au regard des comportements oculomoteurs des enfants à notre adaptation du paradigme oculométrique, destiné à évaluer la capacité de rétention d'une information verbale. La tâche proposait deux types de délai de rétention : soit silencieux, soit composé de non-mots. Ces conditions visaient dans un premier temps à préciser la qualité du stockage à court terme des mots chez les enfants avec TSLO et, dans un second temps, à tester l'hypothèse de l'effet de suppression auditive.

Récemment, plusieurs études menées chez de jeunes enfants ont associé le paradigme du monde visuel à des procédures d'apprentissage de mots (Weighall, Henderson, Barr, Cairney, & Gaskell, 2017), et plus précisément à la procédure d'appariement rapide (*fast mapping,* Ellis et al., 2015; Jackson et al., 2016). L'existence d'un déficit spécifique lors du processus d'apprentissage de mots dans les TSLO était également testée auprès de notre population d'étude, cherchant à déterminer l'origine du déficit : lors de la reconnaissance du nouveau mot, lors de la création de la nouvelle représentation, ou pour établir des liaisons entre la nouvelle représentation et les connaissances existantes au sein du lexique (Hoover et al., 2010). Pour cela, les conditions d'apprentissage ont été manipulées afin de déterminer les éventuels bénéfices d'un apprentissage enrichi en connaissances sémantiques. La question de la précision phonologique des nouvelles représentations créées a également été abordée à travers des études manipulant les caractéristiques phonologiques des mots nouveaux.

L'analyse des comportements oculomoteurs des enfants avec TSLO et de leurs performances aux épreuves classiquement utilisées dans la littérature a enfin été envisagée de différentes manières. Les comparaisons ont été réalisées en fonction des effectifs de chaque groupe (ces derniers dépendant de l'âge des participants rencontrés) et en fonction des groupes contrôles appariés aux patients selon l'âge chronologique ou l'âge lexical.

Partie expérimentale

Tableau 1. Résumé des études menées dans le cadre de cette thèse (Reconnaissance de mots parlés, RMP; Mémorisation à court terme, MCT; Apprentissage de nouveaux mots : Fast Mapping).

Titre		Participants (effectif et classe)	Expériences (paramètres des tâches en oculométrie)	Questions
Méthodologie principale reprenant le recrutement des participants, la construction du matériel				
Chapitre 1: Adaptation du paradigme du monde visuel (PMV) à 2 images				
Etude 1 *(RMP)*	**Analyse 1**	N = 99 Comparaison 2 groupes : - TSLO (N = 46) - TD (N = 53)	**RMP :** 3 types d'images : cible, relié, non relié Conditions : - Cible - Non relié : activation lexicale - Cible - Relié : similarité phonologique - Relié - Non relié : sensibilité phonologique	**Existe-t-il un déficit d'accès lexical chez les enfants avec TSLO ?** **Hypothèse de déficit d'accès au lexique** **Les enfants avec TSLO sont-ils sensibles à l'effet de similarité phonologique ?** **Hypothèses de sous-spécification, lenteur de traitement phonologique**
	Analyse 2	Deux appariements • Age lexical (AL) = 5 ans - TSLO-AL5 (N = 37) - TD-AL5 (N = 29) • Age lexical = 7 ans - TSLO-AL7 (N = 9) - TD-AL7 (N = 24)		
Etude 2 *(MCT)*	**Etude 2. A.**	N = 43 Comparaison 2 groupes : - TSLO (N = 19) - TD (N = 24)	**MCT délai long** : cible + 2100 ms 2 types d'images : Cible, Non relié - condition silence - condition suppression auditive (3 non-mots)	**La PMV permet-il de retrouver le déficit de mémorisation des informations verbales dans le TSLO ?** **Hypothèse de déficit de MCT, limite de stockage phonologique**
	Etude 2. B.	N = 58 Comparaison 3 groupes : - TSLO-AL6 (N = 16) - TSLO-AL5 (N = 11) - TD-AL5 (N = 31)	**MCT délai court** : cible + 1400 ms - condition silence - condition suppression auditive (2 non-mots)	**Des enfants plus jeunes sont-ils capables de maintenir l'information après un délai plus court ?**
Chapitre 2 : Paradigme du monde visuel à 4 images				
Etude 1 *(RMP)*	**Etude 1.A.**	N = 92 39 enfants avec TSLO - TSLO 5 ans (N = 21) - TSLO 6 ans (N = 19) 52 enfants TD - TD 5 ans (N = 21) - TD 6 ans (N = 31)	**RMP** : 3 types d'images : Cible - Relié - Non reliés (x2)	**Existe-t-il un déficit d'accès lexical chez les enfants avec TSLO ?** **Hypothèse de déficit d'accès au lexique** **Les enfants avec TSLO sont-ils sensibles à l'effet de similarité phonologique au PMV ?** **Hypothèse de sous-spécification, lenteur de traitement phonologique**
	Etude 1.B.	N = 56 - TSLO 5 ans (N = 21) - TSLO 6 ans (N = 18) - TSLO 7 ans (N = 17)		

<table>
<tr><th colspan="2">Titre</th><th>Participants
(effectif et classe)</th><th>Expériences (paramètres des tâches en oculométrie)</th><th>Questions</th></tr>
<tr><td rowspan="2">Etude 2
(MCT)</td><td>Etude 2.A.</td><td>N = 95

41 enfants avec TSLO
- TSLO 5 ans (N = 20)
- TSLO 6 ans (N = 21)

54 enfants TD
- TD 5 ans (N = 23)
- TD 6 ans (N = 31)</td><td rowspan="2">MCT, délai long :
cible + 2100 ms

3 types d’images : Cible, Relié, Non reliés (X2)

Conditions
- silence
- suppression auditive (3 non-mots)</td><td>Déficit de MCT chez les enfants TSLO en condition silence et plus marqué en condition de suppression auditive ?

Confusion durant le maintien en BP, entre compétiteur et cible ?</td></tr>
<tr><td>Etude 2.B.</td><td>N = 57

- TSLO 5 ans (N = 21)
- TSLO 6 ans (N = 20)
- TSLO 7 ans (N = 16)</td><td>Existe-t-il une progression des capacités de mémorisation avec l’âge chez les enfants TSLO ?</td></tr>
<tr><td colspan="5">Discussion des chapitres 1 et 2</td></tr>
<tr><td colspan="5">Chapitre 3 : Fast Mapping et Monde visuel (RMP, 4 images)</td></tr>
<tr><td>Etude 1</td><td>Contrôle
Mot connu</td><td rowspan="4">N = 80

2 types d’apprentissage :
• contexte enrichi (+)
• lexical (-)

Comparaison 3 groupes :
- TSLO 5-6 ans (N = 19)
- TSLO 7-8 ans (N = 22)
- TD 5-6 ans (N = 39)</td><td>- Cible = connu ‘BROSSE‘
- Compétiteur = appris ‘Crosse’</td><td>Existe-t-il un effet de compétition phonologique entre le mot connu et le mot nouveau ?</td></tr>
<tr><td>Etude 2</td><td>Similarité phonologique</td><td>- Cible = appris ‘CROSSE’
- Compétiteur = connu ‘Brosse’</td><td>L’apport de connaissances sémantiques améliore-t-il la mémorisation de nouveaux mots chez l’enfant avec TSLO ?</td></tr>
<tr><td>Etude 3</td><td>Similarité sémantique</td><td>- Cible = appris ‘CROSSE‘
- Compétiteur = connu ‘Canne’</td><td>Le groupe avec apprentissage sémantique est-il plus sensible à la compétition sémantique ?</td></tr>
<tr><td>Etude 4</td><td>Contrôle Non-mot</td><td>Non-mot entendu ‘/dros/‘

- Compétiteur connu ‘BROSSE‘
- Compétiteur appris ‘Crosse’</td><td>Les enfants avec TSLO ont-ils une représentation phonologique du mot appris ?</td></tr>
<tr><td colspan="5">Discussion du chapitre 3</td></tr>
</table>

Méthodologie

La méthode étant identique pour les différentes études de ce travail de recherche, ce chapitre vise à détailler la manière dont a été recruté l'ensemble des participants, la construction du matériel utilisé pour les différentes expériences et la procédure des deux tâches principales (reconnaissance de mots parlés et mémoire à court terme). Les modifications ont été précisées dans chaque étude, ainsi que la procédure et le matériel spécifique pour l'apprentissage de nouveaux mots (fast mapping, chapitre 3).

Participants

1. Recrutement des patients

Les enfants souffrant de TSLO (en majorité des enfants de sexe masculin) ont été recrutés entre le mois de mars 2014 et le mois de mars 2017 au sein du service de neuropédiatrie du Docteur Boidein à l'hôpital Saint Vincent de Paul (Groupement de Hôpitaux de l'Institut Catholique de Lille). Les enfants avec TSLO inclus dans l'étude devaient être âgés entre 3 ans et 8 ans, afin d'encadrer l'âge auquel le diagnostic de TSLO peut être posé (4 ans), et l'âge au-delà duquel il est possible de déterminer si les troubles persistent ou s'ils se résorbent (6 ans). Ainsi, plusieurs classes d'âge ont été étudiées, correspondant principalement à 5 niveaux scolaires : petite section de maternelle (PSM), moyenne section (MSM), grande section (GSM), classe préparatoire (CP) et cours élémentaire 1 (CE1).

Avant d'être inclus dans l'étude, chaque enfant a bénéficié au minimum d'un bilan psychologique et d'un examen orthophonique du langage oral proposés au sein du service, en secteur libéral ou en milieu scolaire. Les résultats de ces examens confrontés aux données anamnestiques, ont été discutés lors des réunions de synthèse pluridisciplinaire, amenant le neuropédiatre à confirmer l'hypothèse diagnostique de TSLO. Dans notre cas, la participation à l'étude a été proposée une fois le diagnostic confirmé par l'équipe pluridisciplinaire. Les enfants présentant des troubles associés aux TSLO tels que des troubles de coordination motrice, une faible acuité visuelle ou des déficits attentionnels et une instabilité psychomotrice, n'ont pas été inclus dans l'étude afin de ne pas biaiser

le recueil des données oculométriques. La comorbidité entre les TSLO et les troubles moteurs ou attentionnels reste non négligeable (Mazeau, & Pouhet, 2014) et les échantillons de nos études apparaissent de ce fait, partiellement représentatifs de la population d'enfants souffrant de TSLO. Selon les critères diagnostiques des TSLO (cf. encadré 1), aucun participant ne présentait de carence particulière (socio-éducative, psycho-affective), de troubles neurologiques, de surdité ou encore de trouble du spectre autistique. Aucun des participants avec TSLO n'a également été adopté. Les parents ont eu à remplir le questionnaire de développement (cf. annexe), permettant de relever les éventuelles difficultés rencontrées dans la période néo-natale, les anomalies chromosomiques si une analyse génétique a été réalisée et les différentes prises en charge dont l'enfant a bénéficié depuis sa naissance.

Parents et enfants ont été informés du contenu de l'étude à travers une lettre d'information détaillant la procédure expérimentale (proposée en version bande dessinée pour les enfants) et les risques éventuels, validée par le comité de protection des personnes (CPP Nord Ouest V). Tous les consentements de participation ont été recueillis avant la réalisation de l'expérience.

Les tests cognitifs et orthophoniques ont été proposés par différents professionnels appartenant soit au service de neuropédiatrie, soit à l'éducation nationale (psychologue scolaire), ou étant des praticiens en secteur libéral (orthophoniste et psychologue). Outre le fait que les outils psychométriques diffèrent selon l'âge des enfants, les différents praticiens n'utilisent pas les mêmes outils pour évaluer les capacités cognitives et langagières des enfants. Les évaluations psychométriques proposant une estimation du potentiel intellectuel de l'enfant, établissent un profil cognitif dont la compatibilité est étudiée au regard du trouble langagier. Une dissociation des compétences, au détriment des aptitudes langagières et au profit des capacités de raisonnement non verbal est recherché à l'aide des tests évaluant le quotient intellectuel.

Afin d'obtenir une mesure commune des capacités intellectuelles de tous les participants et de leurs habiletés mnésiques et langagières, cinq épreuves ont été administrées à chaque enfant lors de la visite d'inclusion. Les tests évaluant l'intelligence fluide (PM-47, Matrices progressives en couleur, Raven, Court, & Raven, 1986) et le niveau lexical en réception (EVIP-A, Dunn et al., 1993, adaptation

francophone du *Peabody Picture Vocabulary Test*, Dunn, & Dunn, 1981) ont été proposés en première intention avant les épreuves oculométriques. En accord avec Alloway et ses collaborateurs (2004), trois épreuves évaluant les capacités de mémoire à court terme auditivo-verbale ont été proposées aux enfants : la répétition de chiffres (ELOLA, De Agostini, Metz-Lutz, Curt, & Dellatolas, 1996), la répétition de non-mots (Poncelet, & Van der Linden, 2003) et la répétition de phrases (NEPSY-I, Korkman, Kirk, & Kemp, 2003). Les trois épreuves de répétition évaluent respectivement la mémoire verbale à différents degrés linguistiques : phonologique pour la répétition de non-mots (matériel non significatif), phonologique et lexical pour les chiffres (matériel très familier), lexical et syntaxique pour les phrases. Le choix des outils d'évaluation dépendait principalement de l'étalonnage des épreuves, devant correspondre aux classes d'âge de notre population d'étude, et de leurs qualités psychométriques (Leclercq et al., 2013). Ces dernières ont été administrées en alternance avec les tâches en oculométrie afin de dynamiser et rythmer la passation expérimentale auprès des jeunes enfants. Certains, sensibles à la difficulté au cours de ces épreuves de répétition, ont exprimé leur refus de poursuivre l'expérience et n'ont donc réalisé qu'une seule expérience oculométrique sur deux. Pour cela, les effectifs diffèrent légèrement selon les études exposées.

2. Recrutement des témoins

Les enfants au développement typique (TD) étaient rencontrés au sein de leur école, toutes situées dans le département du Nord de la région Haut de France, après avoir obtenu l'accord des enseignants et directeurs d'écoles et après signature du consentement par les parents. Les enfants TD étaient scolarisés en maternelle (MSM et GSM) et en CP. Le questionnaire de développement a permis d'exclure de notre recueil les données des enfants ayant souffert de troubles neurologiques (e.g. épilepsie) ou ayant souffert de difficultés particulières au cours de leur développement, notamment si cela a nécessité une rééducation orthophonique. De plus, pour les enfants inclus, aucune baisse auditive n'était rapportée dans le questionnaire rempli par les parents, ni aucune baisse de leur acuité visuelle non corrigée. Les enfants vivaient au sein de famille de niveau socio-économique moyen.

L'ensemble des enfants retenus dans l'étude a obtenu un score standard égal ou supérieur à -1 SD au test de raisonnement non verbal proposé en première intention et permettant une estimation du quotient intellectuel global (Raven, Court, & Raven, 1986). Les compétences langagières ont été

partiellement estimées à l'aide de l'épreuve de désignation d'images sur entrée verbale testant la compréhension de mots (EVIP-A, Dunn, Thériault-Whalen, & Dunn, 1993). Bien que le calcul de l'âge lexical à l'aide de l'EVIP a été remis en question dans la littérature (Maloney, & Larrivee, 2007), les âges lexicaux des enfants tout-venants ont été comparés à ceux des enfants avec TSLO pour chaque étude, ainsi que les performances (en notes brutes et z-scores).

3. Appariement des participants

Pour l'ensemble de ce travail, aucun appariement selon le sexe n'a été possible étant donné le sexe ratio des enfants avec TSLO (large majorité de garçons dans notre population d'étude) et la répartition équivalente des enfants de sexes masculins et féminins dans le cadre scolaire. L'appariement des participants selon l'âge chronologique ou suivant l'âge lexical a été justifié dans chacune des études présentées. Notons que deux types d'appariements lexicaux existent dans la littérature (Kan, & Windsor, 2010). L'âge lexical peut être basé sur le niveau de vocabulaire réceptif (estimation à partir du score obtenu à la tâche de lexique en réception EVIP), soit sur une capacité langagière de versant expressif estimé par la longueur moyenne des énoncés produits par les enfants. Toutefois, cette seconde mesure est davantage utilisée dans les études axée sur la morphosyntaxe (Leonard, 2014) car elle permettrait de prédire les capacités de langage écrit. Enfin, un appariement entre le niveau de vocabulaire en expression des enfants avec et sans TSLO était également réalisé dans certaines études (Gray et al., 2012), au risque de ne pas considérer les enfants présentant principalement une atteinte du versant réceptif.

Malgré l'absence de troubles attentionnels ou moteurs associés au sein de notre population d'étude, une grande hétérogénéité des profils langagiers existait dans l'échantillon. Les atteintes langagières touchaient les deux versants (expressifs et réceptifs) ou étaient prédominantes sur un versant, la production principalement. Les troubles phonologiques étaient également souvent associés ainsi que les troubles praxiques de la sphère bucco-linguo-faciale. Toutefois, l'objectif expérimental étant d'étudier les capacités de MCT chez l'ensemble des enfants avec TSLO, les profils langagiers n'ont pas été spécifiés et les effectifs des différentes études étaient constitués indifféremment des domaines et versants altérés.

Matériel

Le matériel verbal et visuel présenté ci-après concerne les études 1 et 2, utilisant les stimuli identiques pour la tâche de reconnaissance de mots parlés (RMP) et pour la tâche de mémoire à court terme (MCT), cette dernière utilisant également des non-mots. Afin de clarifier notre propos, le matériel spécifique de l'étude 3 pour l'apprentissage rapide de nouveaux mots a été détaillé dans le chapitre dédié à cette recherche.

1. Construction des stimuli auditifs

- *Mots (RMP et MCT)*

Les 44 mots uni-syllabiques étaient de structures syllabiques différentes (CV, CVC, CCVC, CVCC) présentés aux participants à travers deux listes distinctes. Ces stimuli verbaux ont été sélectionnés dans la base de données lexique.org, sur base de critères spécifiques : leur familiarité mesurée via l'âge d'acquisition (AoA pour *age of acquisition* en anglais, Ferrand, Grainger, & New, 2003) du concept lexical, inférieur à quatre ans, et leur imageabilité élevée (Bonin, Méot, Ferrand, & Roux, 2011). La sélection des mots a été contrôlée préalablement à travers une épreuve de dénomination écrite administrée à 200 adultes. Ainsi, chaque participant a pu écrire le mot correspondant à l'image, et également estimer l'âge d'acquisition du mot écrit. Seuls les AoA des bonnes réponses ont été considérés dans notre analyse. Les items utilisés dans la phase expérimentale présentaient une haute familiarité afin de s'assurer que l'étiquette lexicale du concept soit bien stockée dans le système sémantique des enfants.

Les stimuli verbaux ont été initialement enregistrés dans un studio dont l'acoustique fournissait des conditions idéales d'enregistrement sonore. Chaque mot a été lu plusieurs fois par un individu de sexe féminin différent de l'expérimentateur, l'enregistrement a été échantillonné à 44.100 Hz avec une résolution de 16 bits. Les mots cibles ont ensuite été traités sur le logiciel *Audacity* (sur un ordinateur Macintosh), puis sélectionnés suivant leur qualité acoustique et l'intonation du locuteur. L'objectif était d'uniformiser autant que possible les productions verbales. Ces dernières ont enfin été proposées à 10 adultes ayant pour tâche de reconnaître chaque mot parlé. La discrimination des stimuli devait être

optimale pour pouvoir les proposer aux enfants. En moyenne, la durée d'un mot était de 511 ms (SD = 92 ms) (cf. détails des caractéristiques des mots en annexe).

Afin d'adapter le paradigme du monde visuel à notre étude de la mémoire, les mots ont été présentés de manière isolée, sans le contexte d'une phrase, de manière à minimiser le traitement linguistique mis en jeu lors de la compréhension syntaxique. De plus, l'unique présentation de l'information à retenir permettait d'éviter l'effet facilitateur (Nation, Marshall, & Altmann, 2003) retrouvé en manipulant les marqueurs de genre (e.g. Où se trouve *la* buche ? vs Où se trouve *le* bus ?).

Chaque mot cible était associé à une image cible et était apparié à une image dont l'étiquette lexicale était reliée sur le plan phonologique et enfin, à deux images distractrices non reliées. La cible et le distracteur relié partageaient des similarités phonologiques, avec une variation soit sur le début des mots (similarité des phonèmes finaux, e.g. casque/masque), soit sur la fin des mots (similarité des phonèmes à l'attaque, e.g. vague/vache).

Afin d'éviter un phénomène d'habituation des participants face au matériel, les enfants ayant eu la liste A à la tâche de RMP (mot cible : casque, compétiteur : masque), ont reçu la liste B en tâche de MCT (mot cible : masque, compétiteur : casque) et inversement. Les stimuli sont présentés en annexes. De plus, le nombre de mots cibles a été réduit dans la tâche de mémoire (32 mots sélectionnés parmi les 44 mots de RMP) afin de ne pas proposer une tâche trop longue aux jeunes enfants.

- *Non-mots[13] (condition suppression auditive de la tâche de MCT)*

Les 96 non-mots utilisés pour les délais de suppression auditive avaient été enregistrés par la même personne de sexe féminin, puis numérisés sur *Audacity* selon la même procédure que les mots cibles (44.100 Hz et 16 bits). Les non-mots d'une durée moyenne de 539 ms étaient présentés séparément selon un rythme régulier, toutes les 700 ms. La valeur de 700 ms a été déterminée à partir des études précédentes (médiane des valeurs de Gathercole et al., 2001 : 750 ms et Majerus et al., 2006 : 650 ms), et de la longueur moyenne des stimuli verbaux (durées moyennes des mots et

[13] De manière arbitraire, nous avons choisi d'appeler ces stimuli des NON-mots et pas de PSEUDO-mots, toutefois les non-mots créés sont tous prononçables et respectent les règles phonotactiques de la langue française.

non-mots : 515 ms, SD = 82). Le temps d'énonciation a été contrôlé afin que les participants n'aient pas l'impression que la séquence de stimuli verbaux soit un seul mot multisyllabique (durée moyenne entre les mots : 185 ms).

Les non-mots étaient phonologiquement différents, entre eux et éloignés de la cible également, afin d'éviter l'effet de similarité phonologique (Gathercole et al., 2001; Nishiyama, & Ukita, 2013). La durée du silence (condition de délai silencieux) qui suivait le mot cible, correspondait à la séquence de non-mots de la condition de suppression auditive. Une séquence de stimuli pouvait alors varier en fonction du nombre de non-mots sélectionnés : empan 4 (mot cible + 3 non-mots) ou empan 3 (mot cible + 2 non-mots) et s'adapter au niveau de difficulté requis dans l'expérience et du nombre d'informations inclus dans la capacité de stockage en MCT des enfants (Cowan, 2000).

En accord avec les travaux de Majerus distinguant les processus de rétention de l'item des processus traitant l'ordre sériel des items et au vu de l'objectif de notre étude, le mot cible a toujours été placé en première place dans la séquence auditive. La rétention du mot cible est ainsi maximisée suivant l'effet de primauté généralement plus long que l'effet de récence (Majerus, Leclercq et al., 2009, Gathercole et al., 2001).

2. Construction des stimuli visuels (images de RMP et MCT)

A chaque mot cible, une image cible était associée, ainsi qu'une image distractrice, reliée sur le plan phonologique et deux images non reliées, dont les étiquettes lexicales étaient de structures syllabiques équivalentes. L'ensemble des images a été dessiné pour cette étude par Dieu (2013)[14], s'étant inspiré de la banque d'images de Snodgrass et Vanderwart (1980) et de Cycowicz, Friedman, Rothstein et Snodgrass (1997). Afin de s'assurer que les images soient reconnaissables et identifiables, elles ont été présentées à 200 participants. Le taux de bonnes réponses à la tâche de dénomination était de 94,4%.

Nous avons cherché à minimiser le traitement visuo-attentionnel en présentant les items isolément, sur un fond neutre sans texture, de couleur blanche. Afin de contrôler au maximum la complexité de la

[14] Premier volet du projet *Avatalk* (financement iCAVS 2014-2015) : création de 130 dessins par Arnaud Dieu (graphiste et illustrateur) et validation du matériel.

scène visuelle et de contrôler l'influence des représentations conceptuelles, les images étaient dessinées en traits noirs sur fond transparent. Les enfants de trois ans sont sensibles à la couleur au cours d'une tâche de préférence visuelle (Johnson, & Huettig, 2011) et la vitesse de reconnaissance des images est plus rapide pour des images colorées ou grisées (Rossion, & Pourtois, 2004).

- Disposition et taille des images dans le paradigme à 2 images (chapitre 1) : deux images mesurant 591 x 591 pixels (300 dpi), étaient disposées à gauche et droite de l'écran. Les stimuli perçus mesuraient donc 14.94° x 14.94° d'angle visuel, pour une distance de 60 cm entre le participant et l'écran. Horizontalement, les images étaient séparées par 13.18 cm (498 pixels), correspondant à 12.58° d'angle visuel.
- Disposition et taille des images dans le paradigme à 4 images (chapitres 2 et 3) : les images étaient disposées aux quatre coins de l'écran, redimensionnées à la taille de 400 x 400 pixels (300 dpi), correspondant à 10.1° x 10.1° d'angle visuel. Les images étaient distantes l'une de l'autre de 6.61 cm sur le plan vertical (6.31° d'angle visuel) et de 23.28 cm horizontalement (22.23° d'angle visuel).

3. Appareil

Figure 3. Illustration du dispositif expérimental, l'enfant est placé devant l'oculomètre RED-120.

Pour l'ensemble des études de notre travail, le déroulement de l'expérience a été programmé sous *Matlab* R2012b et l'utilitaire *Psychtoolbox* (version 3.0.9, Brainard, 1997), lancé par un portable HP raccordé à un écran *Dell* de 22 pouces, présentant les stimuli visuels. Les mouvements oculaires

étaient enregistrés par un oculomètre SMI tête libre (*SensoriMotoric Instrument RED system*), dont la vitesse de rafraichissement est de 120 Hz. L'écran d'une résolution 1680 x 1050 pixels, soit aux dimensions de 44.45 x 27.78 cm, correspondait à un angle de vue de 42.45° x 26.53° pour une distance d'observation de 60 cm. Les stimuli auditifs étaient présentés à travers un casque audio binaural de marque *Sennheiser* (HD 449).

Procédures

Chaque participant était rencontré individuellement dans une pièce calme et isolée, dans laquelle les différents tests étaient administrés, ainsi que les protocoles expérimentaux en oculométrie.

1. Calibration

Avant que le programme expérimental soit lancé, une phase de calibration était nécessaire pour détecter la localisation des yeux sur l'écran. Au cours de cette phase, les enfants fixaient une croix se déplaçant à 9 localisations différentes. La consigne était fournie préalablement au début de l'expérience, et chaque enfant était sollicité à demander des précisions si la tâche n'était pas comprise. Aucune réponse verbale ou motrice n'était attendue. Tous les essais décrits ci-dessous, étaient présentés dans un ordre aléatoire, différent pour chaque participant.

2. Tâche de reconnaissance de mots parlés (RMP)

L'essai débutait par une croix de fixation centrale afin de focaliser l'attention des enfants, durant 500 ms. Ensuite les images étaient présentées à l'écran pendant 2000 ms de silence au cours desquelles les participants étaient libres d'explorer l'écran (phase de pré-visualisation). A la présentation du mot cible, l'écran apparaissait encore 2000 ms (phase de visualisation) durant lesquelles les participants dirigeaient leur regard sur les images en réaction au mot entendu. L'intervalle inter-essai était signifié par un écran blanc apparaissant 1000 ms.

Au total, 44 items ont été créés et divisés en deux listes de 22 mots (liste A et liste B). Chaque participant s'est vu proposer une liste. La durée du set expérimental dépendait du nombre d'images

présentées à l'écran et des conditions expérimentales. Ces paramètres ont été spécifiés dans chaque étude.

3. Tâche de mémoire à court terme (MCT)

Chaque essai débutait par une croix de fixation centrale, durant 500 ms suivie d'un écran intermédiaire neutre durant lequel le mot cible était présenté auditivement, suivi d'un délai dont la durée varie en fonction des études. Pendant les 2000 ms suivantes, les images apparaissaient à l'écran, suivies d'un écran blanc présenté pendant 1000 ms, permettant de passer à l'essai suivant.

- *Condition de délai silencieux* : chaque mot cible était suivi d'un délai silencieux (correspondant à la place des non-mots de la seconde condition).
- *Condition de suppression auditive (non-mots)* : afin de tester l'effet de suppression auditive durant le délai, des non-mots étaient présentés consécutivement au mot cible.

Un total de 32 items divisés en deux listes composées de 16 mots (liste A et liste B), chacun présenté aléatoirement au participant dans les deux conditions détaillées ci-dessus (délai silencieux ou délai de non-mots). A nouveau, la durée d'une session expérimentale variait en fonction des paramètres.

Recueil de données

Les données de chaque participant étaient encodées en termes de fixations, saccades, clignements (*blinks)* grâce à un algorithme fourni par le logiciel *SMI*. Seules les fixations provenant de l'oeil gauche ont été analysées, notamment la durée de fixations (ms) correspondant au temps écoulé entre deux saccades successives, ainsi que la position des fixations déterminées par les coordonnées x et y de la position de l'oeil sur l'écran. Les paramètres de détection des fixations correspondaient à une durée minimale de 1 ms et une dispersion maximale de 100 pixels. Les données provenant de l'oculomètre étaient converties par *IDF Converter software* (*SR Research*) pour être ensuite triées par un programme Matlab spécialement créé pour cette étude.

Les mouvements oculaires des participants étaient enregistrés durant l'ensemble des essais (pendant les blancs inter-essais, la croix de fixation amenant l'essai suivant, la phase de pré-visualisation et la

phase de visualisation). Seules les données des deux dernières phases citées ont fait l'objet d'une analyse statistique.

1. Régions d'intérêt

Les zones d'intérêt ont été déterminées en fonction du nombre d'images présentées à l'écran. Pour les premières études proposant un paradigme à deux images, les fixations contenues dans deux zones d'intérêt de 600 x 600 pixels ont été analysées, tandis que les zones correspondaient aux quatre coins de l'écran lors de la présentation des quatre images. Les régions d'intérêt mesuraient 525 x 840 pixels car l'écran a été divisé en quatre. Etant donné le peu de fixations recueillies chez les enfants, les zones ont été élargies aux quarts de l'écran en supposant que l'enfant traite l'image dans son champ visuel périphérique.

2. Fenêtres temporelles d'intérêt

Les fenêtres d'analyse étaient différentes selon l'expérience proposée (RMP ou MCT). Dans la première tâche (RMP), une phase de pré-visualisation des images permettait aux participants de découvrir les images pendant deux secondes avant l'écoute du mot à reconnaître. Les données comprises entre 200 ms et 1000 ms après l'apparition du mot parlé ont été analysées en fonction du type d'images, les premières 200 ms correspondant au temps de programmation des saccades oculaires (Tanenhaus, & Trueswell, 2006).

Dans la seconde épreuve visant à évaluer la mémoire auditivo-verbale, l'ensemble des données a été considéré dans l'analyse [0 - 2000 ms] car les mots ont été présentés avant la présentation de images.

Analyses statistiques

Toutes les analyses statistiques étaient réalisées avec le logiciel *Statistical Package for the Social Sciences* (SPSS version 12.0). Le seuil de significativité statistique était fixé à $p < .05$. Avant chaque analyse, les conditions d'application des tests paramétriques ont été vérifiées. Il s'agissait principalement d'analyses de variances (ANOVA) pour des plans à mesures répétées, et des tests de Student pour les comparaisons de moyennes.

Pour appliquer les analyses de variances, les conditions concernant la normalité des distributions, d'homogénéité des résidus et de sphéricité des matrices - covariances ont été vérifiées. Le test de sphéricité de Mauchly permettait de ne pas rejeter l'hypothèse nulle (selon laquelle la matrice de covariance des erreurs des variables dépendantes orthonormées est proportionnelle à la matrice identité) supposant la sphéricité. Dans le cas de rejet de l'hypothèse nulle, la mesure de Greehouse-Geisser a été considérée (ajustement des degrés de liberté pour le test des moyennes, correction). Enfin, des tests de comparaisons par paires de Bonferroni nous ont permis de mettre en évidence quelle image était significativement plus fixée qu'une autre, lorsque l'effet principal du type d'images était retrouvé.

Pour les données oculométriques, la présence de valeurs extrêmes a été contrôlée à l'aide de boîtes à moustaches, toutefois les variations étaient très importantes entre les sujets et pour un même participant.

Chapitre 1. Adaptation du paradigme du monde visuel à deux images

Introduction

L'objectif de ces études est d'explorer dans quelle mesure l'enregistrement des mouvements oculaires est une méthode d'investigation pertinente, différente de la tâche classique de répétition de mots et de non-mots, permettant d'étudier de manière approfondie la MCT verbale d'enfants atteints de troubles du langage. Les stimuli étaient des mots isolés, au lieu de mots intégrés dans des phrases, afin de minimiser les traitements langagiers impliqués dans la compréhension syntaxique, notamment le traitement du genre qui pourrait faciliter le traitement (Nation et al., 2003; Huettig, & McQueen, 2007). Pour éviter les effets de longueur en mémoire et l'effet de compétition lexicale lors de la reconnaissance de mots, des mots uni-syllabiques ont été utilisés (cf. Zelinsky, & Murphy, 2000, pour l'effet de longueur des mots sur le temps de fixation des objets). Le nombre d'objets présentés dans la scène visuelle était réduit afin de minimiser l'implication de l'attention visuelle et de la mémoire de travail visuelle. Au lieu de quatre items visuels disposés à chaque coin de l'écran, deux items seulement ont été présentés. Le mot parlé était présenté dans un premier temps, puis deux images étaient affichées à l'écran, l'une correspondant au mot entendu (cible) et l'autre n'ayant aucun lien avec le mot cible (distracteur neutre). Avant l'apparition des images, le mot était suivi par un court délai (environ deux secondes), suivant deux conditions. Dans la première condition, aucun stimulus sonore n'était ajouté. Dans la seconde condition, trois non-mots étaient prononcés entre la dénomination de la cible et l'apparition des images à l'écran. Dans les deux conditions, les mouvements oculaires des participants étaient analysés sur chaque image comme étant les réponses comportementales du traitement langagier implicite. Nous nous attendions à observer un effet de suppression auditive dans la seconde condition, similaire à l'effet de suppression articulatoire au cours des tâches de RNM, qui devait interférer avec le maintien du mot cible.

Préalablement, nous devions nous assurer que la procédure était appropriée à nos participants en évaluant l'activation des représentations lexicales à travers une tâche de reconnaissance de mots parlés (RMP) classique, avec toutefois deux images au lieu de quatre. Les

deux images étaient présentées dans un premier temps (phase de pré-visualisation), laissant le temps aux participants d'explorer la présentation visuelle. Les images pré-visualisées activaient les représentations conceptuelles correspondantes au sein du lexique mental et permettaient la récupération des étiquettes lexicales. Ensuite, le mot cible était présenté auditivement et les mouvements oculaires des participants se déplaçaient sur les images cible et distracteur pendant la phase de visualisation. Dans cette épreuve, une quantité plus élevée et des durées plus longues de fixations oculaires reflétant le temps passé à explorer la cible étaient attendues si les participants étaient capables d'apparier le mot familier à l'image cible.

Dans l'épreuve de MCT, les enfants âgés de 5 et 6 ans souffrant de TSLO et présentant des performances déficitaires aux tâches de RNM, devaient éprouver des difficultés à retrouver la cible après un court délai, suggérant que la mémorisation des mots était en effet altérée. En outre, conformément à l'effet de suppression articulatoire, les enfants devraient montrer un effet de suppression auditive après le délai composé de non-mots. Cette hypothèse suppose que si les enfants sont sensibles à cet effet, la différence entre les proportions de regards sur les images cible et distracteur devrait être retrouvée, mais dans une moindre mesure après un délai de non-mots par rapport à une période de silence.

Notre objectif était d'administrer la tâche de RMP et le paradigme de MCT à des enfants avec TSLO et de comparer leurs comportements visuels exploratoires à ceux des enfants sans difficulté, appariés suivant l'âge chronologique ou selon l'âge lexical. Afin de comparer les performances des enfants avec et sans TSLO et pour améliorer notre compréhension de l'origine des troubles de mémoire à court terme dans les TSLO, les résultats aux épreuves de RNM et aux tests oculométriques ont été analysés au regard de ces hypothèses :

(1) Si le déficit est localisé à l'encodage initial de l'information verbale, les enfants avec TSLO devraient être moins performants que leurs pairs aux deux types de tâches : RMP et MCT.

(2) Si le déficit concerne le maintien à court terme dans les TSLO, les jeunes patients devraient montrer des performances différentes, exclusivement aux tâches de MCT (épreuves de répétition et paradigme en oculométrie).

(1) Dans ce cas, si le déclin de la trace phonologique et verbale est responsable du déficit en MCT, les enfants avec TSLO seront moins performants que leurs pairs dans les deux conditions de la tâche MCT (délai silencieux et suppression auditive).

(2) Au contraire, si le déficit est dû à une plus grande sensibilité à l'interférence auditive dans les TSLO, comparativement aux enfants du groupe TD, les comportements visuels exploratoires dans la condition non-mot devraient différer entre les enfants avec et sans TSLO, mais pas dans la condition de délai silencieux. Un effet d'interaction était attendu entre le type de délai et le groupe.

(3) Si le problème concerne uniquement la production orale dans les TSLO, les performances seraient différentes uniquement à la tâche de RNM et ne diffèreraient pas dans les comportements oculaires aux tâches proposées en oculométrie.

Afin de faciliter la lecture, les méthodes de chaque expérience oculométrique ont été séparées dans deux sections distinctes reprenant la description des participants et les procédures. Les effectifs des groupes étaient en effet différents, de même que les types d'images présentées à l'écran (présence d'un compétiteur phonologique en RMP ; aucune compétition phonologique en MCT).

Etude 1. Activation lexicale et reconnaissance de mots parlés

Les mécanismes de reconnaissance de mots parlés et de mémorisation à court terme des enfants souffrant de TSLO ont été examinés à l'aide d'un paradigme expérimental adapté du paradigme du monde visuel (Dahan, Magnuson, & Tanenhaus, 2001). La technique permettait l'enregistrement en temps réel des mouvements oculaires d'enfants de 5 et 6 ans sur deux images, à la suite d'un stimulus auditivo-verbal : des mots familiers dont l'âge d'acquisition était inférieur à 4 ans. Aucune consigne n'était fournie aux participants et aucune réponse verbale ou motrice n'était attendue (autre qu'oculomotrice), l'objectif étant de minimiser autant que possible la mise en jeu des processus exécutifs (prise de décision consciente, rapidité de traitement), praxiques (réponse par pointage) et des fonctions langagières (compréhension de la consigne, production verbale). Les durées de fixation effectuées sur les images ont été analysées au regard des performances des

enfants aux épreuves classiques de répétition (Archibald, Joanisse, & Munson, 2013), ces dernières ne permettant pas le contrôle, ni du temps de réponse, ni des troubles de parole fréquemment retrouvés dans les TSLO.

1. Hypothèse A : Activation lexicale

En premier lieu, la comparaison des mouvements oculaires des enfants avec TSLO à ceux des enfants TD consistait à tester l'hypothèse selon laquelle les troubles langagiers entrainent des difficultés de reconnaissance des mots parlés. Des durées de fixation sur les images cibles, inférieures à celles des enfants contrôles, traduiraient alors un déficit de reconnaissance des mots parlés dont la nature devra être précisée. Des différences entre les latences de premières fixations des deux groupes étaient également attendues, afin de préciser l'hypothèse d'une activation tardive des représentations lexicales existant dans les TSLO (Fernald et al., 1998; Ellis et al., 2015). Des différences entre la vitesse de reconnaissance et d'appariement du mot à l'image des enfants avec et sans TSLO étaient recherchées, en comparant les latences de premières fixations des enfants avec TSLO avec celles des enfants TD (quel que soit leur âge). Si des latences plus longues étaient retrouvées dans le groupe TSLO sur les images correspondant aux mots parlés, l'hypothèse d'une lenteur d'accès au lexique ou d'une lenteur d'activation des représentations pourrait être confirmée.

2. Hypothèse B : Biais phonologique

Le second objectif concernait l'étude de la similarité phonologique chez les enfants avec TSLO. Ainsi, plusieurs conditions expérimentales étaient proposées au sein de la tâche oculométrique de RMP présentant deux images. La première condition testait donc l'*activation lexicale*, en présentant l'image cible à côté d'un distracteur neutre (cible vs non relié). Une seconde condition testant la *similarité phonologique* et une troisième condition dénommée *sensibilité phonologique* étaient présentées de manière contrebalancée. Dans la première citée, l'image cible était présentée face à une image reliée sur le plan phonologique (cible vs relié) et dans la seconde, l'image cible n'était pas présente à l'écran. Le mot entendu restait la cible, mais aucune image correspondante n'était disponible à l'écran. Seule l'image phonologiquement reliée à la cible était présentée face à une image non reliée (relié vs non relié).

Un effet de compétition phonologique est retrouvé via le paradigme du monde visuel, lorsque l'image phonologiquement proche du mot entendu attire l'attention visuelle des jeunes participants (Allopenna et al., 1998; Sekerina, & Brooks, 2007). Selon l'hypothèse d'une sous-spécification des représentations phonologiques dans les TSLO (Edwards, & Lahey, 1996, 1998), la présence de l'image phonologiquement reliée à la cible devrait perturber les comportements oculomoteurs des enfants avec troubles, mais différemment des enfants contrôles. Si les enfants avec TSLO n'utilisent pas de manière efficiente les caractéristiques phonologiques des mots, l'attirance des regards vers le compétiteur devrait être moins importante que pour leurs pairs au développement typique, ces derniers devant être perturbés par la présence du compétiteur phonologique. La sous-spécification des représentations dans les TSLO supposerait ainsi que l'enfant avec troubles détecte moins bien les similarités phonologiques entre deux mots et considère le mot relié comme un mot distinct du mot cible.

Au contraire, si le manque de spécification des représentations phonologiques en mémoire sous entend que les voisins phonologiques du mot cible sont également activés à la suite du mot parlé chez les enfants avec TSLO, la compétition phonologique et lexicale devrait avoir pour conséquence des durées de fixation équivalentes entres les deux images ou plus importantes sur les distracteurs phonologiques chez ces participants. Ces résultats pourraient refléter l'existence d'une confusion entre les représentations phonologiques d'étiquettes lexicales de deux mots phonologiquement proches, en faveur d'une mauvaise organisation du lexique mental dans les TSLO.

Méthode

Participants

Les participants (N = 99) étaient composés d'enfants avec TSLO (n = 46) rencontrés entre mars 2014 et mars 2017 au service de neuropédiatrie, et d'enfants sans trouble (n = 53). Les premiers provenaient de différents niveaux scolaires (PSM, MSM, GSM, CP et CE1) tandis que les enfants TD étaient scolarisés en MSM et GSM. Les deux groupes n'étaient pas appariés entre eux en fonction de l'âge chronologique des participants, mais en fonction de l'âge lexical d'environ 68 mois, estimé à partir des scores bruts de l'EVIP-A. Le tableau 2 regroupe les caractéristiques des individus avec et sans TSLO.

Tableau 2. Caractéristiques intellectuelles, lexicales et mnésiques des participants des deux groupes (N = 99) et comparaisons des moyennes avec le test de Student.

	groupe	TSLO (n = 46)	TD (n = 53)	Test de Student
		m (sd) *étendue*	m (sd) *étendue*	* Valeur de p
AGE	**mois** *années;mois*	73.67 (11.6) *[46;98]* *6;1 (0;10)*	61.39 (8.06) *[48;74]* *5;1 (0;7)*	t(97) = -6.177 ***
Niveaux de raisonnement non verbal (PM-47) et de compréhension lexicale (EVIP-A)				
PM-47	**z-score**	0.07 (0.78) *[-1.5;1.8]*	0.41 (0.87) *[-1.5;2.8]*	t(97) = 2.07 *
	score brut	19 (4.33) *[11;29]*	19.38 (4.75) *[11;30]*	t(97) = .41 ns
EVIP-A	**z-score**	-0.45 (1.15) *[-3;1.9]*	0.83 (0.96) *[-1.6;2.3]*	t(88.2) = 5.964 ***
	score brut	56.91 (21.91) *[10;99]*	64.06 (18.02) *[21;96]*	t(87.2) = 1.75 ns
	AL (mois)	64.41 (20.74) *[24;107]*	70.91 (17.29) *[30;104]*	t(87.9) = 1.67 ns
Performances en répétition de non-mots (RNM), de chiffres (RC), de phrases (RP)				
RNM	**z-score**	-2.31 (0.75) *[-3.8;-0.4]*	-0.05 (1.13) *[-1.6;3]*	t(91.04) = 11.852 ***
	score brut	36.21 (20.31) *[5;92]*	76.77 (23.92) *[27;131]*	t(97) = 9.017 ***
	empan CV	3.87 (1.09) *[2;7]*	5.74 (1.13) *[3;8]*	t(97) = 8.343 ***
	empan CCV	1.7 (0.94) *[0;4]*	3.28 (0.91) *[1;5]*	t(97) = 8.542 ***
RC	**z-score**	0.49 (1.82) *[-3.9;3.6]*	2.17 (1.55) *[-1.2;6.6]*	t(97) = 4.95 ***
	score brut	4.21 (1.46) *[1;7]*	5.26 (1.44) *[2;9]*	t(97) = 3.578 ***
	empan digital	3.34 (0.87) *[1;6]*	3.90 (0.8)*[2;6]*	t(97) = 3.332 ***
RP	**NS**	4.5 (1.77) *[1;7]*	9.94 (2.89) *[6;18]*	t(87.9) = 11.465 ***
	score brut	8.65 (3.78) *[0;17]*	15.92 (4.54) *[6;27]*	t(97) = 7.392 ***

z-score : déviation standard, m = 0.0 +/- 1
AL : âge lexical
NS : note standard, m = 10 +/- 3

ns : non significatif p > .05
* p < .05
** p < .01
*** p < .001

Procédure

Deux sessions de 11 mots parlés chacune ont été administrées aux enfants, avec une pause entre deux. Une session entière durait environ 4 minutes. L'expérimentateur demandait aux enfants de rester attentif face à l'écran. Aucune instruction spécifique n'était fournie aux enfants, la phrase suivante visait à rassurer les participants sans les guider dans la tâche : « Tu vas entendre des mots dans le casque et il y aura deux images sur l'écran, écoute bien et regarde bien ».

Suite à l'écoute du mot cible, étaient affichées à l'écran une image cible face à une image reliée sur le plan phonologique (condition de similarité phonologique : cible vs relié), ou une image

non reliée (condition d'activation lexicale simple : cible vs non relié). L'image non reliée pouvait être également présentée face à l'image reliée (condition de sensibilité phonologique : relié vs non relié), en l'absence de la cible à l'écran, et enfin deux images non reliées au mot entendu constituaient la dernière condition (non relié 1 vs non relié 2). Cette condition présentant deux images non reliées ne testait aucune préférence visuelle mais permettait de contrôler les mouvements visuels aléatoires en cas d'absence de cible et de compétiteur phonologique. Pour résumer, deux des quatre conditions contenaient l'image cible.

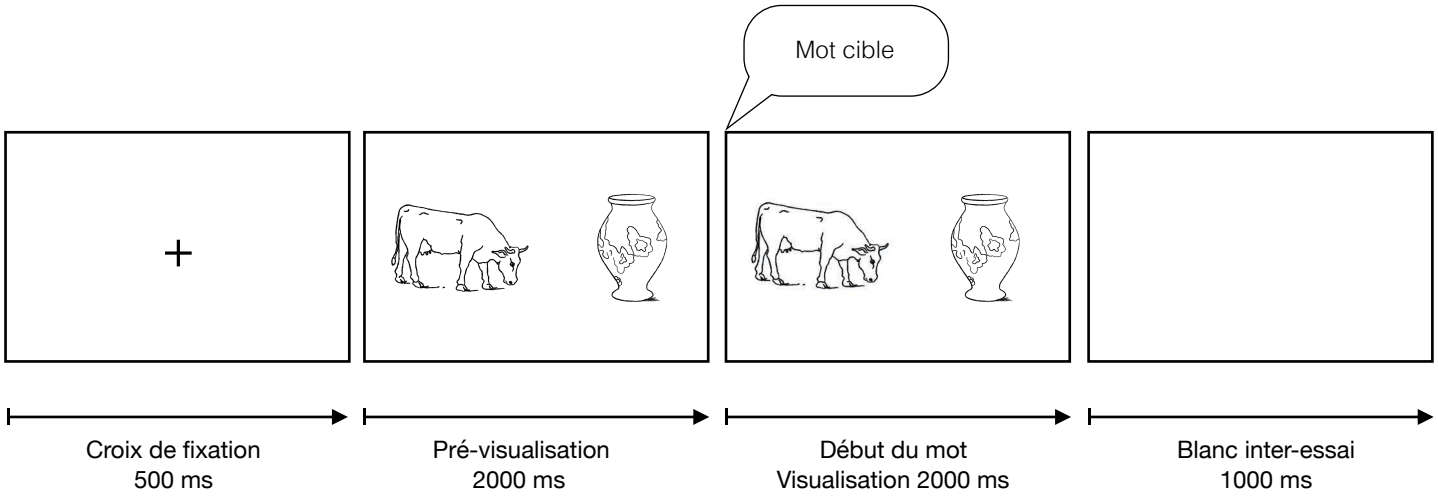


Figure 4. Procédure utilisée pour chaque essai de l'expérience. L'affichage présente la condition de similarité phonologique avec l'objet cible (e.g. vase) et le compétiteur (e.g. vache). Le mot cible est présenté après 2000 ms de pré-visualisation.

Recueil de données

Les fixations effectuées sur deux zones d'intérêt ont été analysées, en excluant celles présentes dans une zone de 480 pixels entre les deux stimuli visuels, et de 225 pixels au dessus et en dessous des images. Les fixations localisées sur la première zone étaient comparées à celles localisées sur la seconde zone. Plusieurs variables dépendantes ont été examinées concernant les fixations enregistrées sur les zones d'intérêt : la moyenne des sommes des durées de fixation (en millisecondes), les durées de premières fixations et leur latence (ms). Etant donné l'absence de bouton réponse dans ces expériences, une durée de regard plus grande sur une image en particulier, comparativement à une autre, indiquait la focalisation de l'attention visuelle sur cette image en réaction au stimulus sonore, signe d'un appariement mot/image cible.

Dans un premier temps, l'analyse des données au cours de la fenêtre temporelle de visualisation entière a été détaillée. Dans un second temps, les données enregistrées pour une fenêtre temporelle réduite [200 – 1000 ms] permettaient de fournir une indication des premières réactions des enfants à la suite du mot parlé. Les résultats de la fenêtre d'analyse [1000 – 2000 ms] identiques à la première fenêtre, n'ont pas été détaillés. Par ailleurs, l'analyse des fixations en condition non relié vs non relié n'a pas été détaillée car les fixations (quantités et durées) étaient équivalentes sur les images placées à gauche et à droite de l'écran pour l'ensemble des participants.

Résultats

Les données obtenues à la tâche de RMP présentées dans cette section concernaient les deux groupes de participants (chez 99 sujets : 53 enfants TD et 46 enfants avec TSLO), regroupés dans cette analyse selon leur pathologie.

1. Activation lexicale (condition cible vs non relié)

- *Fenêtre [200 - 2000 ms] :* Les durées étaient significativement plus importantes sur l'image cible (M_{99} = 16 571 ms, SD = 7 407) que sur l'image non reliée (M_{99} = 6 506 ms, SD = 3 118), $F(1,97) = 205.912$, $p < .001$, $\eta^2 = .68$. Aucun effet de groupe ($F < 1$), ni interaction entre les facteurs ($F < 1$) n'étaient mis en évidence.

- *Fenêtre réduite [200 - 1000 ms]* : Des résultats similaires étaient retrouvés sur cette fenêtre temporelle d'analyse réduite, $F(1,97) = 145.518$, $p < .001$, $\eta^2 = .6$. Les cibles étaient observées durablement par l'ensemble des participants (M_{99} = 7 558 ms, SD = 3 689), au détriment de l'image non reliée (M_{99} = 3 018 ms, SD = 1 649).

- *Durées de premières fixations :* Les durées des premières fixations étaient également plus longues sur l'image cible (M_{99} = 1 782 ms, SD = 1 502) pour l'ensemble des participants, et plus courtes sur l'image non reliée (M_{99} = 1 026 ms, SD = 895), $F(1,97) = 26.760$, $p < .001$, $\eta^2 = .216$. Aucune interaction n'était significative entre le groupe et le type d'images ($F < 1$) mais il existait un effet de

groupe, $F(1,97) = 5.081$, $p = .026$, $\eta^2 = .05$. Pour cette variable, les enfants avec TSLO fixaient plus longuement les deux images que les enfants TD.

- *Latences de premières fixations :* Les latences de premières fixations étaient significativement plus longues sur la cible, $F(1,97) = 16.4$, $p < .001$, $\eta^2 = .145$, sans interaction du groupe avec le type d'images ($F(1,97) = 2.503$, $p = .117$), ni effet de groupe ($F < 1$).

2. Compétition phonologique

La seconde condition testait l'effet de compétition phonologique, en présentant une image reliée au mot cible, face à l'image cible.

2.1. Similarité phonologique (condition cible vs relié)

- *Fenêtre [200 - 2000 ms] :* Les durées de fixation étaient significativement plus élevées sur l'image cible (M_{99} = 16 350 ms, SD = 3 096) comparativement à celles portées sur l'image phonologiquement reliée (M_{99} = 6 880 ms, SD = 3 096), $F(1,97) = 249.579$, $p < .001$, $\eta^2 = .72$. Aucune différence entre les groupes d'enfants n'a été retrouvée ($F < 1$), ni interaction avec le groupe ($F(1,97) = 2.148$, $p = .146$).

- *Fenêtre réduite [200 - 1000 ms] :* A nouveau, les images correspondantes à la cible entendue ont été davantage fixées (M_{99} = 7 315 ms, SD = 3 329) que les images reliées (M_{99} = 3 043 ms, SD = 31 620), $F(1,97) = 183.513$, $p < .001$, $\eta^2 = .654$.

- *Durées de premières fixations :* Les durées de premières fixations étaient significativement plus importantes sur la cible également, $F(1,97) = 34.423$, $p < .001$, $\eta^2 = .262$ (M_C = 1 964 ms, SD = 1 664 vs M_R = 972 ms, SD = 820). L'interaction Groupe x Type d'images ($F < 1$) et l'effet de groupe ($F(1,97) = 2.325$, $p = .131$) n'étaient pas significatifs.

- *Latences de premières fixations :* Les latences étaient plus longues lorsque les saccades étaient dirigées vers la cible comparativement aux latences pour le distracteur phonologique, $F(1,97)$ =

16.4, p = .036, η^2 = .044. Aucun effet de groupe (F(1,97) = 1.653, p = .202), ni interaction entre les deux facteurs (F < 1) n'étaient mis en évidence.

La dernière condition présentée consistait à tester l'attirance des participants vers une image phonologiquement proche du mot entendu, en l'absence de l'image cible.

2.2. Sensibilité phonologique (condition relié vs non relié)

- *Fenêtre [200 - 2000 ms] :* L'effet principal révélait des durées de fixation plus importantes sur l'image phonologiquement proche du mot entendu (M_{99} = 12 288 ms, SD = 5 419) comparativement aux durées sur l'image non reliée (M_{99} = 10 640 ms, SD = 4 176) lorsque la cible était absente de l'écran, F(1,97) = 15.045, p < .001, η^2 = .134. Les deux groupes ont eu des comportements similaires dans cette condition (F < 1), aucune interaction n'a été mise en évidence.

- *Fenêtre réduite [200 - 1000 ms] :* Dans cette première fenêtre temporelle, les résultats étaient identiques montrant des durées de fixation plus longues sur l'image reliée à la cible (M_{99} = 5 391 ms, SD = 2 684), comparativement aux durées de fixation sur l'image non reliée (M_{99} = 4 571 ms, SD = 1 992), F(1,97) = 10.882, p = .001, η^2 = .101.

- *Durées de premières fixations* : Les durées de premières fixations n'étaient pas significativement différentes entre l'image reliée et l'image non reliée, F(1,97) = 3.53, p = .063, η^2 = .035. La tendance, compatible avec les résultats précédents, révélait que les images reliées à la cible sur le plan phonologique étaient davantage fixées (M_{99} = 1 316 ms, SD = 1 040) que les images sans lien avec la cible (M_{99} = 1 117 ms, SD = 910). Aucun effet de groupe (F = 2.066, p = .154), ni interaction Groupe x Type d'images (F(1,97) = 2.206, p = .141) n'étaient significatifs.

- *Latences de premières fixations :* Les latences de premières fixations n'étaient pas significativement différentes sur les deux images (F < 1), ni entre les deux groupes (F < 1).

En complément, le temps passé (proportions de durées de fixation) pour chaque groupe a été analysé en fonction des trois conditions, à l'aide du test du χ^2 permettant la comparaison de

proportions. Les résultats ont mis en évidence que les proportions de durées sur les cibles dans les deux conditions Cible présente, étaient similaires pour les deux groupes. Les participants des deux groupes ont également passé un temps équivalent sur les compétiteurs lorsque l'image phonologiquement reliée était présente à l'écran.

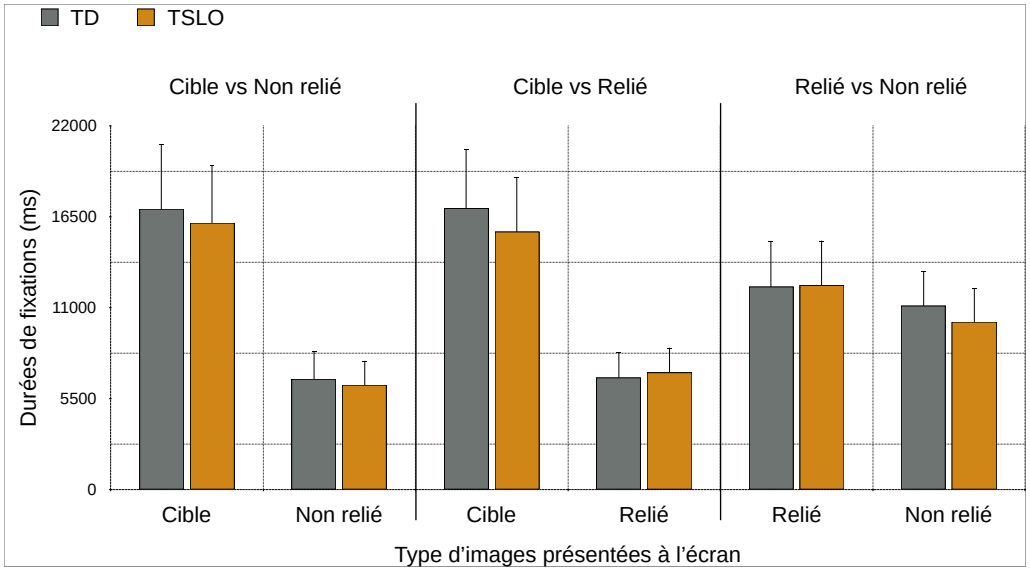


Figure 5. Durées de fixation totales entre 200 et 2000 ms de visualisation, sur les deux types d'images pour chaque condition de la tâche de reconnaissance de mots parlés.

Tableau 3. Proportions de temps passé sur la cible dans chaque condition et pour chaque groupe de participants et comparaisons de proportions à l'aide du test du χ^2 : temps passés sur la cible (valeurs théoriques) [χ^2 pour chaque cellule].

		groupes	
Conditions	**Temps passé (% ms)**	TSLO	TD
Cible vs Non relié	**cible**	72 (71.25) [.01]	72 (72.76) [.01]
Cible vs Relié	**cible**	69 (69.76) [.01]	72 (71.24) [.01]
	χ^2 observé = .032 < χ^2 théorique = 3.841, ns		
Relié vs Non relié	**relié**	55 (53.5) [.04]	52 (53.5) [.04]
Cible vs Relié	**relié**	31 (29.5) [.08]	28 (29.5) [.08]
	χ^2 observé = .237 < χ^2 théorique = 3.841, ns		

ns : non significatif p > .05

En résumé, tous les participants ont reconnu l'image cible en fixant durablement cette dernière après avoir entendu le mot dans la condition cible vs non relié. Les résultats concernant les premières fixations ont également montré que les premiers regards portés sur l'écran étaient plus

longs sur l'image cible, et nettement plus courts sur l'image non reliée. Les latences de fixations dirigées vers la cible étaient également plus importantes que celles dirigées vers l'image non reliée. En condition de similarité phonologique, les résultats étaient similaires, indiquant des cibles durablement fixées au détriment des images phonologiquement reliées aux mots entendus, et ce, dès la première fixation. Les latences étaient à nouveau plus longues lorsque les regards se dirigeaient vers l'image cible. Concernant la dernière condition dite de sensibilité phonologique, les enfants étaient, dans leur ensemble, attirés par l'image phonologiquement proche du mot cible, lorsqu'aucune image correspondant au mot entendu n'était disponible à l'écran. En revanche, les résultats concernant la première fixation différaient de ceux obtenus dans les deux autres conditions : en première intention, les images reliées au mot cible étaient observées de manière équivalente aux images non reliées (durées et latences de premières fixations similaires).

Cette démarche expérimentale ne nous a pas permis de mettre en évidence de différences entre les groupes selon la pathologie. Les enfants avec TSLO ont donc pu activer les représentations mentales au sein du lexique durant la phase de pré-visualisation des images, et apparier le mot parlé à l'image référente comme leurs pairs au développement typique. Dès la première seconde de visualisation, les regards étaient davantage orientés vers l'image cible, sans attirance marquée vers le compétiteur phonologique dans la condition de similarité phonologique. En revanche, l'image phonologiquement proche du mot parlé a été observée dans la condition de sensibilité phonologique par les participants avec ou sans TSLO qui semblent avoir reconnu l'image partageant des caractéristiques phonologiques communes avec le mot entendu.

Au vu de l'absence d'effet de groupe et de l'importante étendue d'âge au sein de notre population, une analyse subsidiaire a été réalisée avant de conclure sur l'acceptation ou le rejet de nos hypothèses. L'influence des connaissances lexicales sur la rapidité d'accès au lexique et la capacité de reconnaissance de mots parlés ont ainsi été étudiées auprès de participants ayant un niveau lexical estimé à 5 ans comparativement à un groupe d'enfants possédant un stock lexical d'enfants de 7 ans.

Analyse 2

Dans cette seconde analyse, chaque groupe de participants était divisé en deux sous-groupes d'âge lexical différent. Ainsi, les performances des enfants de 5;8 ans souffrant de TSLO (n = 37) étaient comparées à celles des enfants TD de 4;6 ans (n = 29), l'ensemble de ces participants ayant un âge lexical moyen d'environ 5 ans (AL5). Le second groupe était composé d'enfants avec TSLO âgés en moyenne de 7;5 ans (n = 9) et de participants contrôles âgés de 5;8 ans (n = 24), ces derniers avaient un âge lexical moyen de 7 ans (AL7, cf. tableau 4).

Tableau 4. Caractéristiques intellectuelles, lexicales et mnésiques des 99 participants en quatre groupes répartis selon leur âge lexical de 5 ans (AL5) et de 7 ans (AL7).

	groupe	**TSLO (N = 46)**		**TD (N = 53)**	
	groupe d'âge	TSLO-AL5 (N = 37)	TSLO-AL7 (N = 9)	TD-AL5 (N = 29)	TD-AL7 (N = 24)
		m (sd) *étendue*	m (sd) *étendue*	m (sd) *étendue*	m (sd) *étendue*
AGE	**mois** *années;mois*	69.62 (8.82) *[48;63]* *5;8 (0;7)*	90.33 (4.38) *[84;98]* *7;5 (0;4)*	54.82 (3.85) *[48;63]* *4;6 (0;3)*	69.33 (2.94) *[63;74]* *5;8 (0;2)*
Niveaux de raisonnement non verbal (PM-47) et de compréhension lexicale (EVIP-A)					
PM-47	**z-score**	0.08 (0.76) *[-1.5;1.8]*	0.03 (0.86) *[-1.5;1.1]*	0.37 (0.90) *[-1.5;2.6]*	0.47 (0.87) *[-1.4;1.8]*
	score brut	18.37 (3.88) *[11-29]*	21.56 (5.36) *[11;28]*	16.62 (3.06) *[11;24]*	22.71 (4.3) *[14;30]*
EVIP-A	**z-score**	-0.48 (1.18) *[-3;1.9]*	-0.33 (1.07) *[-2.3;0.9]*	0.61 (1.08) *[-1.7;2.2]*	1.09 (0.72) *[-0.5;2.3]*
	score brut	52.97 (20.9) *[10;94]*	73.11 (19.33) *[34;99]*	54.34 (17.16) *[21;80]*	75.79 (10.6) *[52;96]*
	AL (mois)	60.62 (19.56) *[24-101]*	80 (18.95) *[43;107]*	61.58 (16.18) *[30;86]*	82.17 (10.74) *[59;104]*
Performances en répétition de non-mots (RNM), de chiffres (RC), de phrases (RP)					
RNM	**z-score**	-2.34 (0.74) *[-3.8;-0.7]*	-2.19 (0.84) *[-3.6;-0.4]*	0.50 (1.09) *[-1.4;3]*	-0.72 (0.78) *[-1.6;1.2]*
	score brut	30.84 (17.17) *[5;85]*	58.33 (17.67) *[26;92]*	76.31 (27.87) *[27;131]*	77.33 (18.63) *[55;126]*
	empan CV	3.57 (0.93) *[2;6]*	5.11 (0.78) *[4;7]*	5.69 (1.31) *[3;8]*	5.79 (0.88) *[4;7]*
	empan CCV	1.54 (0.9) *[0;3]*	2.33 (0.87) *[1;4]*	3.00 (0.92) *[1;5]*	3.63 (0.77) *[3;5]*
RC	**z-score**	0.29 (1.83) *[-3.9;2.9]*	1.32 (1.64) *[-1.4;3.6]*	1.63 (1.38) *[-1.2;4.1]*	2.82 (1.52) *[0;6.6]*
	score brut	4 (1.37) *[1;6]*	5.11 (1.27) *[3;7]*	4.75 (1.38) *[2;7]*	5.87 (1.29) *[3;9]*
	empan	3.24 (0.89) *[1;6]*	3.78 (0.67) *[3;5]*	3.62 (0.82) *[2;5]*	4.25 (0.6) *[3;6]*
RP	**NS**	4.54 (1.86) *[1;7]*	4.33 (1.41) *[2;7]*	9.51 (1.95) *[6;14]*	10.45 (3.69) *[6;18]*
	score brut	7.86 (3.63) *[0;15]*	11.88 (2.57) *[8;17]*	13.10 (3.51) *[6;21]*	17.13 (4.74) *[11;27]*

En réalisant de tels sous-groupes, une interaction entre l'âge lexical et la pathologie était recherchée afin de tester l'hypothèse suivante : l'impact de l'âge lexical devrait être observé

uniquement chez les enfants TD. Les durées de fixation de la fenêtre réduite et celles des premières fixations des enfants du groupe TD-AL7 devraient en effet être différentes de celles du groupe TD-AL5. En revanche, si les hypothèses de ralentissement de traitement et de déficit au niveau de l'activation lexicale dans la pathologie des TSLO était confirmée, l'âge lexical ne devrait pas influencer les résultats des enfants des groupes TSLO-AL5 et TSLO-AL7. Les facteurs Age Lexical (AL5 et AL7) et Groupe (TD et TSLO) étaient donc considérés dans l'analyse pour chaque condition.

Tableau 5. Comparaisons des performances des groupes TD et TSLO pour l'appariement 1 (AL5) et l'appariement 2 (AL7).

	Appariement lexical 1			Appariement lexical 2		
	TSLO-AL5 (N = 37)	TD-AL5 (N = 29)	Test de Student	TSLO-AL7 (N = 9)	TD-AL7 (N = 24)	Test de Student
	m (sd)	m (sd)	* Valeur de p	m (sd)	m (sd)	* Valeur de p
AC (mois)	69.62 (8.82)	54.82 (3.85)	t(51.7) = -9.2 ***	90.33 (4.38)	69.33 (2.94)	t(31) = -15.9 ***
PM-47	0.08 (.76)	0.37 (0.90)	t(64) = 1.41 ns	.027 (.86)	0.47 (0.87)	t(31) = 1.327 ns
AL (mois)	60.62 (19.56)	61.58 (16.18)	t(64) = .214 ns	80 (18.95)	82.17 (10.74)	t(31) = .415 ns
RNM	-2.34 (.74)	0.50 (1.09)	t(64) = 12.64 ***	-2.19 (.84)	-0.72 (0.78)	t(31) = 4.73 ***
RC	0.29 (1.82)	1.63 (1.38)	t(64) = 3.28 **	1.32 (1.64)	2.82 (1.52)	t(31) = 2.78 **
RP	4.54 (1.86)	9.51 (1.95)	t(64) = 10.53 ***	4.33 (1.42)	10.45 (3.69)	t(31) = 4.83 ***

ns : non significatif p > .05
* p < .05
** p < .01
*** p < .001

1. *Activation lexicale (condition cible vs non relié)*

- *Fenêtre [200 - 2000 ms] :* Les durées de fixation sur la cible étaient significativement plus longues que les durées sur le distracteur non relié, $F(1,95) = 161.464$, $p < .001$, $\eta^2 = .63$, sans interaction entre les facteurs ($F < 1$).

- *Fenêtre réduite [200 - 1000 ms] :* De même, l'image cible était davantage fixée que le distracteur neutre, $F(1,95) = 128.35$, $p < .001$, $\eta^2 = .148$, sans interaction ($F(1,95) = 1.236$, $p = .269$) et sans effet de l'âge lexical, $F(1,95) = 3.914$, $p = .051$, $\eta^2 = .04$. Toutefois, la tendance indiquait que les enfants AL7 observaient plus longtemps les images comparativement aux enfants AL5.

- *Durées de premières fixations :* Les durées de premières fixations étaient significativement plus élevées sur l'image cible, pour l'ensemble des participants, $F(1,95) = 26.152$, $p < .001$, $\eta^2 = .216$; aucune interaction n'étant relevée entre les facteurs ($F < 1$).

- *Latences de premières fixations :* Les latences de premières fixations étaient significativement plus longues sur la cible, $F(1,95) = 10.066$, $p = .002$, $\eta^2 = .096$, sans interaction du groupe et de l'âge avec le type d'images ($F < 1$). De plus, les latences de fixations étaient plus longues dans le groupe de participants AL5, $F(1,95) = 4.826$, $p = .03$, $\eta^2 = .048$.

Les résultats étaient globalement similaires à ceux de la première analyse, ne relevant pas de différence significative entre les groupes d'enfants selon leur âge lexical. L'ensemble des participants a en effet observé durablement la cible en délaissant l'image non reliée sur le plan phonologique. L'effet de l'âge concernant les latences de premières fixations était attendu, ces dernières étant plus longues chez les plus jeunes enfants.

2. Compétition phonologique

2.1. Similarité phonologique (condition cible vs relié)

- *Fenêtre [200 - 2000 ms] :* L'image cible était davantage fixée que le compétiteur, $F(1,95) = 194.01$, $p < .001$, $\eta^2 = .671$, sans effet de groupe, de l'âge lexical, ni interaction entre les facteurs ($F < 1$).

- *Fenêtre réduite [200 - 1000 ms] :* De manière similaire, l'effet principal mettait en évidence des images cibles plus longuement fixées que les distracteurs phonologiques, $F(1,95) = 149.222$, $p < .001$, $\eta^2 = .611$, sans interaction ($F(1,95)= 1.185$, $p = .279$). L'ensemble des participants a présenté des comportements exploratoires similaires dès la première seconde de visualisation.

- *Durées de premières fixations :* Il existait une tendance pour l'interaction entre les variables Groupe, Age lexical et Type d'images, $F(1,95) = 3.769$, $p = .055$, $\eta^2 = .038$, reflétant des comportements différents pour chaque groupe en fonction de leur âge lexical et du type d'images.

- *Groupe TSLO-AL5* : L'effet significatif du type d'images $F(1,36) = 13.082$, $p = .001$, $\eta^2 = .267$, mettait en évidence des durées de premières fixations plus longues sur la cible (M = 2 006 ms, SD = 1 379) comparativement aux durées de fixation sur le compétiteur phonologique (M = 1 230 ms, SD = 1 005).
- *Groupe TSLO-AL7* : Les enfants ont observé les deux images de manière équivalente durant la première fixation, $F(1,8) = 1.818$, $p = .215$.
- *Groupe TD-AL5 et AL7* : L'effet principal était significatif pour le groupe TD-AL5, $F(1,28) = 9.089$, $p = .005$, $\eta^2 = .245$, et le groupe TD-AL7, $F(1,23) = 13.319$, $p = .001$, $\eta^2 = .367$. Les durées de premières fixations sur la cible étaient plus élevées que celles sur le distracteur phonologiquement relié.

- *Latences de premières fixations :* Il existait une interaction entre les trois facteurs concernant les latences de premières fixations, $F(1,95) = 6.059$, $p = .016$, $\eta^2 = .06$, permettant l'analyse des latences de chaque groupe sur les deux images.
  - *Groupe TSLO-AL5 :* Aucun effet n'était mis en évidence pour ce groupe ($F < 1$), reflétant des latences similaires sur les deux types d'images.
  - *Groupe TSLO-AL7 :* L'effet du type d'images n'était pas significatif entre les latences sur la cible et le compétiteur ($F(1,8) = 4.196$, $p = .075$, $\eta^2 = .344$). A titre informatif cependant, la tendance indiquait des latences plus longues sur la cible (M_C = 403 ms, SD = 202 ; M_R = 240 ms, SD = 102).
  - *Groupe TD-AL5 :* Les enfants de ce groupe ont effectué des saccades dont les latences étaient différentes selon le type d'images $F(1,28) = 8.188$, $p = .008$, $\eta^2 = .226$. Les latences étaient plus longues lorsque les regards se sont dirigés vers la cible (M_C = 386 ms, SD = 165 ; M_R = 264 ms, SD = 179).
  - *Groupe TD-AL7 :* Aucune différence entre les latences n'était significative ($F < 1$).

Pour cette seconde condition, les résultats étaient similaires concernant les durées totales de fixations durant la phase complète de visualisation ou la première seconde. L'effet n'était pas significatif pour la durée de première fixation. En revanche, les latences étaient plus longues sur la cible chez les enfants TD-AL5 uniquement.

2.2. Sensibilité phonologique (condition relié vs non relié)

- *Fenêtre [200 - 2000 ms]* : Un effet tendanciel était retrouvé pour l'interaction entre les trois facteurs, $F(1,95) = 3.938$, $p = .05$, $\eta^2 = .04$, permettant l'examen des comportements exploratoires selon le groupe et l'âge lexical.
  - *Groupe TSLO-AL5* : Ces derniers ont durablement fixé l'image phonologiquement reliée au mot entendu (M_R = 12 509 ms, SD = 5 104), au détriment de l'image non reliée (M_{NR} = 9 733 ms, SD = 3 987), $F(1,36) = 12.896$, $p = .001$, $\eta^2 = .264$.
  - *Groupe TSLO-AL7* : Les durées de fixation étaient équivalentes ($F < 1$) entre les deux images.
  - *Groupe TD-AL5* : Les enfants du groupe contrôle plus jeunes ont fixé de manière équivalente les deux images, l'effet n'était pas significatif ($F < 1$).
  - *Groupe TD-AL7* : Enfin, l'effet principal était significatif, $F(1,23) = 4.508$, $p = .045$, $\eta^2 = .164$, reflétant des durées de fixation plus longues sur l'image reliée (M_R = 13 530 ms, SD = 4 107) comparativement à celles dirigées vers l'image non reliée (M_{NR} = 11 741 ms, SD = 3 602).

- *Fenêtre réduite [200 - 1000 ms] :* Les résultats étaient similaires pour la fenêtre d'analyse réduite à la première seconde concernant l'interaction entre les trois facteurs (tendance), $F(1,95) = 2.834$, $p = .096$, $\eta^2 = .029$. Aucun autre effet n'était retrouvé pour cette fenêtre temporelle.
  - *Groupe TSLO-AL5* : Les jeunes patients ont observé plus longuement les images reliées au mot entendu, au détriment des distracteurs neutres, $F(1,36) = 8.123$, $p = .007$, $\eta^2 = .184$.
  - *Groupe TSLO-AL7* : Aucun effet n'était mis en évidence pour ce groupe ($F < 1$).
  - *Groupe TD-AL5* : Les durées de fixation étaient équivalentes ($F(1,28) = 2.146$, $p = .154$).
  - *Groupe TD-AL7* : Les durées de fixation étaient plus longues sur l'image reliée phonologiquement au mot cible comparativement aux durées sur l'image non reliée, $F(1,23) = 3.285$, $p = .083$, $\eta^2 = .125$.

- *Durées de premières fixations :* Les durées de premières fixations n'étaient pas différentes sur les deux images ($F(1,95) = 1.877$, $p = .174$), sans effet d'interaction entre les trois facteurs ($F(1,95) =$

1.21, p = .274). En revanche, il existait un effet d'interaction entre le groupe et l'âge lexical, F(1,95) = 14.247, p < .001, η^2 = .13.

- *Latences de premières fixations :* Aucun effet principal (F < 1) ni interaction (F(1,95) = 1.037, p = .311) n'étaient retrouvés concernant les latences de fixations pour les deux types d'images.

Dans cette dernière condition, les résultats ne permettaient pas de conclure à une différence entre les enfants selon leur groupe ou leur âge lexical. A titre indicatif cependant, les enfants avec TSLO-AL5 avaient des comportements similaires à ceux des enfants TD-AL7, tous étant attirés par l'image phonologiquement reliée au mot cible. Notons que ces enfants (TD-AL7 et TSLO-AL5) avaient le même âge chronologique (en moyenne 69 mois). Ces données n'ont pu être validées car l'interaction n'était pas significative mais confirment cependant l'intérêt de considérer davantage le facteur âge des enfants avec TSLO.

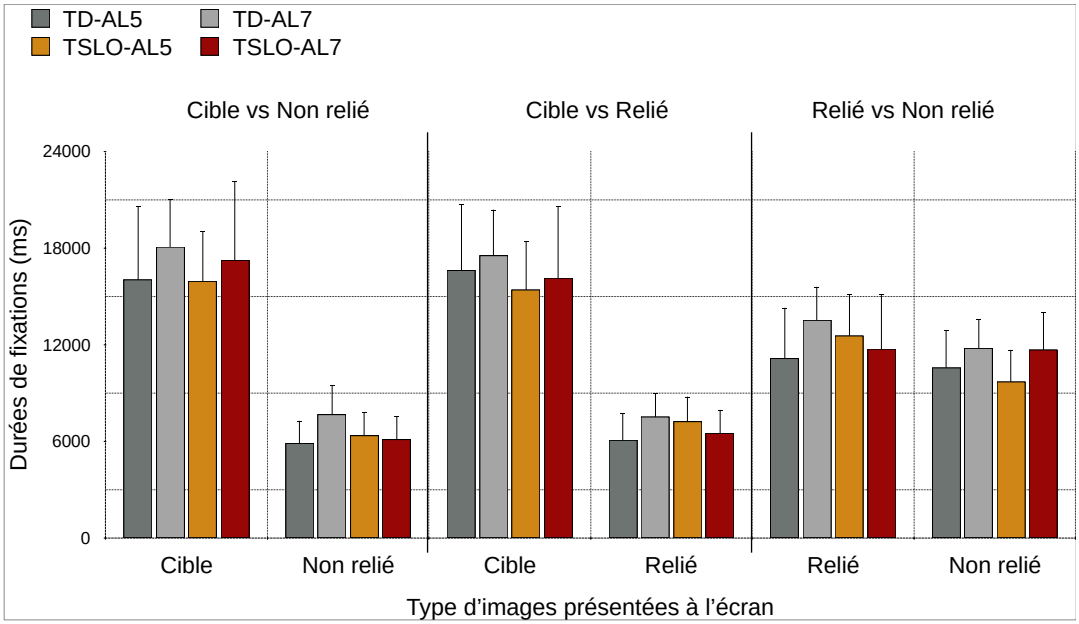


Figure 6. Durées de fixation totales entre 200 et 2000 ms de visualisation pour chaque condition de la tâche de reconnaissance de mots parlés, analyse 2.

Résumé des résultats du Chapitre 1: Adaptation du paradigme du monde visuel (PMV) à 2 images					
TSLO vs TD		Fenêtre [200 - 2000 ms]	Fenêtre réduite [200 - 1000 ms]	Durées Fixation1	Latences Fixation1
Etude 1 *(RMP)* ***Analyse 1***	Activation lexicale	cible > non relié	cible > non relié	cible > non relié	cible > non relié
	Similarité phonologique	cible > relié	cible > relié	cible > relié	cible > relié
	Sensibilité phonologique	relié > non relié	relié > non relié	Tendance (.063) relié > non relié	ns
TSLO vs TD AL5 vs AL7		Fenêtre [200 - 2000 ms]	Fenêtre réduite [200 - 1000 ms]	Durées Fixation1	Latences Fixation1
Etude 1 *(RMP)* ***Analyse 2***	Activation lexicale	cible > non relié	cible > non relié Tendance (.051) AL7 > AL5	cible > non relié	cible > non relié AL5 > AL7
	Similarité phonologique	cible > relié	cible > relié	TSLO-AL7 : ns TSLO-AL5, TD-AL5, TD-AL7 : cible > relié	TSLO-AL5, TSLO-AL7, TD-AL7 : ns TD-AL5 : cible > relié
	Sensibilité phonologique	Tendance (.05) TSLO-AL5, TD-AL7 : relié > non relié TSLO-AL7, TD-AL5 : ns	Tendance (.096) TSLO-AL5, TD-AL7 : relié > non relié TSLO-AL7, TD-AL5 : ns	ns	ns

Discussion

L'ensemble des participants a fixé plus longuement l'image cible lorsqu'elle était placée face à une image non reliée, et ce, dès la première fixation effectuée lors de la phase de visualisation. L'image correspondant au mot cible était également davantage fixée lorsqu'elle était placée face à une image phonologiquement reliée, à nouveau dès la première fixation. La phase de pré-visualisation de deux secondes semblait dont suffisante pour activer les représentations lexicales correspondantes stockées en mémoire verbale (Johnson, & Huettig, 2011). Les résultats révélaient que pour les groupes de participants, les représentations lexico-sémantiques étaient activées pendant la pré-visualisation, permettant aux enfants de diriger leur regard sur la cible après avoir entendu le mot parlé. Les représentations des mots étaient donc bien stockées chez les enfants avec TSLO. Les mots sélectionnés étaient bien connus des enfants des deux groupes, quel que soit leur âge. Ainsi, une telle tâche passive permettait d'examiner le traitement verbal en temps réel, sans solliciter l'expression orale. La proportion plus élevée de regards sur la cible reflétant une attention orientée de manière préférentielle vers le mot identifié, a été retrouvée dans la littérature chez des enfants plus ou

moins âgés (Marchman, & Fernald, 2008). L'absence de différence significative entre les patterns exploratoires des enfants avec et sans troubles du langage n'était pas en faveur de l'hypothèse d'un déficit lexical chez les jeunes patients.

Lorsque la cible n'était pas présente à l'écran, les participants ont orienté leur regard vers l'image phonologiquement reliée au mot parlé. Toutefois, cet effet n'a pas été retrouvé dans l'analyse des premières fixations contrairement aux autres conditions, laissant supposer un intérêt porté à l'image reliée survenu vraisemblablement plus tard lors de la phase de visualisation. Cette différence de résultats pour les premières fixations sous-entendrait la présence d'un décalage temporel, susceptible de correspondre à la mise en jeu des processus attentionnels et exécutifs liés à la prise de décision. Nous pouvons supposer que face à l'absence de cible à l'écran, les participants ont marqué un temps d'hésitation.

L'effet de compétition phonologique n'a pas été mis en évidence dans la condition cible vs relié, néanmoins une sensibilité phonologique a été révélée lorsque la cible était absente (condition reliée vs non reliée), reflétant l'activation des compétiteurs lexicaux partageant des caractéristiques communes (traits phonétiques) avec le mot cible. Malgré l'absence de consigne explicite, les enfants ont pu comprendre aisément l'objectif implicite de la tâche, visant à apparier le mot à l'image référente. Face à deux images présentées pendant deux secondes en pré-visualisation puis deux autres secondes en phase de visualisation, les enfants ont probablement eu beaucoup de facilité pour réaliser l'appariement.

Enfin, une analyse plus fine des mouvements oculaires, centrée sur les latences de premières fixations, a révélé que ces dernières étaient significativement plus longues lorsque les saccades étaient dirigées vers la cible pour l'ensemble des participants. En revanche, lorsque la cible n'était pas présente à l'écran, les latences étaient équivalentes sur les deux images. Lors de la seconde analyse, seuls les enfants du groupe TD-AL5 ont présenté des latences plus longues sur la cible en condition de similarité phonologique. Ces éléments ne supportent pas l'hypothèse d'une lenteur d'activation ou de traitement chez les enfants présentant des troubles langagiers.

Etude 2. Tâche de mémoire à court terme

Les résultats de l'étude 1 nous ont assuré que le matériel verbal et visuel était connu et reconnu par l'ensemble des participants. L'hypothèse concernant le déficit de mémorisation des informations verbales chez les enfants TSLO a été testée à travers une adaptation du paradigme oculométrique, visant à introduire un délai entre l'écoute du mot et la visualisation des images. Dans une première expérience (étude 2.A.), le délai de rétention de l'information verbale était soit un silence de 2100 ms (condition de délai silencieux), soit composé d'une séquence de trois non-mots (condition de suppression auditive). Au vu des résultats obtenus, une seconde expérience a été proposée à d'autres participants dans laquelle la durée du délai de rétention était raccourcie (étude 2.B. : 1400 ms, deux non-mots).

Etude 2.A. Mémorisation verbale chez les enfants avec TSLO durant un délai de rétention de 2100 ms

Méthode

Participants

Le groupe de participants (N = 43) de cette étude étaient composé d'enfants portant le diagnostic de TSLO (n = 19), rencontrés sur une période de 4 mois en 2014, et de 24 participants au développement typique (n = 24) recrutés sur une période de 2 mois, scolarisés en GSM. Les deux groupes étaient appariés en fonction de leur âge chronologique.

Tableau 6. Caractéristiques intellectuelles, lexicales et mnésiques des 43 participants pour les deux groupes pour la tâche de MCT (délai long) et comparaisons des performances avec le test de Student.

	groupe	TSLO (n = 19)	TD (n = 24)	Test de Student
		m (sd) *étendue*	m (sd) *étendue*	* Valeur de p
AGE	**mois** années;mois	73.53 (10.67) *[54;91]* *6;2 (0;9)*	69.33 (2.94) *[63;74]* *5;9 (0;3)*	t(20.174) < 1 ns
Niveaux de raisonnement non verbal (PM-47) et de compréhension lexicale (EVIP-A)				
PM-47	**z-score**	-0.08 (0.64) *[-1.5;0.7]*	0.47 (0.87) *[-1.4;1.8]*	t(41) = 2.323 *
	score brut	19.89 (3.74) *[11;28]*	22.71 (4.3) *[14;30]*	t(41) = 2.255 *
EVIP-A	**z-score**	-0.79 (0.87) *[-2;1]*	1.09 (0.72) *[-0.5;2.3]*	t(41) = 7.752 ***
	score brut	49.57 (18.11) *[20;79]*	75.79 (10.6) *[52;96]*	t(27.514) = 5.596 ***
	AL (mois)	57.53 (17.35) *[29;85]*	82.17 (10.74) *[59;104]*	t(41) = 5.421 ***
Performances en répétition de non-mots (RNM), de chiffres (RC), de phrases (RP)				
RNM	**z-score**	-2.05 (0.95) *[-3.5;-0.2]*	-0.72 (0.78) *[-1.6;1.2]*	t(41) = 5.012 ***
	score brut	40.37 (22.25) *[9;92]*	77.33 (18.63) *[55;126]*	t(41) = 5.929 ***
	empan CV	4.21 (1.18) *[2;7]*	5.79 (0.88) *[4;7]*	t(41) = 5.021 ***
	empan CCV	1.63 (0.83) *[0;3]*	3.63 (0.77) *[3;5]*	t(41) = 8.145 ***
RC	**z-score**	0.34 (2.31) *[-3.9;3.6]*	2.82 (1.52) *[0;6.6]*	t(41) = 4.219 ***
	score brut	4.15 (1.83) *[1;6]*	5.87 (1.29) *[3;9]*	t(41) = 3.596 **
	empan digital	3.31 (1.2) *[1;6]*	4.25 (0.6) *[3;6]*	t(41) = 3.085 ***
RP	**NS**	4.15 (1.98) *[1;9]*	10.45 (3.69) *[6;18]*	t(41) = 6.7 ***
	score brut	7.84 (3.62) *[2;14]*	17.13 (4,74) *[11;27]*	t(41) = 7.044 ***

z-score : déviation standard, m = 0,0 +/- 1
NS : note standard, m = 10 +/- 3

ns : non significatif p > .05
* p < .05
** p < .01
*** p < .001

Procédure

Le mot cible était suivi d'une période de 2100 ms précédent l'affichage visuel. A chaque essai, les deux images (cible et distracteur non relié) étaient présentées en silence pendant 2000 ms après le stimulus verbal (composé du mot parlé et du délai). Durant un intervalle inter-essai de 1000 ms, l'écran était blanc. La durée entière de la session était de 3 minutes et 36 secondes. Chaque participant a reçu la consigne d'écouter attentivement et de regarder les images, sans qu'aucune réponse motrice ou verbale ne soit attendue. En condition de délai silencieux, le mot cible était suivi par un délai silencieux de 2100 ms (correspondant à la place de trois non-mots). En condition de

suppression auditive, les trois non-mots étaient présentés consécutivement au premier mot cible, selon un pas régulier, i.e. chaque 700 ms.

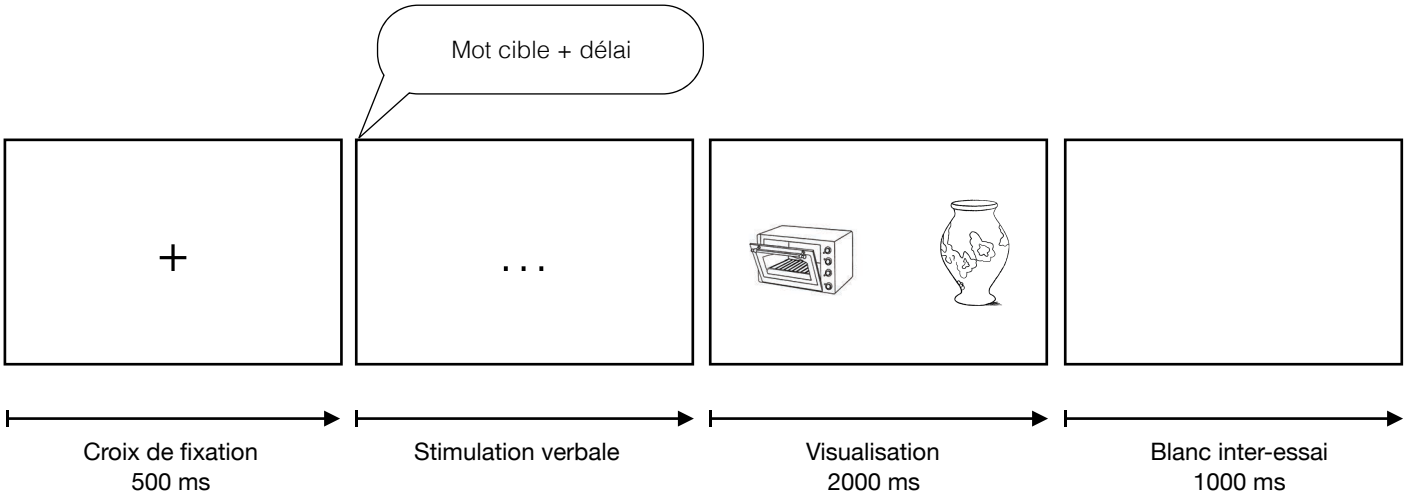


Figure 7. Procédure utilisée pour chaque essai de la tâche de MCT. Le mot cible suivi du délai (silencieux ou composé de non-mots) est présenté auditivement dans un premier temps, puis l'affichage montre l'objet cible (e.g. vase) et le distracteur neutre (e.g. four).

Résultats

Les résultats des deux conditions de délai (silence et suppression auditive) étaient présentés pour une fenêtre temporelle de deux secondes, correspondant à la phase de visualisation dans son intégralité. Deux variables dépendantes ont fait l'objet d'analyses approfondie : la moyenne des sommes de durées de fixation durant la phase de visualisation [0 - 2000 ms] et celle des durées de premières fixations. La moyenne des latences pour initier une saccade n'était pas différente entre l'image cible et l'image neutre, pour chaque condition. Aucun effet de groupe ni effet principal n'étaient retrouvés concernant les latences de premières fixation en fonction des conditions et du type d'images. Les données n'ont donc pas été détaillées.

1. Condition de délai silencieux

- *Durées totales [0 - 2000 ms] :* Les durées de fixation étaient plus longues sur la cible comparativement aux durées de fixation sur l'image neutre (non reliée) dans la condition silence (M_C

= 12 068 ms, SD = 5 748 vs M_{NR} = 8 752 ms, SD = 4 416), F(1,41) = 18.173, p < .001, η^2 = .307, sans interaction avec le groupe (F < 1).

- *Durées de premières fixations :* Les durées de premières fixations étaient équivalentes sur les images cible et distracteur pour l'ensemble des participants (F < 1).

2. Condition de suppression auditive (3 non-mots)

- *Durées totales [0 - 2000 ms] :* Des durées similaires ont été retrouvées sur les deux images (M_C = 9 952 ms, SD = 4 649 vs M_{NR} = 10 617 ms, SD = 4 528) dans la condition de délai composé de trois non-mots (F(1,41) = 2.271, p = .139), sans interaction Groupe x Type d'images (F < 1). Les durées ne différaient pas non plus selon le groupe de participants (F(1,41) = 1.006, p = .322).

- *Durées de premières fixations :* Les résultats étaient identiques concernant la comparaison des durées de premières fixations sur les deux images (F < 1).

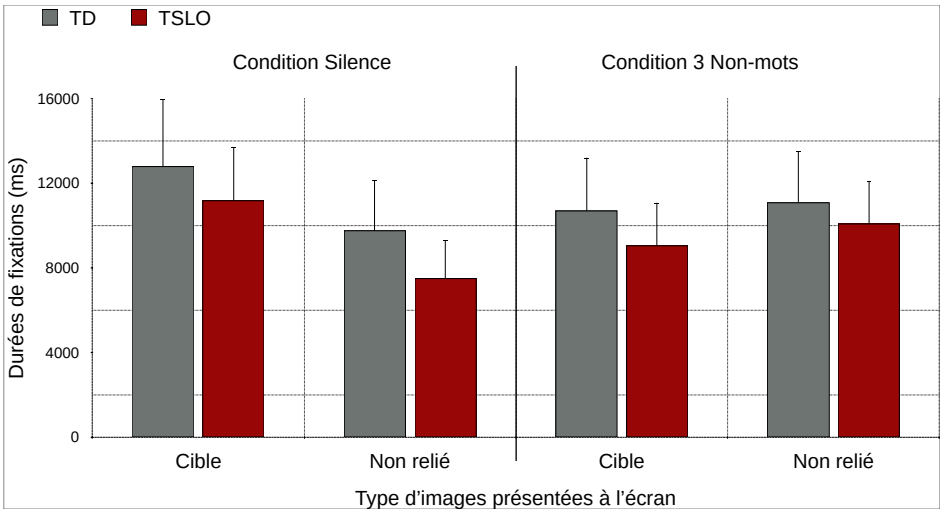


Figure 8. Durées de fixation totales entre 0 et 2000 ms de visualisation pour les conditions de délai silencieux et de suppression auditive.

En conclusion, les enfants âgés de 5 et 6 ans (i.e. 71 mois en moyenne), ont retenu le mot cible lorsque le délai précédant l'affichage visuel était silencieux, en observant davantage l'image référente au détriment du distracteur neutre. Les enfants avec des performances déficitaires à la tâche de RNM ont montré des proportions de fixations plus élevées sur les images cibles en condition de délai silencieux, indiquant qu'ils ont retenu les stimuli verbaux, et ce, bien que notre paradigme ne contenait pas d'instruction explicite et ne sollicitait pas l'expression orale. En condition de délai

silencieux, les résultats révélaient que l'encodage initial et la rétention de la trace verbale étaient efficients chez les enfants avec TSLO.

En revanche, lorsque le délai était composé de trois non-mots, les deux images ont été observées de manière équivalente par l'ensemble des participants. L'absence d'attirance vers l'une ou l'autre des images signifie que les participants ont pu oublier le mot cible lorsqu'il était suivi d'un délai de non-mots, ces derniers perturbant l'orientation de l'attention visuelle sur l'image correspondant au mot entendu en début de séquence. Les non-mots succédant à la cible verbale étaient susceptibles d'empêcher le rafraîchissement de la trace encodée et la récapitulation articulatoire, créant ainsi l'effet de suppression auditive.

Etude 2.B. Modification des paramètres expérimentaux, rétention durant un délai de 1400 ms

L'absence de différence significative entre les comportements des enfants au développement typique et ceux souffrant de TSLO dans l'étude 2.A. nous a amené à modifier les paramètres expérimentaux de cette procédure. Il s'agissait d'améliorer la puissance de discrimination et la spécificité du paradigme en modifiant le délai de rétention de l'information cible dans les deux conditions. Cette nouvelle tâche a, en outre, été proposée à un groupe d'enfants TD plus jeunes (âgés de 4;6 ans) et à une nouvelle cohorte de patients, divisée en deux groupes d'âges différents (en moyenne 5;0 ans et 6;8 ans). Afin de s'assurer que les enfants effectuaient un effort de mémorisation, une consigne les incitant à retenir le mot connu pour rechercher l'image correspondante a été fournie, contrairement à l'étude 2.A. L'hypothèse liée au déficit de maintien à court terme dans les TSLO était donc à nouveau testée et conformément aux précédents résultats, nous nous attendions à ce que les enfants avec TSLO soient capables de maintenir l'information cible dans la condition de délai silencieux, en dirigeant leur attention visuelle sur la cible au détriment de l'image non reliée, comme leurs pairs. Ainsi, les performances des enfants souffrant de troubles langagiers retrouvées déficitaires aux épreuves de répétition verbale, révèleraient davantage un déficit de production orale, au lieu d'un défaut de rétention des informations phonologiques et verbales en mémoire à court terme.

L'effet plancher retrouvé en condition non-mots (cf. étude 2.A.) ayant pu être causé par une limitation de la capacité de stockage phonologique chez l'ensemble de nos participants, la durée totale du délai a été réduite de 700 ms dans les deux conditions (silence et non-mots), correspondant à la durée d'un non-mot éliminé dans la séquence suivant le mot cible. Tandis que quatre informations verbales (la cible suivie de trois non-mots en condition suppression auditive), correspondant à une durée totale de 2800 ms avant l'apparition des images (la cible suivie d'un silence dans la seconde condition), avait été proposées aux enfants de l'étude 2.A., une réduction du délai composé de trois informations (la cible suivie de deux non-mots) a été proposé aux participants (Jarrold et al., 2008). Les hypothèses suivantes ont été testées à travers cette nouvelle manipulation.

(1) La réduction du délai (et de l'empan auditivo-verbal) devrait favoriser la rétention du mot cible dans les deux conditions. Des temps d'observation plus longs sur les images correspondant aux

mots entendus étaient ainsi attendus pour l'ensemble des individus, tous ayant reçu la consigne de mémoriser le mot familier.

(2) Dans la condition de suppression auditive, les enfants au développement typique devraient être en mesure de retenir le mot cible et de diriger leur regard sur l'image correspondante, quel que soit le délai, tandis que les enfants avec TSLO, supposés plus sensibles au phénomène de suppression auditive, devraient éprouver davantage de difficultés à retenir le mot cible au sein de la boucle phonologique.

(3) Concernant les groupes TSLO, étant donné les meilleures performances aux tests de répétition verbale des enfants âgés de 6;8 ans, comparativement à celles des enfants plus jeunes (5 ans), la comparaison des patterns exploratoires des participants devrait également révéler cette différence. Un effet de l'âge dans cette population permettrait d'attester que la tâche oculométrique créée évalue fidèlement les capacités de MCT.

Méthode

Participants

Les enfants avec TSLO (n = 27) ont été rencontrés entre septembre 2015 et mars 2017 tandis que les enfants TD (n = 29), scolarisés en MSM, ont été vus entre décembre 2015 et avril 2016. Les participants avec TSLO ont été divisés en deux groupes d'âges différents : les plus jeunes patients avaient un âge chronologique et lexical moyen de 5 ans (TSLO-AL5, n =11) et les enfants plus âgés avaient un âge lexical de 6;5 ans (TSLO-AL6, n = 16).

Le premier groupe TSLO-AL5 était apparié au groupe TD selon l'âge lexical. L'âge lexical du second groupe de patients était supérieur à l'âge lexical moyen du groupe TD. Le tableau 7 résume les caractéristiques langagières et intellectuelles des participants des trois groupes, et le tableau 8 fournit les résultats des tests de Student indiquant l'appariement.

Tableau 7. Caractéristiques intellectuelles, lexicales et mnésiques des 56 participants répartis en trois groupes pour l'épreuve de MCT (délai court).

	groupe	TSLO-AL5 (N = 11)	TSLO-AL6 (N = 16)	TD (N = 29)
		m (sd) *étendue*	m (sd) *étendue*	m (sd) *étendue*
AGE	**mois** *années;mois*	60.55 (3.85) *[46;68]* *5;0 (0;3)*	81.19 (8.87) *[72;98]* *6;8 (0;7)*	54.82 (3.85) *[48;63]* *4;6 (0;3)*
Niveaux de raisonnement non verbal (PM-47) et de compréhension lexicale (EVIP-A)				
PM-47	**z-score**	0.34 (0.74) *[-1;1.8]*	0.15 (0.82) *[-1.5;1.5]*	0.28 (0.92) *[-1.5;2.6]*
	score brut	16.73 (3.8) *[11;25]*	20.5 (4.65) *[11;29]*	16.24 (2.78) *[11;24]*
EVIP-A	**z-score**	-0.3 (1.25) *[-2.2;1.3]*	0.21 (1.21) *[-2.9;2.9]*	0.54 (1.07) *[-1.7;2.2]*
	score brut	51.82 (22.67) *[10;76]*	70.13 (22.31) *[16;99]*	53.44 (16.67) *[21;80]*
	AL (mois)	59.54 (20.47) *[24-82]*	77.07 (21.69) *[26-107]*	60.72 (18.86) *[30;86]*
Performances en répétition de non-mots (RNM), de chiffres (RC), de phrases (RP)				
RNM	**z-score**	-2.42 (0.76) *[-3.8;-1.6]*	-2.4 (0.64) *[-3.6;-1.1]*	0.52 (1.08) *[-1.4;3]*
	score brut	21.55 (13.13) *[5;45]*	40.87 (19.04) *[9;69]*	77.93 (27.53) *[27;131]*
	empan CV	3.09 (0.7) *[2;4]*	4.07 (1.06) *[2;6]*	5.75 (1.27) *[3;8]*
	empan CCV	1.27 (1.1) *[0;3]*	1.88 (0.89) *[1;4]*	3.00 (0.93) *[1;5]*
RC	**z-score**	0.33 (1.1) *[-1.8;2.9]*	0.67 (1.57) *[-2.9;2.9]*	1.71 (1.44) *[-1.2;4.1]*
	score brut	3.63 (1.03) *[2;6]*	4.56 (1.15) *[2;6]*	4.83 (1.44) *[2;7]*
	empan digital	3 (0.45) *[2;4]*	3.56 (0.63) *[2;4]*	3.66 (0.87) *[2;5]*
RP	**NS**	5.09 (1.83) *[1;7]*	4.5 (1.83) *[1;7]*	9.34 (1.76) *[6;13]*
	score brut	7 (3.13) *[2;11]*	10.37 (4.08) *[0;17]*	12.9 (3.19) *[6;19]*

ds : déviation standard, m = 0,0 +/- 1
NS : note standard, m = 10 +/- 3

Tableau 8. Différences entre les groupes de participants pour l'appariement lexical et comparaisons des performances pour les groupes non appariés.

	Appariement AL			Groupes non appariés		
	TSLO-AL5 (N = 11)	TD (N = 29)	Test de Student	TSLO-AL6 (N = 16)	TD (N = 29)	Test de Student
	m (sd)	m (sd)	* Valeur de p	m (sd)	m (sd)	* Valeur de p
AC (mois)	60.55 (3.85)	54.82 (3.85)	t(12.4) = 2.5 **	81.19 (8.87)	54.82 (3.85)	t(18.2) = 11.3 ***
PM-47	0.34 (0.74)	0.28 (0.92)	t(38) < 1 ns	0.15 (0.82)	0.28 (0.92)	t(43) < 1 ns
EVIP-A	-0.3 (1.25)	0.54 (1.07)	t(38) = 2.13 *	0.21 (1.21)	0.54 (1.07)	t(43) < 1 ns
AL (mois)	59.54 (20.47)	60.72 (18.86)	t(38) < 1 ns	77.07 (21.69)	60.72 (18.86)	t(43) = 2.91 **
RNM	-2.42 (0.76)	0.52 (1.08)	t(38) = 8.26 ***	-2.4 (0.64)	0.52 (1.08)	t(43) = 9.89 ***
RC	0.33 (1.1)	1.71 (1.44)	t(38) = 2.85 ***	0.67 (1.57)	1.71 (1.44)	t(43) = 2.22 **
RP	5.09 (1.83)	9.34 (1.76)	t(38) = 6.89 ***	4.5 (1.83)	9.34 (1.76)	t(43) = 8.73 ***

ns : non significatif p > .05
* p < .05
** p < .01
*** p < .001

Procédure

Les enfants recevaient la consigne d'orienter leur regard sur l'image correspondant au mot entendu, qu'ils connaissaient, sans pointer sur l'écran ni parler. Pour chaque expérience oculométrique, une phase de calibration était proposée et les items étaient présentés dans un ordre aléatoire pour chaque enfant. Deux types d'images s'affichaient à l'écran à la suite du stimulus verbal, l'image cible et une image dont l'étiquette lexicale était éloignée et non reliée à la cible. Les deux conditions de la tâche de MCT était similaires à celles de l'étude 2.A., mais les paramètres temporels différaient. Dans la condition de délai silencieux, la cible était suivie d'un délai silencieux de 1400 ms (correspondant à la place de 2 non-mots). Deux non-mots étaient présentés à la suite du mot cible, à un rythme régulier de 700 ms dans la condition de suppression auditive.

Résultats

Les données des 56 participants répartis en trois groupes ont été présentées pour chaque condition (silence et suppression auditive) de cette nouvelle tâche de MCT et l'analyse des comportements exploratoires a été réalisée pour différentes variables : les durées totales de fixation pendant les 2 secondes, les durées des premières fixations et les latences des premières fixations sur les deux images présentées à l'écran. A nouveau, aucun résultat significatif concernant les latences de premières fixations n'ayant été mis en évidence dans les deux conditions de délais, ils n'ont pas été exposés ci-dessous.

1. *Condition de délai silencieux*

- *Durées totales [0 - 2000 ms] :* La tendance retrouvée pour l'interaction Groupe x Type d'images $F(2,53) = 3.057$, $p = .055$, $\eta^2 = .103$, était compatible avec l'effet principal du type d'images $F(2,53) = 41.732$, $p < .001$, $\eta^2 = .441$. L'analyse des comportements exploratoires de chaque groupe a été réalisée à titre indicatif.
    - *Groupe TSLO-AL5* : Les jeunes participants avec TSLO ont porté significativement leur attention sur la cible au détriment de l'image neutre (M_C = 8 744 ms, SD = 5 128 ; M_{NR} = 6 323 ms, SD = 3 742), $F(1,10) = 5.478$, $p = .041$, $\eta^2 = .354$.

- *Groupe TSLO-AL6* : Un effet identique a été retrouvé pour les participants plus âgés, $F(1,15) = 20.446$, $p < .001$, $\eta^2 = .577$, avec des durées de fixation plus longues sur la cible que sur le distracteur (M_C = 14 098 ms, SD = 6 855 ; M_{NR} = 6 929 ms, SD = 3 304).
- *Groupe TD* : Enfin, les participants au développement typique ont davantage observé la cible (M_C = 10 246 ms, SD = 7 226) au détriment de l'image non reliée (M_{NR} = 5 754 ms, SD = 3 898), l'effet principal du type d'images étant nettement significatif, $F(1,28) = 26.451$, $p < .001$, $\eta^2 = .486$.

- *Durées de premières fixations* : Les durées étaient significativement plus longues sur la cible (M_C = 584 ms, SD = 666) que sur l'image non reliée au mot à retenir (M_{NR} = 327 ms, SD = 398), $F(1,53) = 5.271$, $p = .028$, $\eta^2 = .088$, sans interaction avec le facteur groupe ($F < 1$) ni effet de groupe ($F(1,53) = 2.3$, $p = .107$).

Au cours de cette condition expérimentale, l'ensemble des participants a correctement observé l'image correspondant au mot entendu, signe de la rétention de l'information malgré la présence d'un délai de 2 secondes entre la présentation auditive et l'apparition des deux images à l'écran.

2. Condition de suppression auditive (2 non-mots)

- *Durées totales [0 - 2000 ms] :* Il existait un effet d'interaction Groupe x Type d'images, $F(2,53) = 5.949$, $p = .018$, $\eta^2 = .101$. L'analyse des données oculométriques de chaque groupe a permis de relever des différences dans les patterns exploratoires des enfants sur les deux images, dans cette condition de suppression auditive.
  - *Groupe TSLO-AL5* : Les durées de fixation étaient équivalentes sur les deux images ($F < 1$, M_C = 7 891 ms, SD = 4 040 vs M_{NR} = 7 184 ms, SD = 4 257).
  - *Groupe TSLO-AL6* : Les durées étaient en moyenne plus longues sur la cible (M_C = 12 618 ms, SD = 6 891), comparativement aux durées de fixation sur le distracteur (M_{NR} = 8 382 ms, SD = 3 460), $F(1,15) = 8.094$, $p = .012$, $\eta^2 = .35$,

- *Groupe TD* : L'effet du type d'images n'était pas significatif pour le groupe de participants contrôles ($F < 1$), reflétant des durées équivalentes sur les deux images (M_C = 7 806 ms, SD = 5 391 vs M_{NR} = 7 860 ms, SD = 5 581).

- *Durées de premières fixations* : Les durées de premières fixations étaient plus longues sur l'image cible pour l'ensemble des participants, $F(1,53) = 7.657$, $p = .008$, $\eta^2 = .126$, sans interaction avec le facteur groupe. En revanche, un effet de groupe était significatif, $F(2,53) = 3.812$, $p = .028$, $\eta^2 = .126$. Le test de Tukey a permis de montrer que les enfants du groupe TSLO-AL6 observaient globalement plus longtemps les images que les enfants au développement typique ($p = .021$).

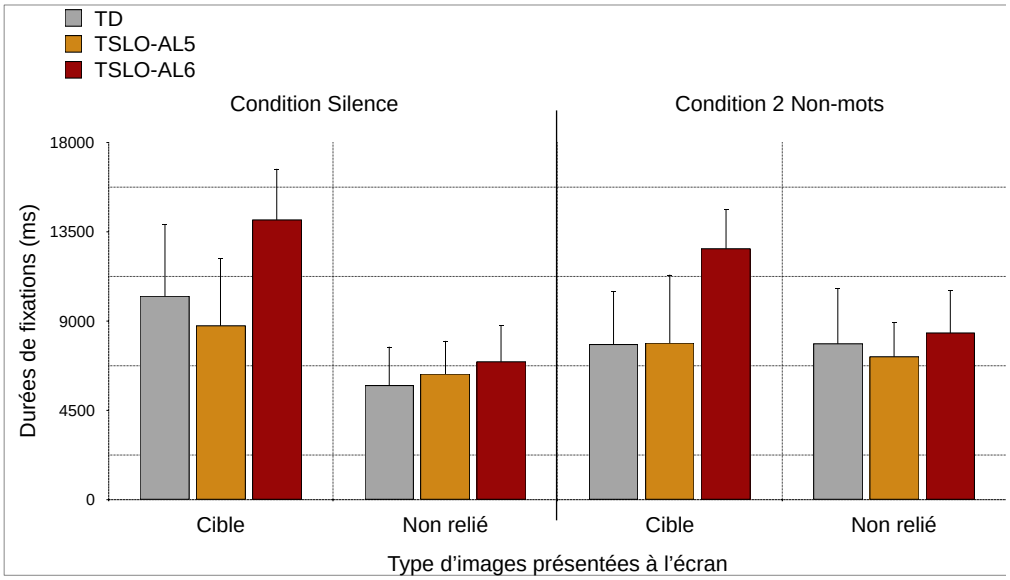


Figure 9. Durées de fixation totales entre 0 et 2000 ms de visualisation, pour les conditions de délai silencieux et de suppression auditive.

La comparaison des proportions de durées de fixation sur la cible à l'aide du test du χ^2, a montré que le temps passé sur l'image cible dans les conditions de délai silencieux et de suppression auditive, était équivalent entre les trois groupes de participants.

Tableau 9. Comparaisons des pourcentages de temps passé sur la cible entre les groupes et selon les conditions pour la tâche de MCT : temps passé sur la cible (valeurs théoriques) [χ2 pour chaque cellule].

Temps passé sur la cible (% ms)	**groupes**		
Conditions	**TSLO-AL5**	**TSLO-AL6**	**TD**
Silence	58 (59.23) [.03]	67 (68.38) [.03]	64 (61.38) [.11]
Non-mots	52 (50.77) [.03]	60 (58.62) [.03]	50 (52.62) [.13]
	χ^2 observé = .357 < χ^2 théorique = 5.991, ns		

ns : non significatif p > .05

En résumé, des différences dans les comportements visuels exploratoires des trois groupes ont été mises en évidence en condition de suppression auditive, présentant deux non-mots entre l'apparition du mot cible et l'affichage des images. Les plus jeunes enfants avec et sans TSLO ont observé de manière équivalente les deux types d'images durant les deux secondes de visualisation. Les enfants souffrant de TSLO plus âgés ont en revanche davantage observé la cible que l'image neutre.

Discussion

Le premier objectif de cette étude a été de réduire l'empan de la condition de suppression auditive, en passant de quatre informations (la cible suivie de 3 non-mots) à trois informations (la cible suivie de 2 non-mots). Ainsi, nous supposions que le mot cible serait mieux retenu par les participants contrôles comparativement aux enfants avec TSLO. Toutefois, l'ensemble des individus a davantage observé la cible que le distracteur dans la condition de délai silencieux. Aucun effet de la pathologie n'était donc retrouvé dans cette condition. La réduction du délai silencieux et la consigne de mémorisation ont permis le maintien du mot cible durant un délai silencieux.

En revanche, dans la condition de suppression auditive, la présence des deux non-mots a perturbé les participants, mais différemment selon les groupes. Les plus jeunes enfants avec et sans TSLO (respectivement âgés de 5;0 et 4;6 ans) n'ont pas davantage porté leur attention visuelle sur l'image cible après le délai de deux non-mots tandis que les enfants avec TSLO âgés de 6;8 ans ont fixé durablement la cible, la distinguant ainsi de l'image non reliée. Ces résultats ont mis en évidence un possible effet de l'âge, en faveur de l'hypothèse (2) : les comportements visuels des enfants TSLO diffèrent à la tâche oculométrique de MCT, comme aux tests de répétition, en fonction de l'âge et de

leur capacité de stockage en MCT. L'empan de trois informations de la condition non-mots a vraisemblablement favorisé le maintien de l'information cible chez les grands participants, dont l'empan mesuré aux tâches de RNM était de 4 en moyenne, pour la répétition de syllabes simples. La difficulté de cette tâche était nettement réduite pour les enfants plus âgés, tandis que le niveau de difficulté était élevé pour les plus jeunes enfants avec TSLO, dont l'empan était de 3 syllabes simples. De plus, le groupe TSLO-AL6 a pu mettre en place une stratégie d'auto-répétition du mot cible pendant ce court délai de suppression auditive, la consigne de mémorisation ayant été fournie.

Toutefois, l'absence de différence entre les comportements exploratoires des participants souffrant de TSLO âgés de 5 ans et ceux de leurs pairs (TSLO-AL5 vs TD), ne nous a pas permis de déterminer l'origine du déficit en MCT existant à l'épreuve de RNM. Etonnamment, les performances oculométriques n'étaient pas significativement différentes en condition de suppression auditive pour ces deux groupes d'enfants, bien que les empans étaient différents à la tâche de RNM (pour la répétition de syllabes simples : en moyenne 5 pour les TD vs 3 pour le groupe TSLO-AL5). A nouveau, les différences observées uniquement aux épreuves de répétition verbale soutiennent l'hypothèse d'un biais de production verbale au cours de ces épreuves, ne permettant pas un examen objectif de la capacité mnésique des enfants avec TSLO.

Résumé des résultats du Chapitre 1: Adaptation du paradigme du monde visuel (PMV) à 2 images			
TSLO vs TD		Fenêtre [0 - 2000 ms]	Durées de premières fixations
Etude 2.A *(MCT)*	Condition Silence	cible > non relié	ns
	Condition 3 Non-Mots	ns	ns
TSLO-AL5 vs TSLO-AL6 vs TD-AL5		Fenêtre [0 - 2000 ms]	Durées de premières fixations
Etude 2.B *(MCT)*	Condition Silence	Tendance (.055) TSLO-AL5, TSLO-AL6, TD-AL5 : cible > non relié (Amplitudes différentes)	cible > non relié
	Condition 2 Non-Mots	TSLO-AL5, TD-AL5 : ns TSLO-AL6 : cible > non relié	cible > non relié TD-AL5 < TSLO-AL6

Discussion

Notre objectif était de développer une méthode expérimentale adaptée du paradigme du monde visuel et des procédures oculométriques d'observation libre (*free-viewing* en anglais) pour évaluer les capacités mnésiques des enfants d'âge préscolaire souffrant de TSLO. La procédure réduisait la demande de la tâche à un choix forcé implicite entre deux images. Lors de l'introduction d'un délai silencieux entre le mot cible et l'affichage visuel, avec ou sans consigne explicite de mémorisation de ce mot, les durées de fixation étaient significativement plus importantes sur l'image cible comparativement aux durées sur le distracteur, reflétant une trace verbale en MCT non dégradée et la reconnaissance correcte du mot parlé à la suite d'un délai silencieux de 2 à 3 secondes. En effet, les enfants avec TSLO comme ceux au développement typique, ont maintenu le concept entendu en orientant leur regard durablement vers l'image cible plutôt que vers le distracteur. Si les enfants avec TSLO semblaient maintenir aussi bien que leur pairs la représentation du mot active pendant le délai silencieux, la condition de suppression auditive semblait nettement perturber la rétention de l'information cible. Contrairement à nos attentes, une proportion équivalente de regards sur les deux images était retrouvée dans la condition non-mots dans la population contrôle. La séquence de deux ou trois non-mots interférait donc significativement avec la rétention du mot cible au sein de la boucle phonologique de la MCT. De manière surprenante, le déclin était retrouvé dans cette population, bien que les variables expérimentales sélectionnées devaient favoriser l'effet de primauté, le mot cible étant placé en première position dans la séquence verbale (Jarrold et al., 2008). De plus, la

présentation de non-mots après le mot cible, au lieu de mots réels, encourageait la rétention du seul item lié à une représentation en mémoire, en limitant également la compétition lexicale (Gathercole, 1999). Dans l'étude 2.A., une explication en lien avec l'absence d'instruction explicite était plausible. Etant donné qu'aucune consigne de mémorisation du mot cible n'était adressée aux participants, aucune stratégie particulière de rétention du mot parlé n'a pu être mise en place, en condition non-mots ou lors du délai silencieux. Dans ce cas cependant, les durées de fixation en condition de délai silencieux n'auraient pas dues être significativement plus élevées sur la cible. En outre, dans l'étude 2.B., la consigne explicite fournie aux participants n'a pas favorisé la rétention du mot cible en condition de suppression auditive chez les plus jeunes participants. L'influence de la consigne n'a pu être examinée à travers une comparaison directe des données recueillies dans les deux études mais a fait l'objet d'analyses dans les études menées ultérieurement.

Pour conclure, l'adaptation du paradigme à deux images a été remise en question au vu du manque de sensibilité pour discriminer les enfants TD des enfants avec troubles langagiers. Les effets plafond et plancher obtenus respectivement dans la condition silence et dans la condition non-mots de la tâche de MCT ont donc amené à manipuler les variables indépendantes de notre expérience. Une tâche plus complexe, utilisant le paradigme du monde visuel à quatre images pourrait davantage convenir à l'étude de nos hypothèses. En outre, la présentation du compétiteur phonologique, des distracteurs non reliés et de l'image cible disposés sur un même affichage, permettrait une analyse de meilleure qualité du traitement lexical et phonologique. Une analyse plus précise du décours temporel des proportions de fixations via le PMV classiquement utilisé dans la littérature, renseignerait davantage sur la vitesse de traitement des enfants avec TSLO.

Chapitre 2. Paradigme du monde visuel à quatre images

L'amélioration du protocole expérimental et de la méthode d'analyse des données oculométriques visait à approfondir l'étude du processus incrémental du traitement lexical et de l'effet de compétition phonologique et lexicale chez les jeunes enfants, ainsi qu'à améliorer l'examen de la mémoire à court terme. Via l'utilisation du paradigme classique du monde visuel pour la RMP et de son adaptation pour la tâche de MCT, nous souhaitions tester à nouveau les hypothèses générales explicitées dans le chapitre 1 (encadré 5) et comparer nos résultats à ceux de la littérature.

Encadré 5. **Hypothèses générales**

1. Si le déficit est localisé à l'encodage initial de l'information verbale, les enfants avec TSLO devraient être moins performants que leurs pairs aux deux types de tâches : RMP et MCT.

2. Si le déficit concerne le maintien à court terme dans les TSLO, les jeunes patients devraient montrer des performances différentes, exclusivement aux tâches de MCT (épreuves de répétition et paradigme en oculométrie).
   1. Dans ce cas, si le déclin de la trace phonologique et verbale est responsable du déficit en MCT, les enfants avec TSLO seront moins performants que leurs pairs dans les deux conditions de la tâche MCT (délai silencieux et suppression auditive).
   2. Au contraire, si le déficit est du à une plus grande sensibilité à l'interférence auditive dans les TSLO, comparativement aux enfants du groupe TD, les comportements visuels exploratoires dans la condition non-mot devraient différés entre les enfants avec et sans TSLO mais pas dans la condition de délai silencieux. Un effet d'interaction était attendu entre le type de délai et le groupe.

3. Si le problème concerne uniquement la production orale dans les TSLO, les performances seraient différentes uniquement à la tâche de RNM et ne diffèreraient pas dans les comportements oculaires aux tâches proposées en oculométrie.

Le chapitre 2 s'organise en deux parties, correspondant aux deux tâches proposées en oculométrie. Dans une première section, la méthodologie et les résultats obtenus à la RMP ont été détaillés ; dans un second temps, ont été exposés les résultats à la tâche de MCT.

Etude 1. Reconnaissance de mots parlés

L'utilisation du PMV dans sa version à quatre images permettait dans un premier temps de rechercher un effet de compétition phonologique (Allopenna et al., 1998) et de comparer nos résultats à ceux de la littérature (McMurray et al., 2010). Afin de limiter le traitement lexical et syntaxique requis dans ce type de tâche - susceptible de perturber les enfants souffrant de troubles langagiers -, les mots ont été à nouveau présentés de manière isolée dans notre expérience. Le matériel verbal et visuel était identique à celui présenté dans l'étude précédente ; néanmoins, quatre images étaient affichées à l'écran : la cible, un compétiteur phonologique et deux distracteurs non reliés. En fonction des mots, les compétiteurs phonologiques étaient de deux types : soit un compétiteur de cohorte qui partageait les phonèmes initiaux avec la cible (e.g. plante/planche), soit un compétiteur de rime qui partageait les phonèmes finaux avec le mot référent (e.g. casque/masque). Outre les hypothèses générales, l'hypothèse A concernant la vitesse d'activation lexicale était à nouveau testée, ainsi que l'hypothèse B concernant la compétition phonologique.

L'échantillon de la population étant plus important pour cette étude, les groupes ont été divisés en sous-groupes, respectivement de 5 et 6 ans. En accord avec l'hypothèse de sous-spécification des représentations et de l'influence de la taille du stock lexical en fonction de l'âge (Sekerina, & Brooks, 2007), un effet d'interaction était également attendu entre les variables Age et Groupe. L'effet de compétition phonologique pourrait être plus marqué chez les jeunes enfants, avec ou sans TSLO, puis susceptible de persister chez les enfants avec TSLO plus âgés et de disparaître chez les grands enfants contrôles.

Etude 1.A. Reconnaissance de mots parlés via le paradigme à 4 images chez les enfants avec et sans TSLO, de 5 et 6 ans

Méthode

Participants

Cinquante-sept enfants avec TSLO ont participé à cette étude entre les mois d'octobre 2014 et de mars 2017. Le groupe d'enfants au développement typique rencontrés dans le cadre scolaire,

soit en maternelle (GSM), soit en école primaire (CP) était constitué de 52 participants, recrutés entre les mois de novembre 2014 et mars 2015. Dans une première analyse, les données recueillies pour les enfants avec et sans TSLO âgés de 5 ans et de 6 ans en moyenne ont été analysées (N = 40). Dix-sept enfants avec TSLO ont en effet été exclus de cette analyse en raison de leur âge avancé. Le tableau 10 résume les caractéristiques des participants et le tableau 11 présente les résultats aux tests de comparaison de moyennes.

Tableau 10. Caractéristiques intellectuelles, lexicales et mnésiques des 92 participants répartis en quatre groupes pour la tâche de RMP.

	groupe	**TSLO**		**TD**	
	groupe d'âge	TSLO-5 (n = 21)	TSLO-6 (n = 19)	TD-5 (n = 21)	TD-6 (n = 31)
		m (sd) *étendue*	m (sd) *étendue*	m (sd) *étendue*	m (sd) *étendue*
AGE	**mois** années;mois	60.95 (6.45) *[47;69]* *5;1 (0;5)*	76.57 (3.72) *[72;83]* *6;4 (0;3)*	66.52 (3.78) *[60;71]* *5;5 (0;3)*	79.61 (3.87) *[72;85]* *6;6 (0;3)*
Niveaux de raisonnement non verbal (PM-47) et de compréhension lexicale (EVIP-A)					
PM-47	**z-score**	0.17 (0.79) *[-1.5;1.9]*	0.25 (0.88) *[-1.5;2.1]*	0.29 (1) *[-1.2;2.1]*	0.16 (0.83) *[-1;1.8]*
	score brut	16.9 (3.63) *[11;27]*	21.89 (4.58) *[11;33]*	20.38 (4.34) *[12;29]*	23.52 (4.51) *[17;31]*
EVIP-A	**z-score**	-0.23 (1.27) *[-2,3;-2]*	-0.51 (1.44) *[-2.5;1.7]*	0.19 (1.33) *[-2.4;2.4]*	1.09 (0.56) *[-0.3;1.9]*
	score brut	47.43 (22.23) *[9;90]*	57.42 (23.14) *[22;92]*	61.14 (21.74) *[21;98]*	87.71 (10.15) *[61;101]*
	AL (mois)	55.48 (20.71) *[23;97]*	64.74 (22.22) *[31;99]*	67.39 (23.16) *[10;106]*	92.45 (10.75) *[68;110]*
Performances en répétition de non-mots (RNM), de chiffres (RC), de phrases (RP)					
RNM	**z-score**	-2.28 (0.66) *[-3.1;-0.6]*	-1.79 (0.91) *[-3.3;-0.3]*	0.00 (0,88) *[-1.8;1.2]*	0.18 (1.07) *[-1.6;2.1]*
	score brut	27.67 (16.02) *[3;70]*	49.42 (23.31) *[13;104]*	95.57 (22.4) *[60;133]*	101.03 (25.73) *[55;146]*
	empan CV	3.38 (1.02) *[1;6]*	4.47 (1.17) *2;7]*	6.05 (1.17) *[4;8]*	6.41 (1.2) *[5;8]*
	empan CCV	1.05 (0.8) *[0;3]*	2 (0.88) *[1;3]*	3.48 (0.68) *[2;5]*	3.48 (1.06) *[2;6]*
RC	**z-score**	0.34 (0.9) *[-0.9;2.8]*	1,53 (1.31) *[-1.4;4.3]*	2.15 (2.23) *[-3.8;5.5]*	3.9 (2.59) *[-2.9;8.6]*
	score brut	3.66 (0.91) *[2;6]*	5.16 (0.96) *[3;7]*	5.85 (1.11) *[4;8]*	7.26 (1.84) *[4;11]*
	empan	3.1 (0.54)*[2;4]*	4.05 (0.62) *[3;5]*	4.14 (0.48) *[3;5]*	5.13 (0.93) *[4;7]*
RP	**NS**	5.24 (1.34) *[2;8]*	4.52 (1.54) *[2;9]*	9,42 (2.84) *[5;15]*	10.58 (3.92) *[5;17]*
	score brut	7.19 (2.58) *[1;12]*	9.63 (2.85) *[4;17]*	15.43 (4.12) *[9;23]*	19.26 (4.99) *[10.28]*

Tableau 11. Comparaisons des performances obtenues par les participants TD et TSLO en fonction de leur âge, 5 ans et 6 ans.

	Groupe 5 ans			Groupe 6 ans		
	TSLO-5 (n = 21)	TD-5 (n = 21)	Test de Student	TSLO-6 (n = 19)	TD-6 (n = 31)	Test de Student
	m (sd)	m (sd)	* Valeur de p	m (sd)	m (sd)	* Valeur de p
AC (mois)	60.95 (6.45)	66.52 (3.78)	t(32.8) = 3.14 *	76.57 (3.72)	79.61 (3.87)	t(48) = 2.76 *
PM-47	0.17 (0.79)	0.29 (1)	t(40) < 1 ns	0.25 (0.88)	0.16 (0.83)	t(48) < 1 ns
EVIP-A	-0.23 (1.27)	0.19 (1.33)	t(40) < 1 ns	-0.51 (1.44)	1.09 (0.56)	t(21.4) = 4.6 **
AL (mois)	55.48 (20.71)	67.39 (23.16)	t(40) < 1 ns	64.74 (22.22)	92.45 (10.75)	t(23.35) = 5.1 **
RNM	-2.28 (0.66)	0.00 (0,88)	t(40) = 9.48 **	-1.79 (0.91)	0.18 (1.07)	t(48) = 6.68 **
RC	0.34 (0.9)	2.15 (2.23)	t(26.39) = 3.45 **	1,53 (1.31)	3.9 (2.59)	t(46.73) = 4.28 **
RP	5.24 (1.34)	9,42 (2.84)	t(28.47) = 6.1 **	4.52 (1.54)	10.58 (3.92)	t(42.5) = 7.68 **

ns : non significatif p > .05
* p < .05
** p < .01
*** p < .001

Procédure

Les quatre images (cible, compétiteur phonologique et deux distracteurs non reliés) étaient disposées aux coins de l'écran de manière aléatoire pour l'ensemble des sujets, pour chaque essai.

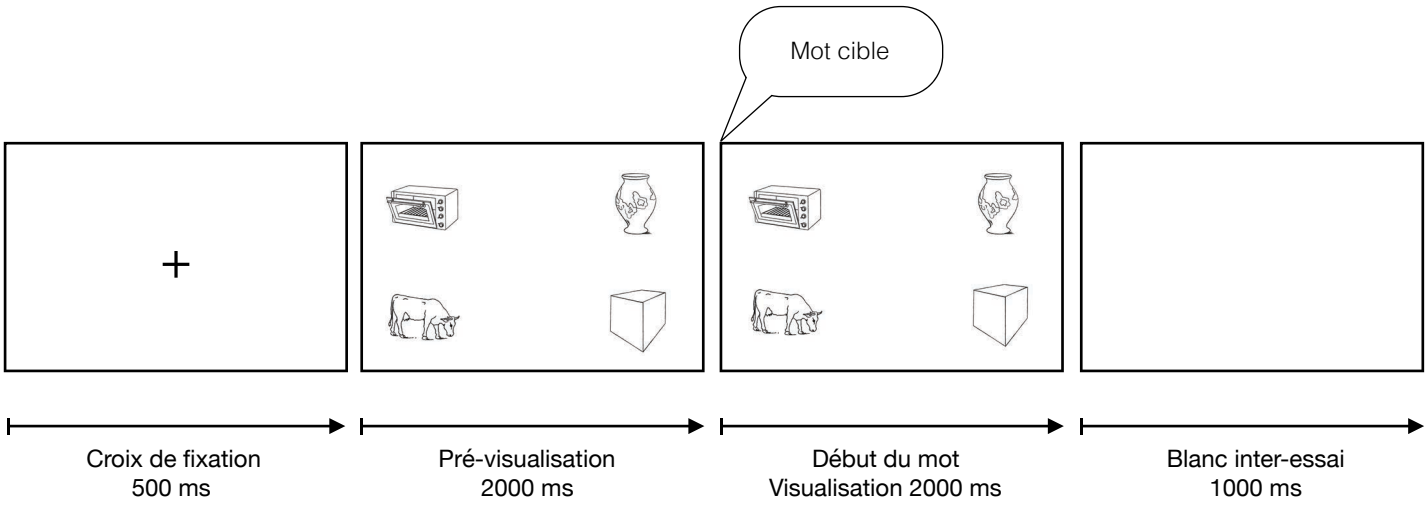


Figure 10. Procédure utilisée pour chaque essai de l'expérience RMP. L'affichage présente l'objet cible (e.g. vase) et le compétiteur (e.g. vache), ainsi que de images non reliées (e.g. four, cube). Le mot cible est présenté après 2000 ms de pré-visualisation.

La phase de pré-visualisation durait 2000 ms, tou comme la phase de visualisation débutant avec l'arrivée du mot parlé. Entre chaque essai, un écran blanc apparaissait pendant 1000 ms puis une

croix centrale de fixation annonçait l'essai suivant (500 ms). Une instruction spécifique a été fournie aux participants, leur demandant explicitement de regarder l'image correspondant au mot entendu dans le casque, en restant concentré et calme. La tâche de RMP, composée de 22 items, était administrée à chaque enfant dans une pièce isolée du bruit. La durée totale de l'épreuve en oculométrie était estimée à moins de 3 minutes, 30 secondes étant environ nécessaire pour la phase de calibration.

Recueil et traitement des données

Les variables dépendantes étaient identiques à celles des études précédentes : durées de fixation sur les fenêtres temporelles déterminées (fenêtre 1 [200 - 1000 ms] ; fenêtre 2 [1000 - 2000 ms]), durées et latences de premières fixations. Une nouvelle variable a fait l'objet d'une analyse approfondie, permettant l'étude de données oculométriques plus fines, sur des périodes plus courtes : les proportions de fixations réparties en fonction du temps de visualisation (Yee, & Sedivy, 2006; Kalénine, Mirman, Middleton, & Buxbaum, 2012). La quantité de regards sur les images cibles et distracteurs a été transformée (Mirman, 2014) à l'aide d'un programme de *binification* sur *RStudio* (Version 1.0.136, 2009 - 2016) avec les packages *ggplt2*, *lme4*, *reshape*, *plyr* et *dplyr*. Afin d'observer le décours temporel des fixations des participants sur les images, les essais ont été divisés en 50 fenêtres temporelles de 40 ms (*TimeBin,* e.g. BIN 4 correspond à l'intervalle [0 - 40 ms], BIN 8 à l'intervalle [41 - 80 ms]) et les proportions de fixations sur les zones d'intérêts déterminées (correspondant aux quatre images) ont été comparées à l'aide d'ANOVAs à mesures répétées.

Résultats

Aucune différence significative n'a été trouvée au sein des données recueillies durant la phase de pré-visualisation, les durées de fixation étant équivalentes sur chaque type d'images. Les participants observaient donc les images dans une proportion similaire avant d'entendre le mot parlé. L'analyse des fixations sur les images correspondant aux deux distracteurs non reliés (non relié 1 et 2) durant la phase de visualisation n'a pas relevée de différence significative. Les données correspondant à ces deux distracteurs ont donc été regroupées dans notre analyse sous le terme « distracteur non relié » (Dahan et al., 2000). Dans un premier temps, les résultats concernant les

variables de durées et de latences ont été présentés en comparant les données sur les trois types d'images (cible vs relié vs non relié) obtenues chez les enfants des deux groupes (TD vs TSLO) selon les âges (5 ans vs 6 ans). Les durées de fixation de la première seconde de la phase de visualisation (fenêtre 1 [200 - 1000 ms]) étaient examinées séparément des durées de fixation enregistrées lors de la deuxième seconde (fenêtre 2 [1000 - 2000 ms]). Dans une seconde partie, les résultats concernant les proportions de fixations en fonction du décours temporel ont été détaillés selon le même plan expérimental. Le point de divergence, correspondant à des proportions de fixations différentes entre la cible et les images reliées et non reliées, a été déterminé comme étant le *TimeBin* initial de deux intervalles de temps consécutifs pour lesquels la valeur de *p* était inférieure à .05.

1. Résultats des données brutes

Durées, fenêtre 1 [200 - 1000 ms]

L'analyse des durées de fixation entre 200 et 1000 ms a mis en évidence un effet principal du type d'images, $F(1.204,105.932) = 65.316$, $p < .001$, $\eta^2 = .426$, sans autre effet. Le test de comparaison par paires de Bonferroni indiquait que les cibles étaient plus longtemps fixées que les deux autres images (cible vs relié : $p < .001$, cible vs non relié : $p < .001$) mais le compétiteur phonologique était également plus longtemps observé que l'image non reliée (relié vs non relié : $p < .001$).

L'interaction Age x Type d'images n'était pas significative à .05. Toutefois, la tendance reflétait des comportements exploratoires sur les images différents pour chaque groupe d'âge, $F(1.204,105.932) = 3.326$, $p = .063$, $\eta^2 = .036$.

- *Enfants de 5 ans :* Tous les enfants de 5 ans ont porté leur attention différemment selon les images, $F(1.261,50.455) = 26.738$, $p < .001$, $\eta^2 = .401$. Le test de comparaison par paires montrait que les durées de fixation étaient significativement plus élevées sur la cible et sur le compétiteur (cible vs relié : $p < .001$, cible vs non relié : $p < .001$, relié vs non relié : $p = .002$; $M_C = 5\,057$ ms, $SD_C = 2\,837$; $M_R = 3\,246$ ms, $SD_R = 1\,193$; $M_{NR} = 2\,618$ ms, $SD_{NR} = 1\,012$).
- *Enfants de 6 ans :* De manière identique, l'effet principal reflétait des images différemment fixées, $F(1.11,56.48) = 95.097$, $p < .001$, $\eta^2 = .665$, au profit de l'image cible (cible vs relié : $p < .001$, cible vs non relié : $p < .001$) et du compétiteur (relié vs non relié : $p = .04$). La différence

entre les durées de fixation sur les deux types de distracteurs était néanmoins minime (M_C = 6 090 ms, SD_C = 3 873 ; M_R = 2 890 ms, SD_R = 1 361 ; M_{NR} = 2 440 ms, SD_{NR} = 916).

Durées, fenêtre 2 [1000 - 2000 ms]

L'effet principal du type d'images était retrouvé significatif durant la deuxième seconde de visualisation, $F(1.098,96.638) = 149.63$, $p < .001$, $\eta^2 = .63$, sans interaction entre les facteurs. L'effet de groupe, $F(1,88) = 8.066$, $p = .002$, $\eta^2 = .084$, indiquait que les enfants avec TSLO ont fixé plus longuement l'ensemble des images comparativement aux enfants TD.

Concernant l'effet principal, le test de comparaison par paires a mis en évidence des cibles durablement fixées, au détriment des deux types de distracteurs (cible vs relié : $p < .001$, cible vs non relié : $p < .001$, relié vs non relié : $p = .18$). Les images reliées et non reliées étaient fixées de manière équivalente lors de la fenêtre 2.

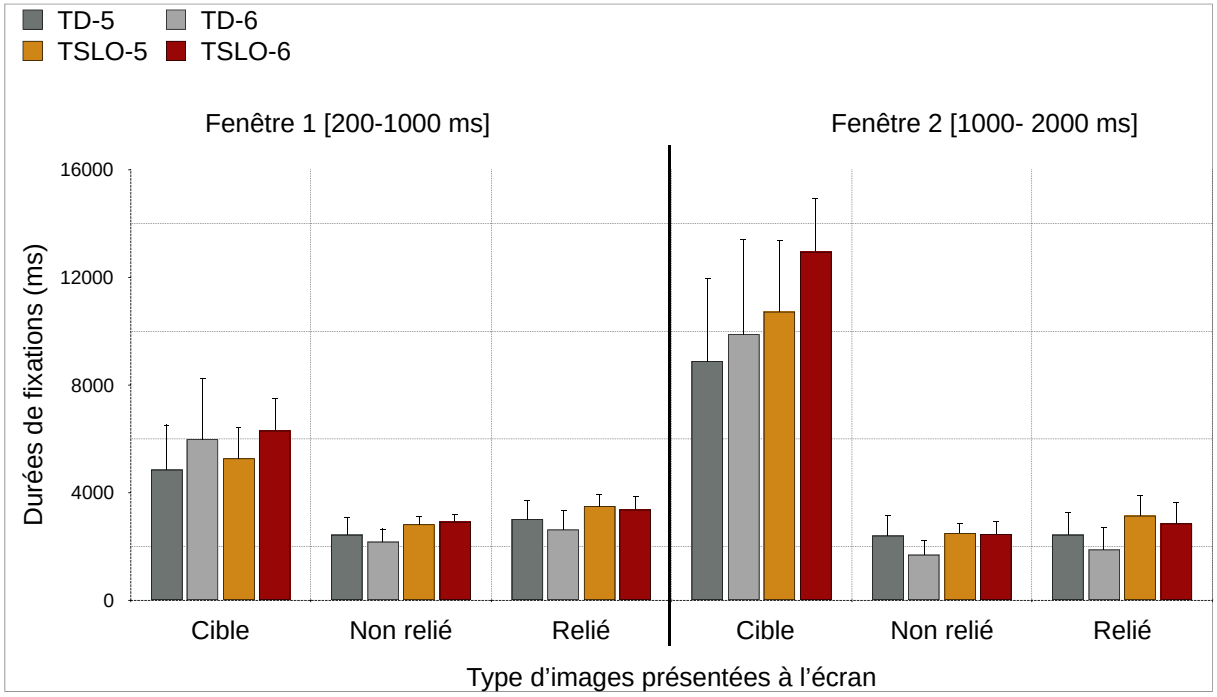


Figure 11. Durées de fixation pour chaque fenêtre d'analyse temporelle à la tâche de RMP.

Latences de premières fixations

Il existait une interaction entre le type d'images et les facteurs groupe et âge pour la latence des premières fixations, $F(1.725,151.811) = 3.367$, $p = .044$, $\eta^2 = .037$, ces dernières étant différentes selon l'image observée entre les différents groupes d'enfants. L'analyse des latences de chaque groupe en fonction de l'âge a donc été réalisée.

- *Groupe TSLO-5* : L'effet n'étant pas significatif ($F(1.311,26.226) = 1.94$, $p = .174$), les latences étaient équivalentes sur les trois images pour les jeunes enfants avec TSLO.
- *Groupe TSLO-6* : De même, aucun effet principal n'était retrouvé pour ce groupe ($F < 1$), les latences étant équivalentes sur les trois types images.
- *Groupe TD-5* : Aucun effet principal du type d'images n'était retrouvé ($F < 1$), les latences n'étant pas différentes sur les trois images pour les enfants TD de 5 ans.
- *Groupe TD-6* : En revanche, l'effet principal était significatif pour ce groupe d'enfants, $F(1.255,37.651) = 6.588$, $p = .010$, $\eta^2 = .18$. Le test de comparaison mettait en évidence des latences nettement plus longues lorsque les saccades étaient dirigées vers la cible (cible vs relié : $p = .036$, cible vs non relié : $p = .032$, relié vs non relié : $p = .411$).

En résumé, l'ensemble des participants a orienté le regard vers l'image correspondant au mot entendu dès la première seconde de la phase de visualisation (fenêtre 1). Toutefois, un effet de compétition phonologique était révélé au vu des durées de fixation plus importantes sur l'image reliée comparativement aux durées de fixation sur l'image non reliée. Au contraire, dans la fenêtre 2, les enfants ont distingué la cible en délaissant tous les types de distracteurs. Aucune interaction avec la pathologie n'était retrouvée, ni avec le facteur âge.

Concernant l'analyse des latences de premières fixations, des latences plus longues ont été retrouvées chez les enfants TD âgés de 6 ans, uniquement lorsqu'ils fixaient la cible.

2. Résultats des données détaillées et transformées de la tâche de RMP (TimeBin)

Aucune interaction entre les facteurs âge, groupe et type d'images n'a été retrouvée dans l'analyse des proportions de fixations sur chaque intervalle du décours temporel. En revanche, il existait une interaction Age x Type d'images significative entre 760 ms et 1240 ms de visualisation après l'apparition du mot cible, BIN 76 : $F(2,176) = 4.23$, $p = .016$, $\eta^2 = .046$. Les proportions de fixation sur les différentes images en fonction de l'âge ont été analysées séparément.

- *Enfants de 5 ans :* L'effet principal du type d'images était dans un premier temps significatif de 400 ms à 600 ms, BIN 40 : $F(2,80) = 4.169$, $p = .019$, $\eta^2 = .094$. Le test de Bonferroni a permis de montrer que l'image non reliée était moins fixée que le compétiteur (BIN 44, non relié vs relié : $p = .039$), puis significativement moins fixée que la cible (BIN 56, non relié vs cible : p = .

048), de manière variable jusqu'à 600 ms. Ensuite, à partir de 720 ms jusqu'à la fin de l'affichage visuel, BIN 72 : F(2,80) = 4.742, p = .011, η^2 = .106, le test de comparaison par paires montrait que les proportions étaient plus importantes sur la cible que sur l'image non reliée (BIN 72, cible vs non relié : p = .036) et sur le compétiteur phonologique (BIN 88, cible vs relié : p = .015). Les distracteurs reliés et non reliés aux mots cibles ont été fixés de manière équivalente à partir de 920 ms.

En résumé, le point de divergence entre les proportions de fixations sur la cible et les proportions sur les autres images était observé à partir de 880 ms chez les enfants de 5 ans.

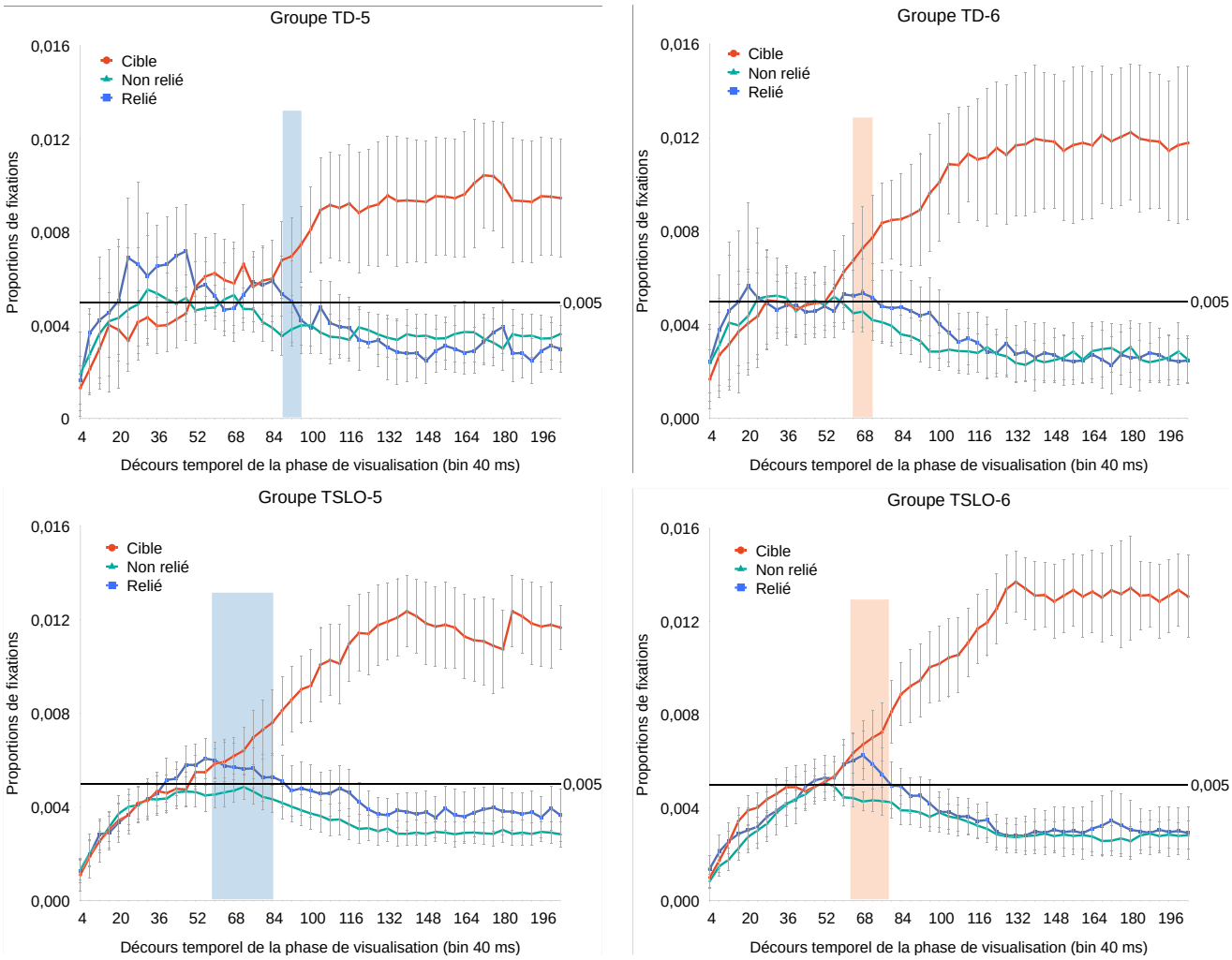


Figure 12. Proportions de fixations en fonction du temps sur les différents types d'images, pour chaque groupe de participants à la tâche de reconnaissance de mots parlés. Les barres d'erreurs indiquent +/- un écart type.

- *Enfants de 6 ans* : A partir de 600 ms, l'effet principal et le test de comparaison par paires, BIN 60 : F(2,96) = 3.345, p = .039, η^2 = .065, indiquait des proportions de fixations sur l'image non relié, significativement inférieures aux proportions sur les deux autres types d'images (BIN 64,

cible vs non relié : p = .001 ; relié vs non relié : p = .032). Enfin, à partir de 720 ms, l'image cible était davantage fixée que le compétiteur (BIN 72, cible vs relié : p = .032), et ce jusqu'à la fin de la phase de visualisation. Les images reliées et non reliées ont été observées en proportions équivalentes à partir de 760 ms.

En résumé, le point de divergence entre les proportions de fixations sur la cible et les proportions sur les autres images était observé à partir de 720 ms chez les enfants de 6 ans.

L'analyse des données détaillées selon le décours temporel de la phase de visualisation a relevé des différences dans les proportions de fixations sur les images en fonction de l'âge des participants et non de la pathologie. Les comportements exploratoires étaient en effet différents entre les classes d'âges : les plus jeunes enfants ont significativement porté leur attention sur la cible au détriment des distracteurs à partir de 880 ms, soit 160 ms plus tard que les enfants âgés de 6 ans et plus. Ce décalage temporel de 160 ms environ pourrait signifier un traitement plus rapide chez les participants de 6 ans et plus, leur permettant d'apparier le mot à son objet référent plus tôt que les enfants de 5 ans. La figure 12 indique le décours temporel des proportions de fixations sur la cible, le compétiteur et l'image non reliée durant la phase de visualisation, pour chaque groupe de participants. Le début et la fin du mot (durée moyenne des stimuli verbaux : 511 ms) étaient notés à titre indicatif, ainsi que les points de divergence entre les proportions sur la cible et les deux types de distracteurs.

Tableau 12. Résumé des points de divergences entre les proportions sur la cible et les distracteurs pour chaque groupe à la tâche de RMP.

			comparaisons par paires	
groupes	**âges**	**effet principal**	**cible vs non relié**	**cible vs relié**
TSLO	**5 ans**	560 ms ; 720 ms	600 ms	840 ms
	6 ans	640 ms	640 ms	800 ms
TD	**5 ans**	880 ms	880 ms	960 ms
	6 ans	640 ms	640 ms	720 ms

L'absence de différence significative entre les groupes concernant l'effet de compétition phonologique n'était pas en faveur des hypothèses phonologiques supposant des représentations phonologiques de moindre qualité dans les TSLO.

Etude 1.B. Comparaison des enfants avec TSLO en fonction de l'âge : 5, 6 et 7 ans.

Une analyse subsidiaire portant uniquement sur les jeunes patients (N = 57) était proposée en complément afin de rechercher un effet de l'âge dans la vitesse d'appariement mot/image et du traitement lexical. Trois groupes d'enfants avec troubles langagiers étaient constitués en fonction de l'âge : TSLO-5 (n = 21, M = 60.95, SD = 6.45), TSLO-6 (n = 19, M = 76.57, SD = 3.72) et TSLO-7 (n = 17, M = 89.11, SD = 4.05). Nous faisions l'hypothèse que si la rapidité de traitement augmente avec l'âge des participants, les points de divergences entre les proportions sur les cibles et les distracteurs surviendraient plus tôt au cours de la phase de visualisation chez les enfants plus âgés. Dans le cas contraire, une absence d'évolution en fonction de l'âge laisserait supposer que les enfants TSLO dont les troubles persistent au delà de 6 ans n'améliorent pas leur vitesse de traitement avec l'âge, comme les enfants TD.

1. Résultats des données brutes (durées)

Durées, fenêtre 1 [200 - 1000 ms]

Les durées de fixation étaient supérieures sur la cible, $F(1.33,71.806) = 71.155$, $p < .001$, $\eta^2 = .569$. Une tendance à la significativité pour l'interaction Age x Type d'images durant la première fenêtre d'analyse, $F(2.659,71.806) = 2.62$, $p = .064$, $\eta^2 = .065$, indiquait des comportements exploratoires différents selon les groupes d'âge.

- *Groupe TSLO-5* : L'effet principal révélait des durées de fixation plus importantes sur l'image cible au détriment des autres images, $F(1.323,26.454) = 14.389$, $p < .001$, $\eta^2 = .418$, (cible vs relié : $p = .001$; cible vs non relié : $p = .008$; relié vs non relié : $p = .057$). Notons néanmoins une légère tendance à observer davantage le compétiteur que l'image neutre.
- *Groupe TSLO-6* : Il existait le même effet du type d'images pour le groupe TSLO âgés de 6 ans, $F(1.461,26.291) = 25.284$, $p < .001$, $\eta^2 = .584$ (cible vs relié : $p < .001$; cible vs non relié : $p < .001$; relié vs non relié : $p = .565$).
- *Groupe TSLO-7* : Il existait également un effet principal, $F(1.194,19.307) = 28.289$, $p < .001$, $\eta^2 = .652$. Le test de Bonferroni indiquait des cibles durablement fixées au détriment des autres images (cible vs relié : $p = .001$; cible vs non relié : $p = .008$). Les distracteurs n'étaient toutefois

pas fixés de manière équivalente (relié vs non relié : $p = .045$), les durées de fixation étant en effet plus longues sur le compétiteur que sur le distracteur neutre chez les enfants avec TSLO plus âgés.

Durées, fenêtre 2 [1000 - 2000 ms]

Les durées de fixation étaient plus élevées sur la cible au test de comparaison par paires (cible vs relié : $p < .001$; cible vs non relié : $p < .001$) et elles étaient équivalentes entre les deux types d'images (relié vs non relié : $p = .108$) pour l'ensemble des participants, $F(1.123,60.624) = 193.25$, $p < .001$, $\eta^2 = .782$. Aucune interaction avec l'âge n'était retrouvée.

2. Résultats des données détaillées et transformées de la tâche de RMP (TimeBin)

Un effet d'interaction était significatif entre 800 ms et 1160 ms entre le facteur âge et le type d'images, BIN 80 : $F(3.215,86.818) = 3.318$, $p = .027$, $\eta^2 = .104$, révélant des proportions de fixations différentes sur les images pour les différents groupes d'âge. L'analyse du décours des trois groupes a été réalisée.

- *Groupe TSLO-5 :* Il existait un premier intervalle temporel dans lequel l'effet principal était significatif [560 - 600 ms] ; le test de Bonferroni montrait des proportions de fixations sur les images cible et compétiteur plus importantes que sur l'image non reliée (BIN 60, cible vs non relié : $p = .005$; relié vs non relié : $p = .042$). A partir de 720 ms, en revanche, les enfants de 5 ans ont porté durablement leur attention sur la cible au détriment des autres images (BIN 72, cible vs non relié : $p = .011$; BIN 84, cible vs relié : $p = .032$).
- *Groupe TSLO-6 :* Les points de divergence sur la cible apparaissaient progressivement au cours du décours temporel. Dans un premier temps, les proportions étaient supérieures sur la cible à partir de 640 ms (BIN 64, cible vs non relié : $p = .001$) et sur le compétiteur (BIN 68, relié vs non relié : $p = .006$). Vers 800 ms, les proportions étaient différentes entre la cible et le compétiteur (BIN 80, cible vs relié : $p = .011$).
- *Groupe TSLO-7 :* A partir de 600 ms, les proportions étaient plus importantes sur la cible et le compétiteur comparativement aux proportions sur l'image non reliée, BIN 60 : $F(1.322,21.155) = 7.425$, $p = .008$, $\eta^2 = .317$ (cible vs non relié : $p = .001$; relié vs non relié : $p = .007$). Enfin, le

point de divergence entre les proportions sur la cible et l'image phonologiquement reliée survenait à 760 ms (BIN 76, cible vs relié : p = .026).

Tableau 13. Résumé des points de divergences entre les proportions sur la cible et les distracteurs pour chaque groupe TSLO à la tâche de RMP.

			comparaisons par paires	
groupe	**âges**	**effet principal**	**cible vs non relié**	**cible vs relié**
TSLO	**5 ans**	560 ms ; 720 ms	720 ms	840 ms
	6 ans	640 ms	640 ms	800 ms
	7 ans	600 ms	600 ms	760 ms

A nouveau, l'ensemble des participants a globalement observé la cible au détriment des autres images. Dans la première fenêtre d'analyse, les résultats différaient en fonction de l'âge des participants. Les enfants avec TSLO âgés de 5 et 6 ans ont rapidement apparié l'image référente au mot cible ; aucun effet de compétition n'était noté dans les durées de fixation de la première seconde de visualisation. Les participants âgés de 7 ans, quant à eux, ont davantage porté leur attention sur le compétiteur phonologique.

L'analyse du traitement lexical via les proportions en fonction du décours temporel ont par ailleurs montré des points de divergence survenant légèrement plus tôt en fonction de l'âge. A cette tâche de reconnaissance de mots parlés familiers, la vitesse d'appariement du mot à son image référente semble gagner en rapidité au fur et à mesure du développement. Toutefois, les différences entre les points de divergences des groupes TSLO de 5, 6 et 7 ans apparaissent minimes (i.e. environ 40 ms entre chaque). Le manque de comparaison des enfants âgés de 7 ans avec des enfants au développement typique du même âge ne nous permet pas de tirer davantage de conclusions.

Nb. Une dernière analyse a été réalisée en sélectionnant les items cohortes uniquement. L'objectif était de tester l'hypothèse selon laquelle l'effet de compétition serait plus important chez les enfants avec TSLO, comparativement à leurs pairs, lorsque la similarité phonologique porte sur le début du mot. L'analyse des durées et des proportions de fixations n'a toutefois pas relevé d'effet de la pathologie. En outre, le matériel verbal utilisé ne permettait pas de présenter un compétiteur cohorte et un compétiteur rime sur le même écran lors de la RMP (Allopenna et al., 1998; McMurray et al., 2010).

Résumé des résultats du Chapitre 2 : Paradigme du monde visuel à 4 images				
TSLO vs TD 5 vs 6 ans	Fenêtre 1 [200 - 1000 ms]	Fenêtre 2 [1000 - 2000 ms]	Données transformées (*TimeBin*)	Latences Fixation1
Etude 1.A *(RMP)*	Tendance (.063) Tous - 5 ans : cible > relié > non relié Tous - 6 ans : cible > relié > non relié (Amplitude différente)	cible > relié, non relié TSLO > TD	Interaction [760 - 1240 ms] Tous - 5 ans : 720 ms, *pd* 880 ms Tous - 6 ans : 600 ms, *pd* 720 ms	TSLO-5 : ns TSLO-6 : ns TD-5 : ns TD-6 : cible > relié, non relié
TSLO 5 vs 6 vs 7 ans	Fenêtre 1 [200 - 1000 ms]	Fenêtre 2 [1000 - 2000 ms]	Données transformées (*TimeBin*)	
Etude 1.B *(RMP)*	Tendance (.064) TSLO-5 : cible > relié, non relié TSLO-6 : cible > relié, non relié TSLO-7 : cible > relié > non relié	cible > relié, non relié	Interaction [800 - 1160 ms] TSLO-5 : 720 ms*, *pd*** 840 ms TSLO-6 : 640 ms, *pd* 800 ms TSLO-7 : 600 ms, *pd* 760 ms	

* effet principal du type d'images
** *pd* : point de divergence entre les proportions sur la cible et les deux autres types d'images

Etude 2.A. Nouvelle évaluation de la MCT avec la méthode à 4 images

Méthode

Participants

Les participants de cette étude étaient ceux de l'étude précédente, dont les caractéristiques sont détaillées dans le tableau 14. Les effectifs étaient quasiment identiques à ceux de l'expérience précédente (certains enfants ayant souhaité arrêter l'étude en cours d'expérimentation). Les comportements de deux groupes d'enfants ont été étudiés (TSLO vs TD) en fonction de leur âge.

Tableau 14. Caractéristiques intellectuelles, lexicales et mnésiques des 95 participants répartis en fonction de la pathologie et de l'âge, 5 et 6 ans.

	groupe	TSLO		TD	
	groupe d'âge	TSLO-5 (n = 20)	TSLO-6 (n = 21)	TD-5 (n = 23)	TD-6 (n = 31)
		m (sd) *étendue*	m (sd) *étendue*	m (sd) *étendue*	m (sd) *étendue*
AGE	**mois** *années;mois*	61.1 (6.58) *[47;69]* *5;1 (0;7)*	76.95 (3.72) *[72;83]* *6;5 (0;4)*	66.82 (3.58) *[60;71]* *5;7 (0;4)*	79.61 (3.87) *[72;85]* *6;6 (0;4)*
Niveaux de raisonnement non verbal (PM-47) et de compréhension lexicale (EVIP-A)					
PM-47	**z-score**	0.15 (0.8) *[-1.5;1.9]*	0.29 (0.84) *[-1.5;2.1]*	0.22 (1) *[-1.3;2.1]*	0.16 (0.83) *[-1;1.8]*
	score brut	16.75 (3.65) *[11;27]*	21.89 (4.58) *[11;33]*	20.35 (4.18) *[12;29]*	23.52 (4.51) *[17;31]*
EVIP-A	**z-score**	-0.23 (1.3) *[-2,3;2]*	-0.51 (1.44) *[-2.5;1.7]*	0.19 (1.33) *[-2.4;2.4]*	1.09 (0.56) *[-0.3;1.9]*
	score brut	47.43 (22.23) *[9;90]*	57.42 (23.14) *[22;92]*	61.14 (21.74) *[21;98]*	87.71 (10.15) *[61;101]*
	AL (mois)	55.65 (21.24) *[23;97]*	64.74 (22.22) *[31;99]*	67.39 (23.16) *[10;106]*	92.45 (10.75) *[68;110]*
Performances en répétition de non-mots (RNM), de chiffres (RC), de phrases (RP)					
RNM	**z-score**	-2.29 (0.68) *[-3.1;-0.6]*	-1.82 (0.91) *[-3.3;-0.3]*	-0.09 (0,91) *[-1.6;1.9]*	0.18 (1.07) *[-1.6;2.1]*
	score brut	28.65 (15.77) *[3;70]*	48.71 (23.1) *[13;104]*	95.57 (22.4) *[60;133]*	101 (25.73) *[55;146]*
	empan CV	3.45 (1) *[1;6]*	4.48 (1.21) *[2;7]*	6.05 (1.17) *[4;8]*	6.41 (1.2) *[5;8]*
	empan CCV	1.1 (0.79) *[0;3]*	1.9 (0.88) *[1;3]*	3.48 (0.68) *[2;5]*	3.48 (1.06) *[2;6]*
RC	**z-score**	0.32 (0.92) *[-0.9;2.8]*	1.49 (1.25) *[-1.4;4.3]*	2.05 (2.15) *[-3.8;5.5]*	3.75 (2.53) *[-2.9;8.6]*
	score brut	3.65 (0.93) *[2;6]*	5.16 (0.96) *[3;7]*	5.85 (1.11) *[4;8]*	7.26 (1.84) *[4;11]*
	empan	3.1 (0.55) *[2;4]*	4.05 (0.62) *[3;5]*	4.14 (0.48) *[3;5]*	5.13 (0.93) *[4;7]*
RP	**NS**	5.3 (1.34) *[2;8]*	4.52 (1.54) *[2;9]*	9.42 (2.84) *[5;15]*	10.58 (3.92) *[5;17]*
	score brut	7.35 (2.54) *[1;12]*	9.63 (2.85) *[4;17]*	15.43 (4.12) *[9;23]*	19.26 (4.99) *[10;28]*

Dans le groupe TSLO, 20 enfants étaient âgés de 5;1 ans et 21 enfants de 6;5 ans, tandis que dans le groupe TD, 23 enfants étaient âgés de 5;7 ans et 31 enfants de 6;6 ans. Les enfants plus jeunes étaient appariés suivant l'âge lexical (en moyenne 61 mois) tandis que les résultats au test de Student relevaient des différences entre les deux groupes d'enfants plus âgés, pour l'âge chronologique et l'âge lexical.

Tableau 15. Comparaisons des performances en fonction des appariements avec le test de Student.

	Groupe 5 ans			Groupe 6 ans		
	TSLO-5 (n = 20)	TD-5 (n = 23)	Test de Student	TSLO-6 (n = 21)	TD-6 (n = 31)	Test de Student
	m (sd)	m (sd)	* Valeur de p	m (sd)	m (sd)	* Valeur de p
AC (mois)	61.1 (6.58)	66.82 (3.58)	t(41) = 3.56 **	76.57 (3.72)	79.61 (3.87)	t(50) = 2.78 **
PM-47	0.15 (0.8)	0.22 (1)	t(41) < 1 ns	0.25 (0.88)	0.16 (0.83)	t(50) < 1 ns
EVIP-A	-0.23 (1.3)	0.19 (1.33)	t(41) < 1 ns	-0.51 (1.44)	1.09 (0.56)	t(24.51) = 5.13 ***
AL (mois)	55.65 (21.24)	67.39 (23.16)	t(41) < 1 ns	64.74 (22.22)	92.45 (10.75)	t(27.05) = 5.6 ***
RNM	-2.29 (0.68)	-0.09 (0,91)	t(41) = 8.84 ***	-1.79 (0.91)	0.18 (1.07)	t(50) = 7.08 ***
RC	0.32 (0.92)	2.05 (2.15)	t(30.61) = 3.3 **	1,53 (1.31)	3.9 (2.59)	t(46.47) = 4.25 ***
RP	5.3 (1.34)	9.42 (2.84)	t(32.73) = 3.5 ***	4.52 (1.54)	10.58 (3.92)	t(42.4) = 7.81 ***

ns : non significatif p > .05
* p < .05
** p < .01
*** p < .001

Procédure

Les conditions expérimentales étaient similaires à celles utilisées dans l'étude 2.A du premier chapitre : les participants entendaient le mot cible suivi d'un délai silencieux ou composé de trois non-mots. A la suite de ce délai, apparaissaient quatre images à l'écran durant 2000 ms. Les différents types d'images étaient identiques à ceux de la tâche de reconnaissance de mots parlés : cible, compétiteur, distracteurs non reliés sur le plan phonologique. Les participants ont, dans leur majorité[15], reçu la consigne de mémoriser le mot connu pour le retrouver sur l'image, l'effet de la consigne ayant auparavant été contrôlé.

[15] Dans un premier temps, aucune consigne n'a été donnée à un sous-groupe d'enfants puis l'instruction de mémorisation a été fournie de manière explicite à tous les autres participants rencontrés. L'analyse des données des deux sous-groupes (avec et sans consigne) n'a pas relevé de différences.

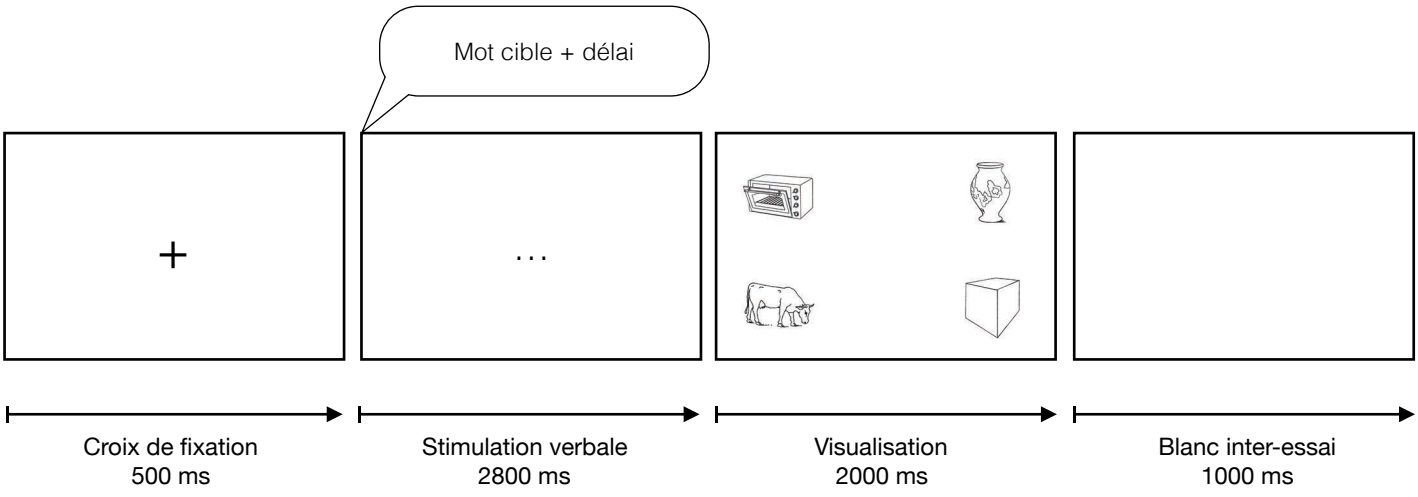


Figure 13. Procédure utilisée pour chaque essai de la tâche de MCT. Le mot cible suivi du délai (silencieux ou composé de 3 non-mots) est présenté auditivement dans un premier temps, puis l'affichage montre l'objet cible (e.g. vase), le compétiteur (e.g. vache), et les distracteurs non reliés (e.g. four, cube).

Résultats

Les résultats concernant les durées et les proportions de fixations sont présentés pour la condition Silence dans une première section, puis pour la condition de suppression auditive dans un second temps.

1. Condition de délai silencieux

1.1. Résultats des données brutes (durées)

Fenêtre [0 - 2000 ms] : Un effet d'interaction de l'âge avec le type d'images était mis en évidence, $F(1.18,107.396) = 6.624$, $p = .008$, $\eta^2 = .068$, sans interaction avec le facteur groupe.

- *Enfants de 5 ans* : Les images cibles étaient durablement fixées par les enfants avec et sans TSLO âgés de 5 ans, $F(1.322,54.202) = 36.247$, $p < .001$, $\eta^2 = .469$, (cible vs relié : $p < .001$; cible vs non relié : $p < .001$). Les images phonologiquement reliées au mot entendu étaient également plus fixées que les images neutres (relié vs non relié : $p = .003$).
- *Enfants de 6 ans* : L'effet principal $F(1.117,55.84) = 67.601$, $p < .001$, $\eta^2 = .575$, et le test de comparaison par paires montraient en revanche des images cibles fixées au détriment des images distractrices (cible vs relié : $p < .001$; cible vs non relié : $p < .001$) ; ces dernières étaient fixées de manière équivalente (relié vs non relié : $p = .074$).

Les résultats étaient identiques lorsque deux fenêtres temporelles étaient analysées distinctement : les participants ont eu des patterns exploratoires identiques lors de la première seconde de visualisation [0 - 1000 ms] et durant la deuxième seconde [1000 - 2000 ms].

Il existait une différence entre les enfants de 5 et 6 ans. L'ensemble des participants a observé différemment les trois types d'images, en privilégiant la cible au détriment des autres images. En revanche, les plus jeunes participants ont observé le compétiteur phonologique plus longtemps que le distracteur non relié et les plus âgés ont été attirés par la cible en délaissant les deux autres images.

Une analyse des proportions de fixations a été proposée en fonction du décours temporel dans la condition de délai silencieux.

1.2. Résultats des données transformées (Timebin)

L'interaction Age x Type d'images était significative à partir de 760 ms jusqu'à la fin du décours temporel, BIN 76 : $F(1.708,155.433) = 3.266$, $p = .048$, $\eta^2 = .035$, révélant les différences entre les participants de 5 et 6 ans selon les types d'images présentes à l'écran. Une interaction entre les facteurs groupe, âge et type d'images était significative à 1160 ms, BIN 116 : $F(1.415,128.804) = 3.753$, $p = .04$, $\eta^2 = .04$. Des effets de groupe étaient par ailleurs observés à différentes périodes du décours temporel (BINs 24, 38, 32, 76, 84, 88, 92). A titre indicatif, les proportions de fixations ont été détaillées pour chaque groupe de participants en fonction de leur âge, ainsi que les points de divergence entre les proportions sur la cible et les distracteurs résumés dans le tableau 16.

- *Groupe TSLO-5* : A partir de 680 ms, les proportions de fixations étaient plus élevées sur la cible que sur les distracteurs reliés et non reliés (BIN 68, cible vs relié : $p = .011$; cible vs non relié : $p = .004$).
- *Groupe TSLO-6* : A partir de 560 ms, l'effet principal était significatif mais le test de Bonferroni ne mettait pas en évidence de différences significatives dans les proportions avant 680 ms (BIN 68, cible vs relié : $p = .046$; cible vs non relié : $p = .006$).

- *Groupe TD-5* : Pour les jeunes participants au développement typique, le test de comparaison par paires mettait en évidence des proportions différentes entre la cible et les autres images à 600 ms (BIN 60, cible vs non relié : p = .001 ; BIN 64, cible vs relié : p = .031).
- *Groupe TD-6* : Les enfants du groupe TD âgés de 6 ans ont significativement observé la cible à partir de 520 ms, au détriment des distracteurs reliés et non reliés (BIN 64, cible vs relié : p = . 018 ; cible vs non relié : p = .001).

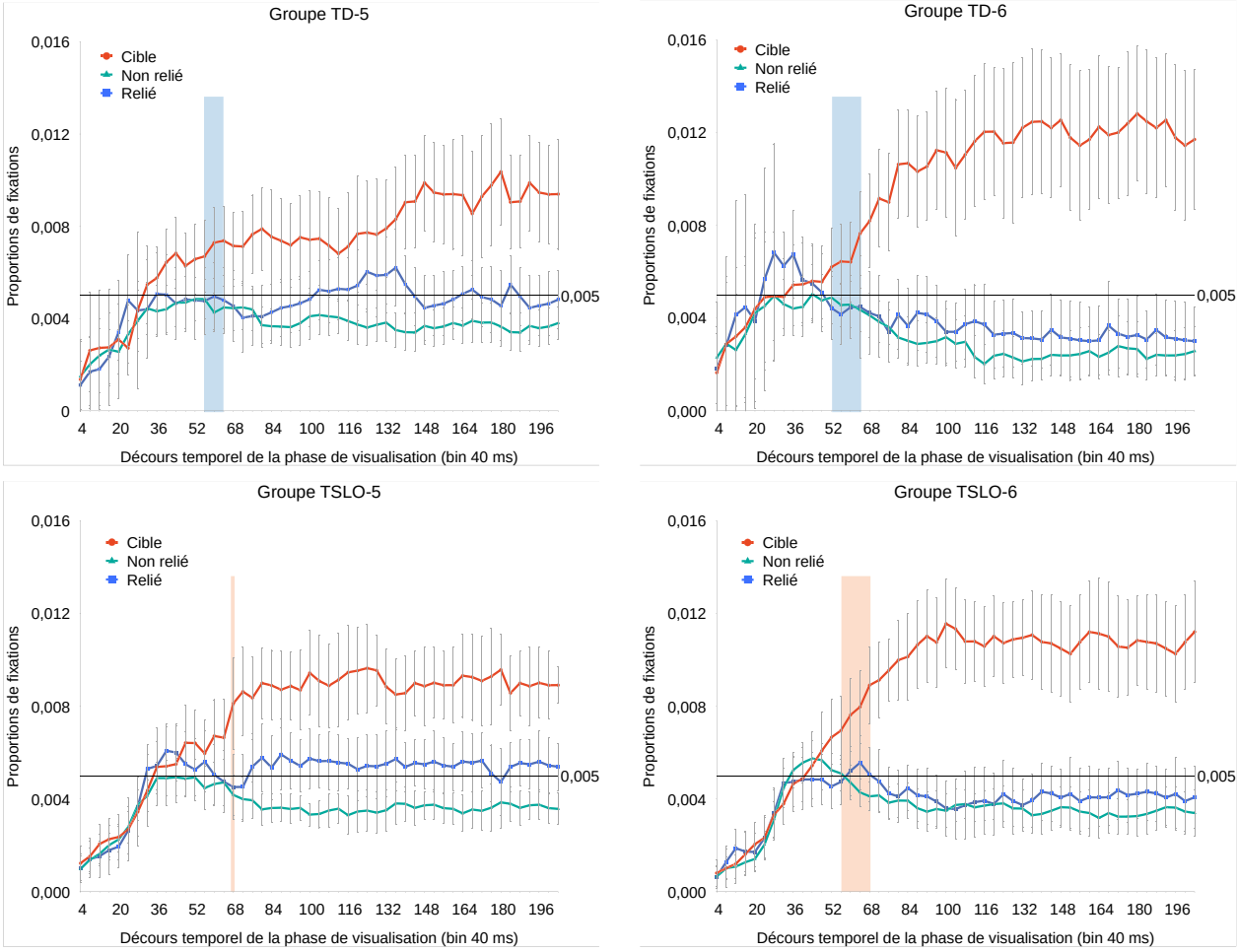


Figure 14. Proportions de fixations en fonction du décours temporel à la tâche de mémoire à court terme en condition de délai silencieux.

Tableau 16. Résumé des points de divergences entre les proportions sur la cible et les distracteurs pour chaque groupe dans la condition de délai silencieux.

			comparaisons par paires	
groupes	**âges**	**effet principal**	**cible vs non relié**	**cible vs relié**
TSLO	**5 ans**	680 ms	680 ms	680 ms
	6 ans	560 ms	680 ms	680 ms
TD	**5 ans**	560 ms	600 ms	640 ms
	6 ans	520 ms	640 ms	640 ms

L'analyse du décours temporel a permis de confirmer les différences de traitement lexical chez les enfants en fonction de leur âge. Les enfants plus âgés ont porté leur attention visuelle sur la cible plus tôt que les enfants âgés de 5 ans.

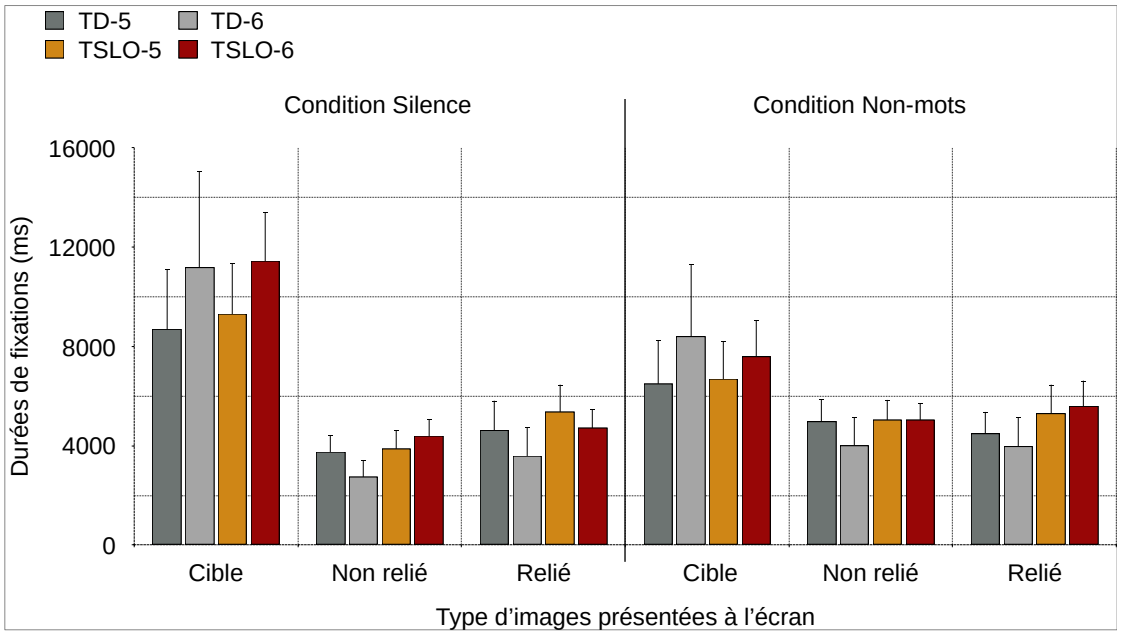


Figure 15. Durées de fixation totales entre 0 et 2000 ms de visualisation à la tâche de reconnaissance de mots parlés pour les conditions de délai silencieux et de suppression auditive.

2. *Condition de suppression auditive (3 non-mots)*

2.1. Résultats des données brutes (durées)

Fenêtre [0 - 2000 ms] : L'interaction de l'âge avec le type d'images était significative, $F(1.245,113.303) = 4.075$, $p = .037$, $\eta^2 = .043$. Toutefois, l'analyse des comportements de chaque groupe ne révélait pas de comportements différents entre les groupes d'âge. Les enfants de 5 ans observaient la cible au détriment des distracteurs, $F(1.492,61.191) = 8.589$, $p = .002$, $\eta^2 = .173$ (cible vs relié : $p = .013$, cible vs non relié : $p = .005$, relié vs non relié : $p = 1$), comme les enfants de 6 ans, $F(1.131,56.528) = 24.073$, $p < .001$, $\eta^2 = .325$ (cible vs relié : $p < .001$, cible vs non relié : $p < .001$, relié vs non relié : $p = .993$).

Une analyse subsidiaire indiquait cependant des résultats divergents selon les deux fenêtres temporelles d'intérêt.

Fenêtre 1 [0 - 1000 ms] : L'interaction Age x Type d'images permettait l'analyse des comportements exploratoires des participants selon les âges, $F(1.473,134.015) = 8.338$, $p = .001$, $\eta^2 = .084$.

- *Enfants de 5 ans* : Les durées de fixation étaient équivalentes sur les trois types d'images chez les plus jeunes enfants ($F < 1$).
- *Enfants de 6 ans :* Les durées de fixation étaient différentes selon les images pour ce groupe d'enfants, $F(1.272,63.583) = 19.838$, $p < .001$, $\eta^2 = .284$. Le test de Bonferroni mettait en évidence des cibles durablement fixées (cible vs relié : $p < .001$, cible vs non relié : $p < .001$) et des images reliées et non reliées observées de manière comparable (relié vs non relié : $p = .926$).

Fenêtre 2 [1000 - 2000 ms] : Aucune interaction Age x Type d'images n'était retrouvée significative ($F < 1$) mais il existait un effet principal du type d'images, $F(1.351,122.942) = 27.984$, $p < .001$, $\eta^2 = .235$. Pendant la seconde fenêtre temporelle, le test de comparaison par paires indiquait des cibles durablement fixées (cible vs relié : $p < .001$, cible vs non relié : $p < .001$), au détriment des deux distracteurs, eux-mêmes fixées de manière équivalente (relié vs non relié : $p = 1$).

2.2. Résultats des données transformées (Timebin)

L'interaction Age x Type d'images était significative pour chaque bin à partir de 720 ms de visualisation, BIN 72 : $F(1.682,153.499) = 3.551$, $p = .039$, $\eta^2 = .038$, confirmant les comportements exploratoires différents entre les groupes d'âge. L'analyse du décours temporel des participants selon leur âge mettait en évidence des points de divergence entre les proportions sur la cible et les distracteurs survenant plus tôt chez les enfants âgés de 6 ans.

- *Enfants de 5 ans* : A partir de 1080 ms, le test de comparaison par paires relevait des différences entre les proportions de deux images (BIN 108, cible vs relié : $p = .029$) mais pas de manière constante jusqu'à la fin du décours, BIN 108 : $F(1.808,74.122) = 4.77$, $p = .014$, $\eta^2 = .104$. Vers 1800 ms, les proportions entre la cible et l'image non reliée étaient également significativement différentes (BIN 180, cible vs non relié : $p = .024$).
- *Enfants de 6 ans :* Pour ces participants plus âgés, les proportions étaient élevées sur la cible au détriment des distracteurs (cible vs relié : $p = .017$, cible vs non relié : $p = .009$) dès 720 ms et jusqu'à la fin, BIN 72 : $F(1.593,79.645) = 7.498$, $p = .002$, $\eta^2 = .130$. Les enfants de 6 ans ont

également observé les deux types de distracteurs de manière équivalente (relié vs non relié : p = 1).

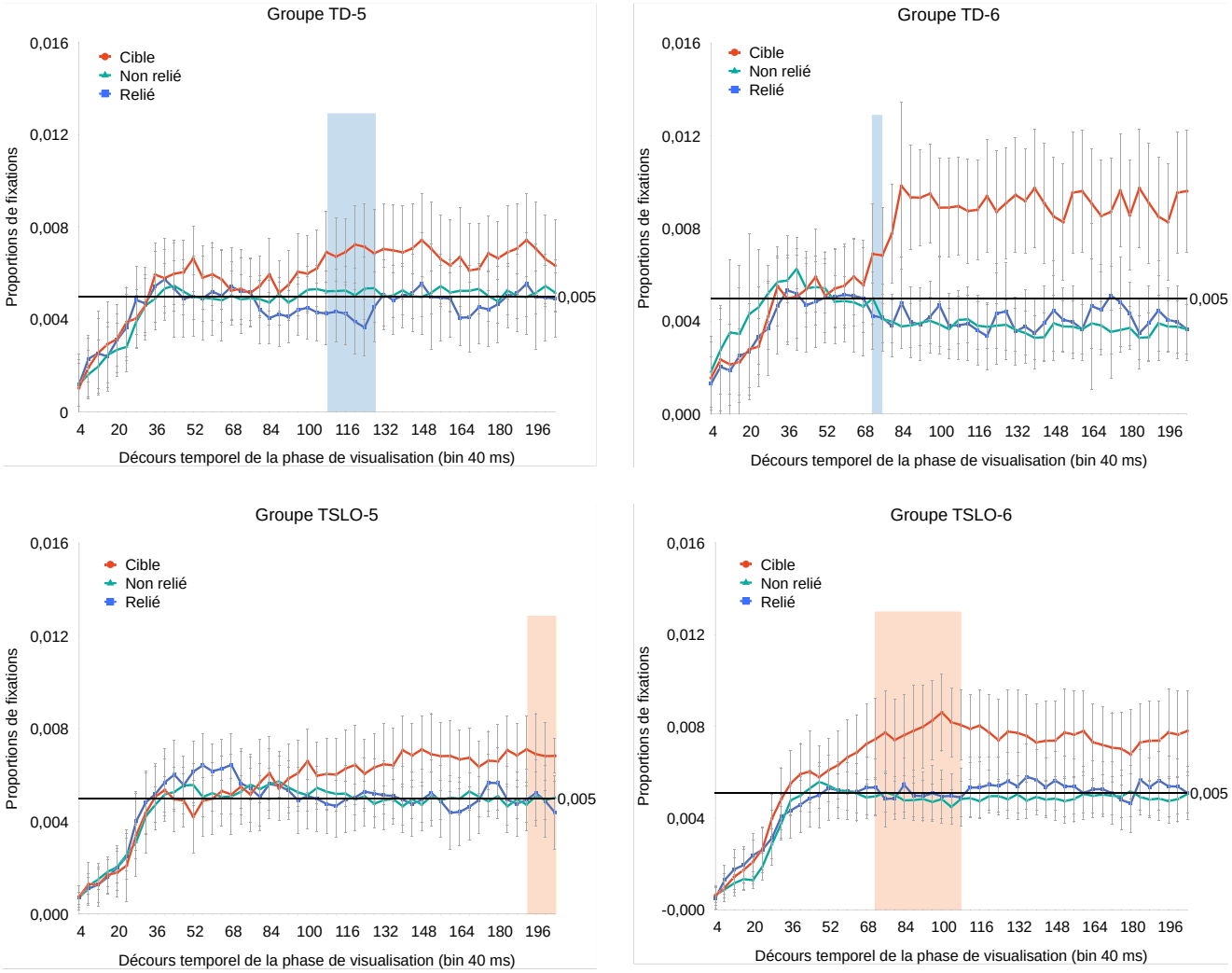


Figure 16. Proportions de fixations en fonction du décours temporel à la tâche de MCT en condition de suppression auditive.

Aucun effet de la pathologie n'était mis en évidence dans les conditions de l'expérience en MCT. L'analyse de chaque groupe individuellement mettait cependant en évidence des effets principaux du type d'images survenant à des périodes différentes en fonction de l'âge et en fonction du groupe, et le test de Bonferroni apparaissait significatif à différentes périodes du décours. Les points de divergence entre les proportions de fixations sur la cible et les autres images sont résumés dans le tableau 17.

Tableau 17. Résumé des points de divergences entre les proportions sur la cible et les distracteurs pour chaque groupe dans la condition de suppression auditive.

			comparaisons par paires	
groupes	**âges**	**effet principal**	**cible vs non relié**	**cible vs relié**
TSLO	**5 ans**	dès 1920 ms	dès 1920 ms	ns
	6 ans	dès 720 ms	[840 - 1280 ms]	[920 - 1080 ms]
TD	**5 ans**	[1080 - 1280 ms]	ns	[1160 - 1200 ms]
	6 ans	dès 720 ms	dès 760 ms	dès 760 ms

Malgré un effet principal retrouvé à 1080 ms pour tous les enfants de 5 ans, les résultats fournis à titre indicatif montraient des proportions de fixations équivalentes sur les trois types d'images jusque 1920 ms chez les enfants avec TSLO âgés de 5 ans. De plus, ces participants ont observé la cible et le compétiteur de manière équivalente durant toute la phase de visualisation. Les enfants plus grands souffrant également de troubles langagiers ont porté leur attention sur la cible au détriment des distracteurs avant 1000 ms de visualisation, mais légèrement plus tard que leurs pairs au développement typique (TD-6). Enfin, les enfants TD de 5 ans ont distingué la cible du compétiteur à partir de 1160 ms mais ils auraient observé la cible autant que le distracteur neutre.

Etude 2.B. Comparaison des trois groupes d'enfants avec TSLO selon leur âge : 5, 6 et 7 ans.

Au vu des différences observées qualitativement au sein du groupe TSLO, une analyse complémentaire a été menée sur un effectif plus large. Les données de 57 enfants avec TSLO ont été analysées séparément afin de rechercher un effet de l'âge. Les performances aux tâches de répétition des trois groupes constitués TSLO-5 (n = 20), TSLO-6 (n = 21) et TSLO-7 (n = 16) sont présentées dans le tableau 18, ainsi que la comparaison des durées et proportions de fixations en fonction du décours temporel pour la condition de suppression auditive.

Tableau 18. Caractéristiques intellectuelles, lexicales et mnésiques des participants des trois groupes TSLO.

		Groupe TSLO		
	Age	5 ans TSLO-5 (n = 20)	6 ans TSLO-6 (n = 21)	7 ans TSLO-7 (n = 16)
		m (sd) *étendue*	m (sd) *étendue*	m (sd) *étendue*
AGE	**mois** *années;mois*	61.1 (6.58) *[47;69]* *5;1 (0;7)*	76.95 (3.72) *[72;83]* *6;4 (0;4)*	89.31 (4.09) *[84;99]* *7;5 (0;4)*
Niveaux de raisonnement non verbal (PM-47) et de compréhension lexicale (EVIP-A)				
PM-47	**z-score**	0.15 (0.8) *[-1.5;1.9]*	0.29 (0.84) *[-1.5;2.1]*	-0.15 (0.72) *[-1.3;1.3]*
	score brut	16.75 (3.65) *[11;27]*	21.89 (4.58) *[11;33]*	23.25 (4.06) *[17;33]*
EVIP-A	**z-score**	-0.23 (1.3) *[-2,3;2]*	-0.51 (1.44) *[-2.5;1.7]*	-0.48 (1.17) *[-2.2;2.5]*
	score brut	47.43 (22.23) *[9;90]*	57.42 (23.14) *[22;92]*	66.87 (21.89) *[34;115]*
	AL (mois)	55.65 (21.24) *[23;97]*	64.74 (22.22) *[31;99]*	73.87 (21.43) *[43;123]*
Performances en répétition de non-mots (RNM), de chiffres (RC), de phrases (RP)				
RNM	**z-score**	-2.29 (0.68) *[-3.1;-0.6]*	-1.82 (0.91) *[-3.3;-0.3]*	-2.71 (0.78) *[-3.7;-0.9]*
	score brut	28.65 (15.77) *[3;70]*	48.71 (23.1) *[13;104]*	39.81 (21.55) *[10;88]*
	empan CV	3.45 (1) *[1;6]*	4.48 (1.21) *[2;7]*	4.06 (0.93) *[3;6]*
	empan CCV	1.1 (0.79) *[0;3]*	1.9 (0.88) *[1;3]*	2.13 (0.81) *[1;3]*
RC	**z-score**	0.32 (0.92) *[-0.9;2.8]*	1.49 (1.25) *[-1.4;4.3]*	0.48 (1.4) *[-1.7;2.4]*
	score brut	3.65 (0.93) *[2;6]*	5.16 (0.96) *[3;7]*	4.5 (1.09) *[3;6]*
	empan digital	3.1 (0.55) *[2;4]*	4.05 (0.62) *[3;5]*	3.25 (0.51) *[3;4]*
RP	**NS**	5.3 (1.34) *[2;8]*	4.52 (1.54) *[2;9]*	4.13 (1,68) *[2;9]*
	score brut	7.35 (2.54) *[1;12]*	9.63 (2.85) *[4;17]*	11.13 (3.24) *[6;19]*

1. Résultats des données brutes (durées)

Aucun effet d'interaction entre le type d'images et le groupe d'âge n'était retrouvé dans l'analyse des données brutes pour les fenêtres temporelles 1 ($F(4,108) = 1.315$, $p = .269$) et 2 ($F < 1$). Les effets principaux retrouvés pour la fenêtre 1, $F(1.605,86.682) = 5.254$, $p = .011$, $\eta^2 = .089$ et pour la fenêtre 2, $F(1.747,93.34) = 14.133$, $p < .001$, $\eta^2 = .207$ révélaient des durées de fixation différentes entre les trois types d'images. Entre 0 et 1000 ms, les trois groupes d'enfants ont davantage observé l'image cible que l'image non reliée (cible vs non relié : $p = .008$). En revanche, les images reliées à la cible ont été fixées autant que la cible (cible vs relié : $p = .21$) et l'image non reliée (non relié vs relié : $p = .641$). Dans la seconde fenêtre [1000 - 2000 ms], les cibles étaient durablement fixées au détriment des deux types de distracteurs (cible vs relié : $p = .001$; cible vs non relié : $p < .001$; relié vs non relié : $p = .662$).

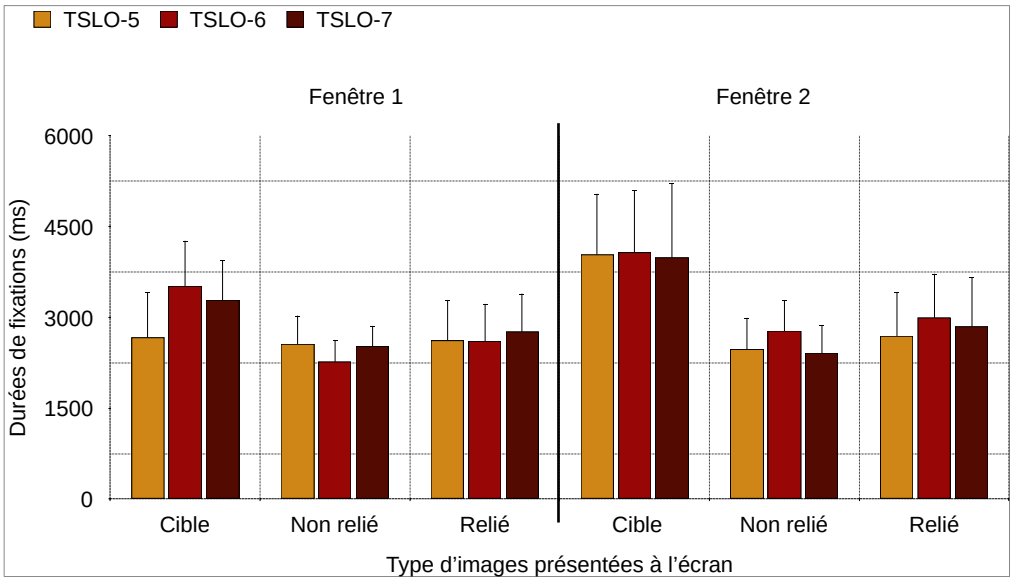


Figure 17. Durées de fixation totales pour les deux fenêtres de visualisation, en condition de suppression auditive de la tâche de MCT.

2. Résultats des données transformées (Timebin)

L'analyse des proportions de fixation en fonction du décours temporel mettait en évidence un effet principal significatif à partir de 720 ms, BIN 72 : $F(2,108) = 3.727$, $p = .027$, $\eta^2 = .065$, sans effet d'interaction. Les trois groupes de participants ont donc eu un comportement similaire durant la phase de visualisation des images. Le test de Bonferroni mettait en évidence des proportions de fixations

plus importantes sur la cible, au détriment du distracteur neutre (BIN 84, cible vs non relié : p = .03) puis du compétiteur (BIN 92, cible vs relié : p = .016 ; relié vs non relié : p = .2).

Une analyse réalisée en complément, malgré l'absence d'interaction, retrouve néanmoins des points de divergence survenant relativement tôt chez les enfants de 6 ans, puis plus tard chez les plus jeunes, et enfin jamais chez les enfants plus âgés (7 ans).

- *Groupe TSLO-5* : A partir de 1920 ms de visualisation, BIN 192 : F(2, 38) = 3.76, p = .032, η^2 = .165, i.e. à la fin de la phase de visualisation, la cible était davantage observée que l'image non reliée (cible vs non relié : p = .004). Cet effet était également retrouvé au cours de certains intervalles de temps isolés (aucun intervalle consécutif). En revanche, les proportions sur le compétiteur n'étaient pas différentes des proportions sur les deux autres images.
- *Groupe TSLO-6* : Les proportions de fixations étaient supérieures sur l'image cible à partir de 720 ms, BIN 72 : F(2,40) = 3.778, p = .031, η^2 = .159. Les enfants âgés de 6 ans ont, dans un premier temps, été attirés par l'image référente au détriment du distracteur neutre (BIN 84, cible vs non relié : p = .043) puis au détriment du compétiteur phonologique (BIN 92, cible vs relié : p = .026). Les deux types d'images distractrices ont été fixées de manière équivalente (relié vs non relié : p = .2).
- *Groupe TSLO-7* : Enfin, pour les participants avec TSLO plus âgés, l'effet était significatif entre 1280 ms et 1640 ms, BIN 128, F(2,30) = 4.269, p = .023, η^2 = .222. Le test de comparaison par paires ne mettait pas en évidence de différences significatives entre les proportions de fixations sur les types d'images, de manière durable au cours du décours temporel. Entre 1600 et 1680 ms uniquement, les proportions sur la cible étaient supérieures à celles sur l'image non reliée au mot entendu (BIN 160, cible vs non relié : p = .045).

Tableau 19. Résumé des points de divergences entre les proportions sur la cible et les distracteurs pour chaque groupe dans la condition de suppression auditive.

			comparaisons par paires	
groupe	**âges**	**effet principal**	**cible vs non relié**	**cible vs relié**
TSLO	**5 ans**	dès 1920 ms	dès 1920 ms	ns
	6 ans	dès 720 ms	[840 - 1280 ms]	[920 - 1080 ms]
	7 ans	[1280 - 1680 ms]	[1600 - 1680 ms]	ns

Les jeunes enfants semblent ne pas avoir oublié la cible tandis que les grands enfants avec TSLO âgés de 7 ans avec TSLO ont porté tardivement leur attention sur l'image cible en condition de suppression auditive. Les durées de fixation du groupe TSLO-7 étaient équivalentes sur les trois types d'images en fenêtre 1, $F(2,30) = 2.073$, $p = .143$. En revanche, les images étaient différemment fixées en fenêtre 2, $F(2,30) = 3.008$, $p = .029$, $\eta^2 = .21$, au détriment du distracteur non relié et au profit des images phonologiquement reliées au mot cible (cible vs relié : $p = .332$; cible vs non relié : $p = .06$).

Résumé des résultats du Chapitre 2 : Paradigme du monde visuel à 4 images				
TSLO vs TD 5 vs 6 ans		Fenêtre [0 - 2000 ms]		Données transformées (*TimeBin*)
Etude 2.A *(MCT)*	Condition Silence	Tous - 5 ans : cible > relié, non relié relié > non relié Tous - 6 ans : cible > relié, non relié		Interaction : 1160 ms TSLO-5 : 680 ms*, *pd*** 680 ms TSLO-6 : 560 ms, *pd* 680 ms TD-5 : 560 ms, *pd* 600 ms TD-6 : 520 ms, *pd* 640 ms
	Condition 3 Non-Mots	Tous - 5 ans : cible > relié, non relié (Fenêtre 1 [0 - 1000 ms] : ns) Tous - 6 ans : cible > relié, non relié (Fenêtre 1 [0 - 1000 ms] : cible > relié > non relié)		Interaction : 720 ms Tous - 5 ans : 1080 ms, puis 1800 ms Tous - 6 ans : 720 ms, *pd* 720 ms
A titre indicatif	Condition 3 Non-Mots			TSLO-5 : 1920 ms, *sans pd* TSLO-6 : 720 ms, *sans pd durable* TD-5 : 1080 ms, *sans pd durable* TD-6 : 720 ms, *pd* 760 ms
TSLO 5 vs 6 vs 7 ans		Fenêtre 1 [0 - 1000 ms]	Fenêtre 2 [1000 - 2000 ms]	Données transformées (*TimeBin*)
Etude 2.B *(MCT)*	Condition 3 Non-Mots	Tous TSLO : cible > non relié	Tous TSLO : cible > relié, non relié	Tous TSLO : 720 ms, *pd* 920 ms
A titre indicatif	Condition 3 Non-Mots			TSLO-5 : 1920 ms, *sans pd* TSLO-6 : 720 ms, *sans pd durable* TSLO-7 : 1280 ms, *sans pd*

* effet principal du type d'images
** *pd* : point de divergence entre les proportions sur la cible et les deux autres types d'images

Discussion

A nouveau, aucun effet de la pathologie n'est retrouvé dans cette étude : les enfants avec TSLO ont exploré les images comme leurs pairs, dans les deux conditions de délai. L'ensemble des participants a dirigé préférentiellement son regard sur les images cibles, après un délai silencieux et après un délai de suppression auditive. Lorsque le délai de rétention de l'information verbale était silencieux, une analyse des données en fonction de l'âge des participants a mis en évidence des comportements différents entre les plus jeunes et les plus âgés, quel que soit leur groupe (TD ou TSLO). Les participants âgés de 5 ans ont en effet été légèrement sensibles à la similarité phonologique entre le mot à retenir et les images affichées à l'écran partageant des caractéristiques phonologiques avec la cible : leurs regards ont davantage été attirés par la cible et par le compétiteur phonologique dans cette condition, tandis que les enfants avec et sans TSLO, âgés de 6 ans, ont

observé la cible en évitant les deux types de distracteurs. Chez les plus jeunes enfants, une fragilité de stockage de la représentation phonologique cible durant le délai de rétention est supposée, les amenant à hésiter entre deux images dont les représentations phonologiques sont proches, et à les observer plus longtemps que les autres distracteurs non reliés. Les participants âgés de 6 ans n'ont en revanche pas été sensibles à la compétition phonologique. A cet âge, les capacités méta-phonologiques sont nettement plus développées via l'apprentissage intensif de la lecture (en fin de grande section et classe préparatoire), les entraînant à distinguer les paires minimales (e.g. pain/ main, moule/poule, lampe/lance). Les représentations phonologiques se préciseraient donc avec l'âge, dans la population contrôle comme chez les enfants présentant un TSLO ; l'absence d'effet de la pathologie remet en cause l'hypothèse d'une moindre spécification des représentations phonologiques dans la population TSLO (Edwards, & Lahey, 1998).

Par ailleurs, l'absence d'effet de compétition phonologique en condition de suppression auditive semble indiquer que l'interférence auditive, provoquée par la séquence des trois non-mots suivant le mot cible, a bien agi au niveau phonologique, sans perturber l'activation de la représentation lexicale correspondant au mot cible. Plus précisément, les enfants de 5 ans ont tardé à distinguer la cible des distracteurs, comparativement aux participants plus âgés. La présence de trois non-mots aurait ainsi perturbé le comportement visuel exploratoire des jeunes participants qui ont observé de manière similaire les trois types d'images durant la première seconde. Les regards ont enfin été dirigés vers la cible lors de la deuxième seconde de visualisation. Nous nous interrogeons sur l'origine de ce décalage temporel observé durant le décours (entre les durées de fixation des fenêtres 1 et 2 et dans les proportions de fixations) entre les enfants de 5 ans et ceux de 6 ans. Si le traitement de l'information auditive était plus lent chez les jeunes enfants, le décalage aurait dû être également visible dans la condition de délai silencieux, ce qui n'est pas le cas. Les non-mots nécessitant un traitement acoustique et phonologique spécifique ont vraisemblablement fragilisé le maintien du mot cible en créant un effet d'interférence au sein de la boucle phonologique de la MCT.

Enfin, aucune différence n'a été retrouvée sur un plan statistique entre les trois groupes de participants avec TSLO de 5, 6 et 7 ans. Les effectifs au sein de chaque groupe pouvaient avoir été

trop faibles car des différences étaient observées lors d'une analyse distincte des comportements oculaires de chaque groupe d'âge.

Discussion des chapitres 1 et 2

La mesure actuelle des capacités de MCT consiste à faire répéter des mots, chiffres et non-mots, sans considérer le temps de réponse. L'objectif de nos études était de développer une méthode expérimentale visant à réduire la production verbale et à contrôler le temps de présentation et le temps de réponse afin d'évaluer les capacités de rétention des informations verbales de manière plus fiable. Dans un premier temps, la comparaison des patterns oculaires de participants avec et sans troubles langagiers nous a permis de préciser la nature de l'accès lexical et le traitement phonologique et lexical en temps réel au cours d'une tâche de reconnaissance de mots parlés familiers. Dans un second temps, l'hypothèse générale concernant le déficit en MCT existant chez les enfants avec TSLO était testée à travers nos expériences, considérant plus spécifiquement la rétention à court terme et l'effet d'interférence auditive.

1. Déficit d'encodage initial des informations dans les TSLO

1.1. Accès au lexique (hypothèse A)

A la tâche de RMP, les deux secondes de pré-visualisation des images étaient suffisantes pour que les enfants explorent les images et activent les représentations conceptuelles. Les enfants avec TSLO comme les enfants contrôles étaient en effet capables de reconnaître un matériel verbal familier. Aucune altération de la récupération lexicale automatique pendant la reconnaissance des mots dans les TSLO était observée dans notre cas, contrairement à la théorie du déclin lexical (Poll et al., 2014; voir Nation, 2014, pour une revue sur le déficit lexical dans les troubles langagiers). Les données supportant cette théorie étaient obtenues à l'aide d'épreuves de dénomination ou de tâches de jugement demandant aux participants d'appuyer sur un bouton réponse ou de cliquer sur une souris. Des temps de réaction plus lents dans les réponses exactes des enfants avec TSLO étaient, selon les auteurs, en faveur d'une dégradation de l'activation au niveau lexico-sémantique dans les TSLO (Seiger-Gardner, & Schwartz, 2008), d'une organisation du lexique mental de faible qualité, ou d'un ralentissement de la propagation de l'activation dans les TSLO (Velez, & Schwartz, 2010; Edwards, & Lahey, 1996).

Lors des expériences à deux images du premier chapitre, les latences des premiers mouvements oculaires étaient significativement plus longues sur la cible pour tous les participants, comparativement à celles portées sur l'image neutre ou phonologiquement reliée. Aucune différence n'était retrouvée entre les latences du groupe TSLO et celles du groupe contrôle. Dans le chapitre 2, seuls les enfants TD de 6 ans présentaient des temps de latences supérieurs pour les saccades dirigées vers la cible. Ce type d'effet n'est, à notre connaissance, pas retrouvé dans la littérature. Les études de Fernald et ses collaborateurs ont montré que la vitesse de reconnaissance de mots des nourrissons augmente avec l'âge. Toutefois, le temps de réaction des participants estimé à partir des latences effectuées pour passer du distracteur à l'image cible et inversement (Fernald et al., 2006; Fernald, Swingley, & Pinto, 2001; Marchman, & Fernald, 2008) ne peut faire l'objet de comparaison avec nos résultats, les procédures et l'enregistrement des données différant des nôtres.

Par ailleurs, les tâches de RMP et de mémoire différaient sur le mode d'entrée initial de l'information. En RMP, la pré-visualisation a permis l'activation des représentations à travers le canal visuel, tandis que dans la tâche de MCT, la stimulation verbale devait lier l'étiquette lexicale sous sa forme phonologique à sa représentation correspondante au sein du lexique mental, via le canal auditif. Dans l'expérience à deux images, les premiers mouvements des yeux des enfants avec TSLO ont été plus lents pour atteindre les images immédiatement après l'entrée verbale (en RMP), tandis que les latences de fixation étaient similaires à celles des enfants contrôles lorsqu'ils devaient traiter le mot avant de regarder les images (pendant le délai de la tâche de MCT). La modalité d'entrée peut avoir influencé les enfants avec TSLO, ces derniers étant susceptibles d'avoir besoin de plus de temps pour activer les représentations en mémoire pour une présentation visuelle initiale. Nos données sont dans ce cas cohérentes avec l'effet de modalité (Gillam et al., 1998), correspondant à un avantage auditif retrouvé dans les tâches de rappel verbal. Contrairement à la présentation auditive, l'entrée visuelle activerait automatiquement un codage phonologique qui pourrait être perturbé chez les enfants avec TSLO lorsqu'ils doivent apparier une image à un mot parlé (Salamè, & Baddeley, 1982).

L'analyse du décours temporel après procédure de *binification* a de plus permis d'objectiver une augmentation de la vitesse d'appariement en fonction de l'âge, sans effet de la pathologie. Entre 5 et 6 ans, les participants ont amélioré leur capacité d'accès au lexique, et apparié plus rapidement le

mot à son image référente. Le gain moyen de temps de traitement était d'environ 160 ms pour tous les participants confondus. L'augmentation de la vitesse de traitement lexical avec l'âge était compatible avec la spécification des représentations stockées au fur et à mesure du développement et, notamment, grâce à l'accroissement du stock lexical et l'acquisition progressive du langage écrit.

Notre étude portant sur la comparaison des comportements visuels des enfants avec TSLO de trois classes d'âge relevait également une augmentation de la vitesse de traitement. Le point de divergence entre les proportions sur la cible et les distracteurs est survenu plus tôt chez les enfants TSLO-7 que pour les enfants de 6 ans (respectivement 760 ms après le début du mot vs 800 ms), ces derniers étant également légèrement plus rapides que les enfants TSLO-5 (point de divergence à 840 ms après le début du mot). Notons cependant que l'écart temporel était d'environ 40 ms (i.e. un bin) entre chaque groupe tandis que l'écart calculé entre les points de divergence de tous les participants de 5 ans et de 6 ans était de 160 ms (i.e. quatre bins). Les enfants plus jeunes effectuaient l'appariement mot/image plus lentement que les participants plus âgés. Les effets d'interaction entre les variables âge et pathologie n'étant pas significatifs, l'interprétation de ce retard d'activation en cas de TSLO ne peut être correctement effectuée.

1.2. Compétition phonologique en RMP (Hypothèse B)

Selon l'hypothèse d'une sous-spécification des représentations phonologiques dans les TSLO (Edwards, & Lahey, 1996, 1998), nous supposions que la présence d'un compétiteur phonologique perturberait les enfants avec TSLO, mais différemment que pour les sujets au développement typique. Si l'utilisation ou le traitement des caractéristiques phonologiques des mots est inefficient, aucun effet de compétition ne devait être retrouvé dans la population TSLO. La nature lexicale de l'information a vraisemblablement été privilégiée et l'ensemble des participants a apparié la cible à l'image référente dans les expériences à deux images, ainsi que dans les expériences proposant quatre images à l'écran. L'effet de compétition observé dans le PMV classique lors de la première seconde de visualisation est compatible avec les données de la littérature (McMurray et al., 2010). En revanche, nos résultats ne sont également pas en faveur d'une éventuelle sous-spécification des représentations phonologiques dans les TSLO car l'attirance vers le compétiteur a été également mise en évidence dans les groupes d'enfants souffrant de troubles langagiers. Si le manque de

spécification des représentations phonologiques en mémoire sous-entend que les voisins phonologiques du mot cible sont également activés à la suite du mot parlé chez les enfants avec TSLO, sans être inhibés, un effet de compétition plus important chez ces participants devrait être attendu. L'analyse des points de divergence a par ailleurs révélé que les regards évitaient plus rapidement les distracteurs neutres que les compétiteurs phonologiques, ces derniers étant fixés de manière équivalente aux cibles jusqu'à 880 ms pour les participants de 5 ans, et 720 ms pour ceux de 6 ans. Des enfants de 5 et 6 ans identifiaient également plus tardivement la cible en présence d'un compétiteur (Sekerina, & Brooks, 2007), le point de divergence survenant environ 300 ms plus tôt dans les essais sans compétiteur phonologique. Nos données ne peuvent correctement être comparées aux résultats de cette étude car aucun essai sans compétiteur n'a été proposé aux participants dans l'étude 1.A du chapitre 2.

2. Déficit en MCT chez les TSLO

2.1. Maintien des informations au sein de la boucle phonologique

La question était également de déterminer la nature de l'altération en MCT dans les TSLO, comme cela était observé à travers les faibles performances aux tâches de RNM. Selon l'hypothèse d'un déficit d'encodage initial (Alt, 2011), nous nous attendions à n'obtenir aucune différence entre les regards sur la cible et le distracteur dans la condition silence pour le groupe TSLO contrairement aux enfants avec TD. Au lieu de cela, tous les participants ont été en mesure de retenir le mot cible malgré le délai silencieux d'environ deux secondes entre l'entrée verbale et la présentation visuelle. L'introduction du délai visait à simuler le décours temporel de la désintégration de la trace au sein de la boucle phonologique de la MCT. Les deux groupes apparaissaient insensibles à ce type de délai. Sans interférence de la parole (représenté dans l'autre condition par la présence des trois non-mots après la cible), les enfants avec TSLO comme les enfants contrôles ont dirigé leurs regards plus fréquemment sur la cible que sur le distracteur. La rétention de l'item était donc possible chez les enfants avec TSLO bien que leurs performances en RNM étaient déficitaires. Le nombre de distracteurs visuels dans nos expériences pouvaient néanmoins être insuffisant pour mettre les enfants avec et sans troubles en difficulté. Le traitement sémantique était minimisé pour encourager

l'implication de la MCT mais la réduction du nombre de distracteurs a vraisemblablement rendu la tâche trop facile. Il est envisageable que les enfants aient ressenti un certain ennui pendant la tâche, réduisant ainsi leurs ressources attentionnelles en modalité visuelle, comme le reflétait le nombre réduit de mouvements oculaires recueillis. L'affichage de deux images était également utilisé dans les études de Fernald et ses collaborateurs, pour des nourrissons de 15 mois (Fernald et al., 1998) jusqu'à 24 mois (Fernald et al., 2001), et le paradigme du monde visuel utilisait plus d'images, souvent quatre (Nation et al., 2003; Andreu et al., 2012). En proposant quatre images au lieu de deux, nous avons souhaité augmenter la difficulté de la tâche et, ainsi, améliorer la sensibilité du paradigme pour discriminer les enfants avec TSLO des participants au développement typique. A nouveau, l'ensemble des enfants de 5 et 6 ans a observé la cible après un délai de rétention de 2 secondes environ, sans qu'aucun effet de la pathologie n'ait été mis en évidence.

Une autre limite des premières études concernait l'absence de consigne lors de la tâche de MCT. Les mouvements oculaires reflétaient alors la réponse implicite de l'orientation des regards vers la cible, comme un traitement inconscient ne demandant pas de prise de décision explicite. Pour pallier le manque de consigne, une instruction précise a été fournie à un autre groupe de participants au cours d'une seconde expérience à deux images, puis au cours d'une procédure à quatre images. Les résultats étaient similaires à ceux obtenus lors de la première étude, sans consigne, en faveur de capacités de stockage à court terme d'une seule information verbale, après un délai silencieux.

2.2. Interférence auditive en MCT

En condition de suppression auditive, le délai de rétention entre la présentation verbale et l'affichage visuel était composé de trois non-mots. Un effet d'interférence auditive a été retrouvé pour les différents groupes appariés sur l'âge chronologique et lexical pour les expériences à deux images. Les enfants avec et sans TSLO ont été influencés par la charge phonologique dans la boucle en MCT en condition non-mots. Notre précaution concernant la sélection des mots familiers et des non-mots phonologiquement éloignés visait à contrôler et prioriser le traitement du mot cible. Puisque les mots, présentés de manière contrebalancée dans chaque condition, étaient bien connus des deux populations dans la condition de délai silencieux, l'absence de regard préférentiel sur la cible dans la condition non-mots ne peut être expliquée par une méconnaissance lexicale. Cet effet plancher

retrouvé dans l'étude 2.A, puis pour les jeunes enfants de l'étude 2.B, pouvait être expliqué de différentes façons.

(1) La présence de trois non-mots dans la condition de suppression auditive a probablement augmenté considérablement le niveau de difficulté de la tâche destinée aux enfants de 5 et 6 ans, bien que l'empan de quatre éléments coïncidait avec l'empan moyen retrouvé aux tâches des répétition. Les empans différaient néanmoins selon le matériel verbal (chiffres, mots, non-mots) et selon la complexité structurale des non-mots (De Agostini et al., 1996; Poncelet, & Van der Linden, 2003), notamment entre les groupes. Cette dernière considération est inadéquate avec l'absence d'effet de groupe dans notre étude.

(2) La réduction de la séquence verbale dans la seconde étude a permis la rétention du mot cible chez des enfants âgés de 6;9 ans avec TSLO. En effet, ces derniers ont davantage observé la cible malgré les non-mots interférents contenus dans le délai. En revanche, les enfants plus jeunes (âgés de 4 et 5 ans) n'ont pas été en mesure de retrouver l'image cible, les regards ayant été équivalents sur les deux images pour les deux groupes.

(3) Aucune instruction de mémorisation n'était fournie aux enfants dans la première étude (2.A), tandis qu'elle était énoncée clairement dans la seconde (étude 2.B). L'ensemble des participants avait néanmoins facilement reconnu l'image correspondant au mot entendu en condition silence. Au vu des résultats différents en condition de suppression auditive, l'effort pour retenir le mot précédant les trois non-mots peut avoir fait défaut à une partie de la population étudiée. Dans l'étude 2.B., l'expérimentateur a encouragé l'activité de mémorisation en incitant les enfants à retenir le mot. Cela a été efficace chez les grands enfants avec TSLO mais n'a pas permis une reconnaissance de l'image cible chez les plus jeunes participants, avec ou sans troubles langagiers.

Le paradigme adapté du PMV apparaissait peu sensible pour discriminer les enfants avec TSLO de leurs pairs au développement typique et quatre images au lieu de deux ont été présentées à l'écran dans un second temps (étude 2. chapitre 2). Etonnamment, les résultats différaient des premiers, bien que les enfants aient le même âge que ceux de l'étude 2 du chapitre 1. Les participants âgés de 5 et 6 ans ont observé la cible en condition de suppression auditive sans que la présence des trois non-mots ne semble perturber la rétention du mot cible.

2.3. Effet du discours non pertinent

Une explication alternative pouvait être émise au regard de l'effet du discours non pertinent (Colle, & Welsh, 1976). Une parole sans signification présentée pendant l'intervalle de rétention, altère en effet le rappel d'items visuels (Miles, Jones, & Madden, 1991). Selon Salamè et Baddeley (1982), le discours non pertinent interfère avec le stockage phonologique en MCT lorsque la tâche requiert une reformulation phonologique. Cette interférence auditive observée à l'âge de 7 ans (Elliott et al., 2016) n'a pas été mise en évidence avant cet âge. Cependant, des enfants âgés de 5 et 6 ans semblaient capables d'augmenter leurs performances en rappel en utilisant la récapitulation articulatoire, comme les adultes, lorsqu'ils étaient encouragés à le faire par les expérimentateurs (Rai, & Harris, 2013). Dans l'étude 2.A., bien qu'aucune consigne de mémorisation n'ait été fournie aux enfants, ces derniers ont pu être en mesure de déduire l'objectif de la tâche au cours de l'expérience et de mettre en place une stratégie pour maintenir le mot entendu plus longtemps en mémoire. Cela a pu avoir lieu dans la condition de délai silencieux tandis que les trois non-mots, dans la seconde condition, ont probablement perturbé l'appariement phonologique et lexical du mot à l'image cible. Ainsi, nos résultats pourraient refléter l'existence d'un effet de parole non pertinente chez des enfants âgés de 6 ans.

Un mécanisme de rafraîchissement attentionnel pourrait également avoir été utilisé par les enfants pour maintenir la trace du mot cible en mémoire (cf. modèle TBRS, Barrouillet et al., 2009). La focalisation attentionnelle, rapidement dirigée sur le mot cible pour rafraîchir la trace, était en effet démontrée chez des enfants de 6 ans (Tam et al., 2010), et ce, pendant un délai silencieux. Les auteurs retrouvaient une sensibilité à la distraction auditive similaire à nos résultats dans la condition non-mots, au cours de laquelle le traitement phonologique puisait dans les ressources attentionnelles et réduisaient l'efficacité du mécanisme de rafraîchissement. En résumé, plusieurs hypothèses pouvaient être faites à propos du manque de résultats significatifs dans la condition non-mots. Cette étude ne nous permettait pas d'investiguer davantage les effets de discours non pertinent, d'interférence auditive ou de mise en œuvre de stratégies au cours de cette tâche de MCT.

Suite aux résultats du chapitre 1, nous avions supposé que la présence des non-mots avait probablement empêché les enfants de mettre en place une quelconque stratégie de récupération du

mot cible. Cela supposait que les enfants plus jeunes de 7 ans avaient eu l'intention de mettre cela en œuvre, et qu'ils l'avaient utilisée dans la condition silence. Toutefois, cette hypothèse était contraire aux données de la littérature (Rai, & Harris, 2013) et supposait l'existence d'un effet de groupe en faveur des enfants TD qui n'était pas retrouvé ici. Malgré l'absence de consigne de mémorisation, le nombre de cibles à retenir était nettement plus faible dans notre étude en comparaison des séries utilisées dans d'autres études, dans lesquelles la charge d'informations varie de deux à six items, comme une tâche d'empan (Tam et al., 2010), empêchant une stricte comparaison de nos résultats respectifs. De plus, l'expérience menée avec un affichage de quatre images mettait en évidence des résultats contradictoires avec ceux de nos premières études. Les enfants avec TSLO de 5 et 6 ans étaient en effet capables, autant que leurs pairs, de retrouver la cible malgré la présence des trois non-mots pendant le délai de rétention.

En résumé, les résultats actuels fournissent des arguments montrant que les enfants avec TSLO ont pu maintenir l'information verbale à court terme aussi efficacement que leurs pairs en l'absence d'interférence auditive. En considérant que la tâche de répétition de non-mots n'est pas une mesure pure de la MCT et que les faibles performances des enfants avec TSLO est davantage la conséquence de leur trouble expressif, notamment phonologique (Gillam et al., 1998), nous nous attendions à retrouver un plus grand nombre de fixations sur l'image cible si les enfants avec de faibles performances en RNM avaient retenu le mot parlé en condition de délai silencieux. En revanche, si le déficit concernait spécifiquement la rétention de l'information chez ces enfants, les mouvements oculaires devaient être similaires sur les deux images dès la condition silence. Au vu de la sensibilité phonologique existant dans les TSLO et détaillée dans la littérature, un large effet de la suppression auditive était attendu dans la condition non-mots. Les résultats en condition silencieuse nous laissaient suggérer que tous les enfants avaient pu garder le mot en MCT pour retrouver l'image appropriée à l'écran. L'analyse des mouvements oculaires en temps réel nous a ainsi permis de mettre en évidence que les capacités de MCT étaient fonctionnelles chez les enfants avec et sans TSLO, alors que de grandes différences étaient trouvées dans leurs performances dans les tâches de répétition. Conformément à nos hypothèses, la production verbale peut être responsable du déficit de répétition de non-mots dans les TSLO. Sur un plan pratique, cela suggère que les performances au test de répétition de non-mots ne doivent pas être interprétées comme un trouble de MCT et doivent

être remises en question car le test est susceptible d'évaluer davantage le déficit phonologique expressif. Notre paradigme oculométrique devra encore être amélioré pour être systématiquement associé au test de répétition, celui-ci restant un outil essentiel compte tenu de son pouvoir prédicteur et du marqueur clinique qu'il représente.

Chapitre 3. Fast mapping et monde visuel

Introduction

L'objectif de ce chapitre est d'étudier les capacités d'apprentissage de nouveaux mots des enfants souffrant de TSLO, dont les compétences en répétition verbale sont déficitaires. Au vu des liens entre la MCT et l'acquisition de vocabulaire mis en évidence à travers différentes études chez l'adulte et le jeune enfant, nous avons souhaité tester l'hypothèse théorique générale considérant le déficit de MCT à l'origine de l'apprentissage de nouveaux mots dans les TSLO, empêchant l'encodage d'informations verbales inconnues et le stockage de ces dernières sur le long terme. Sur base des expériences précédemment citées, le paradigme d'appariement rapide repris sous sa terminologie anglaise *fast mapping* dans la suite du propos, était proposé dans un premier temps aux enfants avec troubles langagiers et à leurs pairs au développement typique. Dans un second temps, l'évaluation du fast mapping a été réalisée via le paradigme du monde visuel, offrant une alternative intéressante aux épreuves de production classique en évitant ainsi la mobilisation des habiletés de production verbale grâce à la méthode de reconnaissance visuelle. Les enfants avaient en effet pour tâche principale d'apparier le mot entendu à l'image correspondante sur l'écran, présentée parmi plusieurs. De plus, différentes exigences méthodologiques et éthiques ont été apportées au cours de quatre études différentes.

A notre connaissance, les nouveaux mots faisant l'objet d'un apprentissage dans la littérature étaient du vocabulaire inconnu des enfants avec ou sans troubles, ou du vocabulaire inexistant, i.e. des non-mots associés à des représentations imagées créées pour l'occasion (Jackson et al., 2016; Schwartz, & Smith, 1997; Gupta, 2003). Toutefois, sur un plan déontologique, le fait de demander à des enfants souffrant, entre autres, d'un faible niveau lexical, d'un réseau de connaissances lexicales et sémantiques peu organisé et de difficultés d'évocation d'apprendre des non-mots comme étant du nouveau vocabulaire, nous a semblé très peu ajusté. Pour y remédier, le matériel verbal et visuel a été sélectionné en fonction de sa familiarité (Gershkoff-Stowe, & Hahn, 2007; Demke et al., 2002) ; l'âge d'acquisition du vocabulaire choisi étant supérieur à 12 ans, il était inconnu de notre population. Les stimuli visuels dessinés pour l'expérience ont été préalablement présentés à une cohorte de

sujets adultes, répondant d'une part à une tâche de dénomination et d'autre part, à une estimation de l'âge auquel chaque mot référent était connu. Les items ont été sélectionnés en fonction de leur faible taux de bonne reconnaissance par les adultes et parallèlement, de leur âge d'acquisition tardif (cf. tableau résumant les caractéristiques lexicales des stimuli verbaux). Dans la littérature du fast mapping, le nombre de mots que les participants ont à apprendre varie entre deux (Ellis et al., 2015) et 24 items (Alt, & Spaulding, 2011) selon les objectifs de l'étude et l'âge des participants. Ils sont composés de deux à sept syllabes (Gupta, 2003). Etant donné la large étendue de l'âge chronologique des participants intégrés dans notre étude, le nombre de dix mots nouveaux à apprendre a été choisi, tentant ainsi d'éviter un effet plancher chez les enfants plus jeunes ou un effet plafond chez les plus âgés. Dans la continuité des études précédemment menées, les mots étaient monosyllabiques, cela nous permettant d'utiliser des stimuli familiers provenant des tâches de RMP (des chapitres 1 et 2) pour les items distracteurs et compétiteurs phonologiques (Demke et al., 2002). De plus, étant donné le nombre important de mots à apprendre, l'utilisation de mots composés d'une seule syllabe visait à réduire la charge d'informations verbales par item, tout en maximisant les chances de maintenir dix nouvelles informations pour les enfants souffrant de TSLO. Le matériel verbal à apprendre a également été sélectionné en fonction des voisins phonologiques. Le compétiteur de chaque nouveau mot devait varier sur un phonème, être imageable et sa représentation devait être éloignée du nouveau mot sur le plan conceptuel.

Concernant le nombre de présentations des mots lors de la phase d'apprentissage, il varie également de trois à six expositions dans la littérature (Gray, 2006), apparentant parfois la procédure à celle du *slow mapping* lorsque le taux d'exposition est élevé (Kan, & Windsor, 2010). Pour notre part, chaque item a été exposé entre trois et quatre fois, l'objectif étant également de ne pas provoquer l'ennui chez les enfants et de les garder investis et attentifs jusqu'à la fin de la phase d'apprentissage.

Par ailleurs, l'apprentissage s'est effectué de deux façons auprès de groupes indépendants : soit seule l'étiquette lexicale était présentée, soit le nom du mot était associée à un contexte sémantique. L'apport d'informations sémantiques et conceptuelles avait pour but d'activer des concepts en mémoire sémantique, aidant les enfants à établir des liens entre les nouveaux mots et

leurs représentations lexicales pré-existantes en mémoire (Gray, & Brinckley, 2011), favorisant ainsi un encodage approfondi des nouvelles informations. Contrairement aux procédures identifiées dans la littérature, au cours desquelles les caractéristiques sémantiques se limitent souvent aux propriétés physiques et visuelles des objets et animaux imaginaires, le contexte sémantique fourni dans cette recherche contenait davantage d'informations renseignant sur la fonction ou l'utilité des objets, ou encore sur l'environnement dans lequel ils sont rencontrés dans la vie quotidienne. Les propriétés physiques et fonctionnelles sont en effet les informations fréquemment rapportées par les enfants avec et sans TSLO (McGregor et al., 2002), les caractéristiques spatiales, catégorielles et relatives à une dimension émotionnelle étant restituées dans une moindre mesure.

Notre protocole expérimental associant les paradigmes de fast mapping et de monde visuel visait à proposer des tests de reconnaissance des mots appris via l'oculométrie pour évaluer l'apprentissage rapide de mots. A la suite des procédures oculométriques, une tâche de décision lexicale auditive était administrée aux participants afin de contrôler l'apprentissage des nouveaux mots par une procédure classique. Les relations entre les capacités de mémoire à court terme, de vocabulaire en réception, de décision lexicale et de fast mapping ont été examinées à travers des analyses de corrélations, tentant ainsi de préciser les rapports existants entre les tâches de répétition de non-mots et de désignation lexicale, et les performances aux tâches de compréhension et production du fast mapping (Jackson et al., 2016).

Hypothèses générales

Un effet de la pathologie était recherché : les enfants souffrant de TSLO présentant un déficit de MCT aux épreuves de répétition verbale devraient difficilement mémoriser les nouveaux mots de vocabulaire (Gathercole, & Baddeley, 1990). Dans ce cas, leurs performances à l'épreuve de décision lexicale devraient être inférieures à celles des enfants contrôles, et des différences devraient apparaître entre les patterns d'exploration visuelle au PMV des participants avec TSLO comparativement aux enfants TD. En revanche, si des facteurs tels que la modalité de réponse verbale et la prise de décision pénalisent les enfants présentant des troubles langagiers, les différences devraient être observées uniquement à la tâche de décision lexicale, tandis que les

patterns oculaires des enfants avec et sans TSLO pourraient mettre en évidence des capacités de reconnaissance des stimuli appris.

Les capacités de MCT et le stock lexical évoluant avec l'âge, l'amélioration des performances en fast mapping était également supposée chez les enfants avec TSLO en fonction de leur âge. La comparaison des résultats obtenus par un groupe de jeunes patients (âgés de 5 et 6 ans) et ceux d'un groupe de patients plus âgés (entre 7 et 8 ans) devrait mettre en exergue cette progression. Au contraire, des performances équivalentes à la tâche de décision lexicale et l'absence de différence au PMV avant et après 6 ans, mais inférieures à celles des enfants TD, seraient en faveur de la persistance d'un déficit d'acquisition de nouveaux mots dans les TSLO, malgré l'augmentation des capacités de stockage dans la boucle phonologique.

Enfin, un effet de la condition d'apprentissage était recherché : les participants ayant bénéficié d'une condition enrichie en connaissances conceptuelles devraient mieux mémoriser les nouveaux mots que ceux n'ayant reçu que l'étiquette lexicale durant la phase d'apprentissage. Cet effet était particulièrement recherché chez les enfants avec TSLO, étant donné les résultats divergents existant dans la littérature du fast mapping dans cette population (Gray, 2003; Alt et al., 2004; McGregor et al., 2002).

Quatre études ont donné lieu à l'examen approfondi des mécanismes d'apprentissage de nouveaux mots. Les participants et la méthode étaient identiques pour chacune de ces expériences, seuls les stimuli (verbaux et visuels) changeaient en fonction des objectifs expérimentaux.

Méthode

Participants

Trois groupes de participants ont pris part à cette étude entre février 2015 et mars 2017. Les enfants pour lesquels le diagnostic de TSLO a été porté étant d'âges différents, les jeunes patients

âgés de 5 et 6 ans ont été regroupés en un groupe (TSLO56, n = 19) et leurs performances ont été comparées à celles d'un groupe de patients plus grands, âgés de 7 et 8 ans (TSLO78, n = 22).

Tableau 20. Caractéristiques intellectuelles, lexicales et mnésiques des 80 participants des trois groupes.

	groupe	**TSLO**		**TD**
	âge	5-6 ans (n = 19)	7-8 ans (n = 22)	(n = 39)
		m (sd) *étendue*	m (sd) *étendue*	m (sd) *étendue*
AGE	**mois** années;mois	72.42 (8.82) *[57;82]* 6;1 (0;9) *[4;9 à 6;10]*	94.18 (7.56) *[84;110]* 7;10 (0;8) *[7;0 à 9;2]*	78.1(5.94) *[62;86]* 6;6 (0;6) *[5;2 à 7;2]*
Niveaux de raisonnement non verbal (PM-47) et de compréhension lexicale (EVIP-A)				
PM-47	**z-score**	0.20 (0.85) *[-1.5;2.1]*	-0.09 (0.73) *[-1.3;1.3]*	0.20 (0.79) *[-1.1;1.8]*
	score brut	19.05 (5.28) *[11;33]*	22.64 (4.38) *[16;33]*	23.13 (4.41) *[17;31]*
EVIP-A	**z-score**	-0.45 (1.2) *[-2.5;1.7]*	0,12 (1.29) *[-2.2;2.5]*	0.92 (0.78) *[-2;2]*
	score brut	54.47 (21.9) *[16;92]*	81.05 (18.39) *[42;115]*	81.23 (15.13) *[27;101]*
	AL (mois)	61.95 (20.92) *[26;99]*	88 (18.66) *[50;123]*	88 (15.21) *[36;110]*
Performances en répétition de non-mots (RNM), de chiffres (RC), de phrases (RP)				
RNM	**z-score**	-1.89 (0.74) *[-3.3;-0.3]*	-2.32 (0.93) *[-3.6;-0.4]*	0.06 (1.12) *[-2;2]*
	score brut	45 (17.85) *[13;89]*	52.5 (24.2) *[10;99]*	100.23 (27.71) *[45;146]*
	empan CV	4.31 (0.95) *[2;6]*	4.55 (1.01) *[3;6]*	6.35 (1.29) *[4;8]*
	empan CCV	1.79 (0.85) *[1;3]*	2.36 (0.95) *[0;4]*	3.56 (0.97) *[2;6]*
RC	**z-score**	1.11 (1.45) *[-0.9;3.6]*	0.77 (1.76) *[-2.6;3.6]*	3.65 (2.6) *[-3,2;8.6]*
	score brut	4.68 (1.34) *[3.7]*	4.73 (1.38) *[2;7]*	7.15 (1.19) *[4;11]*
	empan digital	3.74 (0.73) *[3.5]*	3.68 (0.72) *[2;5]*	5 (0.89) *[4;7]*
RP	**NS**	5.12 (1.63) *[-2;9]*	4.5 (2.52) *[0;9]*	10.17 (3.63) *[5;17]*
	score brut	9.58 (2.93) *[4;17]*	13.05 (4.42) *[6;21]*	18.48 (4.8) *[9;28]*

Ces derniers étaient appariés suivant l'âge lexical à un groupe d'enfants contrôles (TD, n = 39) scolarisés en GSM et en CP. La moitié des effectifs a reçu un apprentissage lexical des nouveaux mots tandis que l'autre moitié a bénéficié de l'apprentissage enrichi en connaissances sémantiques et conceptuelles. Malheureusement, certaines données n'ont pu être utilisées (15 enfants de GSM) car les informations concernant le type d'apprentissage reçu ont été perdues à la suite des expérimentations. Le groupe TD était donc en majorité composé d'enfants de 6 ans scolarisés en CP.

Tableau 21. Comparaison des moyennes en fonction des différents appariements, selon l'âge chronologique (AC) et l'âge lexical (AL) à l'aide du test de Student.

	Appariement AC			Appariement AL		
	TSLO56 (n = 19)	TD (n = 39)	Test de Student	TSLO78 (n = 22)	TD (n = 39)	Test de Student
	m (sd)	m (sd)	* Valeur de p	m (sd)	m (sd)	* Valeur de p
AGE (mois)	72.42 (8.82)	78.1 (5.94)	t(56) = 3.25 **	94.18 (7.56)	78.1 (5.94)	t(59) = -9.2 ***
PM-47	0.20 (0.85)	0.20 (0.79)	t(56) < 1 ns	-0.09 (0.73)	0.20 (0.79)	t(59) = 1.4 ns
EVIP	-0.45 (1.2)	0.92 (0.78)	t(25.7) = 4.55 ***	0.12 (1.13)	0.92 (0.78)	t(59) = 3.25 **
AL (mois)	61.95 (20.92)	88 (15.21)	t(27.6) = 4.84 ***	88 (18.66)	88 (15.21)	t(59) < 1 ns
RNM	-1.89 (0.74)	0.06 (1.12)	t(50.8) = 7.89 ***	-2.32 (0.93)	0.06 (1.12)	t(59) = 8.42 ***
RC	1.11 (1.45)	3.65 (2.6)	t(56) = 3.96 ***	0.77 (1.76)	3.65 (2.6)	t(59) = 4.63 ***
RP	5.12 (1.63)	10.17 (3.63)	t(55.7) = 7.34 ***	4.5 (2.52)	10.17 (3.63)	t(59) = 3.4 ***

ns : non significatif p > .05
* p < .05
** p < .01
*** p < .001

De plus, la comparaison des performances obtenues par les enfants du groupes TSLO56 avec celles des enfants du groupe TSLO78 n'a pas mis en évidence de différence significative aux tâches de répétition verbale (RNM : t(39) = 1.238, p = .223; RP, RC, empans : t(39) < 1, ns).

Matériel

Les objets nouveaux à apprendre dans cette expérience ont été sélectionnés selon plusieurs critères : leur degré d'imageabilité et de concrétude, leur densité phonologique, leur faible familiarité. Des mots rares, peu connus dans l'enfance mais significatifs et représentatifs en une image prototypique ont été choisis ; ils étaient composés d'une seule syllabe pour être facilement apparié à des mots phonologiquement proches dont les images correspondantes faisaient partie de notre base de données de stimuli visuels.

Stimuli verbaux

Les stimuli verbaux étaient constitués de dix mots cibles (e.g. *CROSSE*), peu fréquents dans la langue française (moyenne *Freqfilms2* = 6.41), inconnus des jeunes participants et pouvant être appariés sur le plan phonologique à dix mots connus, plus familiers et également imageables (e.g. *CROSSE - brosse*) et fréquents (moyenne *Freqfilms2* = 27.19). A chacune de ces dix paires de mots,

un non-mot également phonologiquement proche était apparié (e.g. *CROSSE - brosse - /dRoS/*). Les mots à apprendre ont été sélectionnés en fonction de leur âge d'acquisition, estimé supérieur à 12 ans par une cohorte de 200 adultes[16], tandis que les mots phonologiquement proches étaient acquis vers l'âge de 5 ans. Les mots cibles et leurs compétiteurs phonologiques (mots et non-mots) variaient sur le plan phonologique, soit par des phonèmes différents à l'attaque du mot et similaires en final (exemple ci-dessus), soit par une similarité retrouvée au niveau de l'attaque (e.g. *BONDE - bombe - /bõb/*). Un seul phonème a été modifié et la structure des mots restait identique. Les 10 mots étaient de structure différente (CCV, CCVC, CVC, VCC, VC). La distance phonotactique entre les phonèmes a également été contrôlée pour être équivalente pour l'ensemble des items.

Les bases de données françaises (lexique.org) sont régulièrement actualisées mais ne fournissent pas toutes les mesures nécessaires concernant l'âge d'acquisition, l'imageabilité, la fréquence des mots utilisés dans notre recherche. Pour pallier ce manque de données au sujet des caractéristiques de notre matériel verbal, des tâches de jugement ont été proposées à une cohorte d'adultes lors de la construction de notre paradigme, sur la base de travaux existants dans ce domaine (Majerus, & Van der Linden, 2003). Les caractéristiques phonologiques et lexicales des stimuli sont détaillées en annexe ainsi que l'âge d'acquisition estimé des mots par la base de données lexique.org et la base de données que nous avons nommée *Avatalk*).

Stimuli visuels

Chaque mot cible et chaque compétiteur étaient associés à des dessins en traits noirs sur fond blanc, le plus prototypiques possible. Les mots ayant été choisis pour leur fort degré d'imagerie, les dessins utilisés dans notre expérience se devaient d'être le plus représentatifs du concept cible. Ainsi pour les distracteurs neutres et proches phonologiquement : seuls les dessins correctement reconnus et bien dénommés par plus de 80% des 200 personnes répondant à la tâche de dénomination ont été sélectionnés pour cette expérience. Concernant les dessins représentant les dix mots nouveaux à apprendre, les dessins les moins bien reconnus par l'ensemble des adultes répondants ont été sélectionnés afin de s'assurer que les mots et dessins cibles choisis soient assez rares (faible fréquence).

[16] Le questionnaire *Avatalk* créé à la fois pour obtenir une estimation de l'AoA des mots et à la fois pour valider le matériel visuel à travers une tâche de dénomination, est disponible à l'adresse suivante http://alexv-portfolio.com/avatalk/ImgValid/. Les réponses de 200 adultes ont été analysées afin de constituer la base de données.

Quatre dessins étaient présentés à l'écran, répartis aléatoirement aux quatre coins de l'écran LCD DELL 22 pouces (1050 x 1680 pixels). Chaque dessin mesurait 591 x 591 pixels et des régions d'intérêt étaient délimitées pour l'analyse des fixations selon le type d'image.

Procédures

1. Déroulement général

Chaque enfant a été rencontré dans une pièce isolée du bruit extérieur. Dans un premier temps, les images distractrices correspondant aux mots communs et familiers des jeunes enfants ont été présentées quatre fois, visuellement et verbalement, afin d'éviter un biais d'exploration visuelle lors de l'expérience en oculométrie. Sans cette phase contrôle, les enfants étaient susceptibles d'observer plus fréquemment les images nouvellement apprises, par sentiment de familiarité ou d'habituation. Le biais de reconnaissance des images est ainsi contrôlé dans la littérature (Gray, 2004). Ensuite était proposée la phase d'apprentissage des dix nouveaux mots détaillée ci-dessous. L'expérience se poursuivait par la session en oculométrie et la tâche de décision lexicale.

2. Fast mapping

Chaque nouvel objet a été présenté quatre fois à chaque participant, dans deux conditions différentes. Un premier groupe d'enfants recevait un apprentissage lexical au cours duquel chaque mot était associé à sa représentation imagée, et prononcé par l'expérimentateur sans article ni phrase susceptibles de fournir des informations complémentaires (e.g. genre). Pour le second groupe de participants, l'apprentissage lexical était enrichi car les nouveaux mots étaient intégrés au sein d'une phrase apportant un contexte ou une définition par l'usage, et visant à fournir des connaissances sémantiques détaillées pour approfondir l'encodage de l'étiquette lexicale. Les définitions sémantiques ont été écrites afin d'être fournie de manière standardisée ; la phrase comportait autant que possible, deux ou trois éléments d'informations (une personne, un complément circonstanciel et un verbe : « l'arche est une construction de l'homme pour passer en dessous ; la batte est utilisée par les sportifs pour taper »). En revanche, les informations syntaxiques ne devaient pas comporter de mots proches des stimuli cibles contrairement à l'étude de Demke et ses collaborateurs (2002). Ainsi,

l'influence des deux types d'apprentissage a été analysée en comparant les groupes de participants. L'enfant était invité à répéter les mots entendus s'il le souhaitait et à désigner l'image correspondante suivant la procédure inspirée des études de Gray (2005).

- *Apprentissage lexical (-)* : « Nous allons apprendre dix nouveaux mots ensemble. (Présentation carte 1), regarde (Pause) *Arche,* peux tu répéter ? (Réponse de l'enfant) oui, *Arche.* Maintenant montre-moi l'image qui correspond au mot, écoute : *Arche.* »

Sur un plan éthique, les mots ont été définis à la suite de l'expérience aux enfants du groupe ayant reçu un simple apprentissage lexical, afin que tous les enfants puissent identifier les mots nouvellement appris dans leur quotidien.

Tableau 22. Présentation des mots à apprendre, de l'enrichissement sémantique et des compétiteurs phonologiques et sémantiques.

Mots à apprendre	contexte (apprentissage sémantique)	compétiteur phonologique	non-mot	compétiteur sémantique
batte	Le sportif tient la batte dans sa main pour taper avec.	bague	/bad/	rame
crosse	Le roi tient la crosse pour montrer sa puissance.	brosse	/dros/	canne
bogue	La bogue est l'enveloppe du marron, on en trouve en automne.	bol	/bov/	chou
bonde	La bonde bouche le trou du lavabo, pour empêcher l'eau de couler.	bombe	/bonk/	douche
anche	Le musicien souffle dans l'anche pour faire du bruit.	ange	/anf/	pipe
arche	L'arche est une construction de l'homme, pour passer en dessous.	arc	/ars/	porte
nasse	Le pêcheur utilise la nasse pour piéger les poissons.	tasse	/jas/	cage
bêche	Le jardinier retourne la terre avec sa bêche.	bec	/ber/	pelle
dague	Le chevalier se défend grâce à une dague.	vague	/rag/	lance
spi	Le spi permet au voilier d'aller très vite avec le vent.	ski	/sti/	vague

- *Apprentissage enrichi (+)* : « Nous allons apprendre 10 nouveaux mots ensemble. (Présentation carte 1) Regarde (Pause) ceci est une *Arche*. Peux-tu répéter ? (Réponse de l'enfant). Une *Arche* est une construction de l'homme, on peut passer en dessous. Montre-moi *l'Arche*. »

Les définitions ou phrases contextuelles proposées aux enfants ont été élaborées spécifiquement pour également éviter de fournir des synonymes susceptibles d'influencer les comportements des enfants durant l'exploration visuelle des images. Ainsi, volontairement, les mots « balle, canne, porte, portique, cage, pelle, épée, voile » n'ont pas été choisis pour illustrer respectivement la batte, la crosse, l'arche, la nasse, la bêche, la dague ou le spi. Certains d'entre eux ont en revanche été sélectionnés pour être des distracteurs sémantiques.

3. Evaluation du fast mapping

3.1. Procédure en oculométrie

Tous les participants, quel que soit le type d'apprentissage reçu, ont réalisé la même passation oculométrique comprenant quatre conditions différentes. A la suite de la phase de calibration, l'enfant avait pour consigne de ne pas bouger face à l'écran. A travers le casque, il entendait le mot et avait pour consigne d'aller retrouver l'image sur l'écran quand cela lui était possible. Chaque essai commençait par une croix de fixation centrale présentée pendant 500 ms, la pré-visualisation des quatre images durait 2000 ms pour que les enfants aient le temps d'observer chaque dessin et d'activer les représentations lexicales correspondantes. A la suite du stimulus sonore, l'écran composé des quatre images était encore présent durant 2000 ms, puis un écran blanc inter-item apparaissait pendant 1000 ms. La place des images variait de manière aléatoire aux quatre coins de l'écran en fonction des items et des participants. Les quatre conditions étaient également aléatoirement proposées au sein d'un set expérimental d'une durée totale de 4 minutes environ.

La première manipulation, dite contrôle et exposée ci-après, a consisté à présenter un stimulus verbal connu.

- Etude 1, **Contrôle mot connu** : dans laquelle le mot entendu était le compétiteur phonologique du mot cible nouvellement appris, e.g. *BROSSE* (mot parlé) + 4 images : *brosse (cible, mot connu) ; crosse (compétiteur mot appris) ; plume (connu non relié) ; bêche (appris non relié).*

Deux manipulations de la similarité ont été proposées à l'ensemble des participants, au cours desquelles les mots cibles entendus étaient ceux nouvellement appris. Les images référentes étaient

présentées à l'écran face à un distracteur relié, un distracteur non relié et un distracteur appris. Deux similarités étaient manipulées :

- Etude 2, **Similarité phonologique** : le distracteur était relié à la cible par une similarité phonologique, e.g. *CROSSE* (mot parlé) + 4 images : *crosse (cible mot appris) ; brosse (compétiteur phonologique, connu relié) ; rame (connu non relié) ; arche (appris non relié).*
- Etude 3, **Similarité sémantique** : le distracteur était relié à la cible par une similarité sémantique, e.g. *CROSSE* (mot parlé) + 4 images : *crosse (cible mot appris) ; canne (compétiteur sémantique, connu relié) ; rame (connu non relié) ; bêche (appris non relié).*

Une dernière manipulation contrôle, consistait à présenter un non-mot phonologiquement relié aux nouveaux mots appris et à leur compétiteur connu.

- Etude 4, **Contrôle non-mot** : aucune image ne correspondait à ce non-mot parmi les quatre images présentées à l'écran, e.g. /dʁɔs/ (non-mot parlé) + 4 images : *crosse (compétiteur appris) ; brosse (compétiteur connu) ; plume (connu non relié) ; arche (appris non relié).*

3.2. Epreuve de décision lexicale

Les enfants avaient pour tâche de décider si la séquence phonétique prononcée par l'expérimentateur était un mot réel ou non. Les participants étaient préalablement informés qu'ils allaient entendre des mots connus et réels ou des mots inconnus qui n'existaient pas. La consigne était de répondre positivement s'ils connaissaient le mot et négativement s'ils pensaient que le mot n'existait pas. La liste regroupait quarante items : dix mots nouvellement appris, dix compétiteurs connus et vingt non-mots dont la moitié était des stimuli phonologiquement proches des mots appris. Les quarante items ont été présentés dans un ordre déterminé pour la moitié des participants, et dans l'ordre inverse (pour contrebalancer l'ordre de présentation des items) pour la seconde moitié des participants. Le protocole de cette épreuve est disponible en annexe. L'exactitude des réponses était enregistrée. En revanche, les temps de réponse n'ont pas été enregistrés car les stimuli étaient énoncés par l'expérimentateur lui-même, et non présentés à travers une procédure informatisée.

Tableau 23. Résumé des études menées pour le fast mapping.

Etude 1 Contrôle mot connu	Etude 2 Similarité phonologique	Etude 3 Similarité sémantique	Etude 4 Contrôle non-mot
cible (connu) e.g. brosse	cible (appris) e.g. crosse	cible (appris) e.g. crosse	non-mot e.g. / dʁɔs /
compétiteur phonologique1 (appris) — non relié 3 (appris) cible (connu) — non relié 2 (connu)	cible (appris) — non relié 1 (appris) compétiteur phonologique 2 (connu) — non relié 4 (connu)	cible (appris) — non relié 3 (appris) compétiteur sémantique — non relié 4 (connu)	compétiteur phonologique 1 (appris) — non relié 1 (appris) compétiteur phonologique 2 (connu) — non relié 2 (connu)

compétiteur phonologique 1 (appris)	compétiteur phonologique 2 (connu)	non relié 1 (appris)	non relié 2 (connu)	non relié 3 (appris)	non relié 4 (connu)	compétiteur sémantique
anche	ange	crosse	île	nasse	pelle	pipe
arche	arc	bonde	aigle	bogue	pneu	porte
batte	bague	spi	pelle	crosse	aigle	rame
beche	bec	batte	loupe	dague	île	pelle
bogue	bol	nasse	rame	spi	loupe	chou
bonde	bombe	anche	canne	arche	lance	douche
crosse	brosse	arche	plume	beche	rame	canne
dague	vague	beche	pipe	anche	porte	lance
nasse	tasse	bogue	douche	bonde	chou	cage
spi	ski	dague	pneu	batte	plume	vague

Recueil de données oculométriques

Pour chaque étude, l'analyse a porté dans un premier temps sur les durées de fixation additionnées au cours de deux fenêtres temporelles durant la phase de visualisation, sur chaque type d'images présentées à l'écran. La première fenêtre déterminée entre 200 ms et 1000 ms ne prenait pas en compte le temps de planification et de programmation des premières saccades visuelles (200 ms environ) tandis que la seconde fenêtre correspondait à la deuxième seconde de visualisation [1000 - 2000 ms]. La durée moyenne des stimuli verbaux étant de 550 ms, les effets de compétition phonologique sont recherchés dès la fenêtre 1, et dans la seconde fenêtre d'analyse.

En complément, les latences de premières fixations ont été analysées pour chaque groupe de participant. Cette variable dépendante correspondant à l'intervalle temporel entre le début de la phase de visualisation et du stimulus sonore, et le moment d'apparition des premières fixations.

Le décours temporel de 0 ms (correspondant au début du stimulus auditif) à 2000 ms (fin de la phase de visualisation) a été divisé en 50 intervalles de 40 ms chacun. Les données ont été transformées (programme de *binification* sous *R-Studio*) pour obtenir la proportion de fixations sur chaque type d'images pour chaque intervalle de 40 ms. Le décours temporel était fourni dans son intégralité mais notre intérêt s'est porté sur certaines fenêtres de compétition déterminées préalablement. La comparaison des proportions de fixations sur chaque type d'images et entre les groupes, a permis une analyse du traitement en temps réel des stimuli entendus et du processus de reconnaissance lexicale. Le point de divergence était considéré lorsque les proportions de fixations sur la cible se distinguaient des proportions sur les distracteurs, en étant significativement plus élevées sur les premières comparativement aux trois autres durant au moins deux intervalles temporels (2 *TimeBINs* = 80 ms).

Pour l'ensemble des manipulations, les analyses statistiques ont été similaires mais réalisées et présentées séparément pour les 4 études. La latence de première fixation a également fait l'objet d'analyses statistiques, toutefois aucun effet significatif n'a été retrouvé et les résultats n'ont pas été détaillés. Les données ont été traitées à l'aide d'analyses de variance dans lesquelles le facteur groupe (TSLO vs TD) et le facteur condition d'apprentissage (Enrichi vs Lexical) étaient les facteurs inter-sujets. Le type d'images était le facteur intra-sujets dans l'analyse de variance.

Résultats à l'épreuve de décision lexicale

Afin d'analyser les capacités de reconnaissance des mots appris et des mots connus chez les différents groupes de participants, les pourcentages de reconnaissances correctes des mots familiers et de reconnaissances correctes pour les mots nouvellement appris ont été calculés. Pour ces items, les réponses « oui » étaient considérées comme une réussite (reconnaissance correcte, RC), tandis que les réponses positives pour les items non-mots étaient des fausses alarmes (FA). Le nombre de

rejets corrects de non-mots phonologiquement éloignés des mots appris et de non-mots phonologiquement proches ont également fait l'objet de comparaisons. De plus, un index de sensibilité (*d'*) a été calculé suivant la théorie de détection du signal, *d'* résultant de la soustraction de z[p(FA)] de z[p(RC)][17].

1. *Comparaison des performances pour les mots familiers*

La comparaison du nombre moyen de reconnaissances correctes de mots connus (RC_{MC}) met en évidence des performances significativement plus faibles pour les enfants avec TSLO56 comparativement aux scores des enfants TD et TSLO78, $F(2,77) = 9.59$, $p < .001$, $\eta^2 = .199$ (RC_{TD} vs RC_{TSLO56} : $p < .001$; RC_{TD} vs RC_{TSLO78} : $p = 1$; RC_{TSLO56} vs RC_{TSLO78} : $p < .001$).

Concernant les scores d'_{MC} pour les mots familiers, une large étendue était observée de -.132 à 3.605 et la distribution suivait la loi normale. La moyenne des *d'* était différente pour les trois groupes de participants, $F(2,77) = 6.905$, $p = .002$, $\eta^2 = .152$. Le test post hoc de Bonferroni mettait en évidence des *d'* pour les mots connus significativement différents entre les enfants des groupes TD et TSLO âgés, comparativement aux participants TSLO plus jeunes (d'_{TD} vs d'_{TSLO56} : $p = .003$; d'_{TD} vs d'_{TSLO78} : $p = 1$; d'_{TSLO56} vs d'_{TSLO78} : $p = .006$). Ces derniers ont obtenus des scores inférieurs aux deux autres groupes.

2. *Comparaison des performances pour les mots nouveaux*

Concernant les performances en reconnaissances de mots nouvellement appris (RC_{MA}), la tendance indiquait que les scores des enfants du groupe TSLO56 ($M_{TD} = 4.842$, $SD = .621$) étaient également inférieurs aux scores des groupes TD ($M_{TD} = 6.564$, $SD = .434$) et TSLO78 ($M_{TSLO78} = 5.955$, $SD = .578$), $F(2,77) = 2.583$, $p = .082$, $\eta^2 = .063$ (RC_{TD} vs RC_{TSLO56} : $p < .001$; RC_{TD} vs RC_{TSLO78} : $p = 1$; RC_{TSLO56} vs RC_{TSLO78} : $p < .001$).

Les scores d'_{MA} pour les mots appris étaient également largement étendus, i.e. de -.363 à 2.926. A nouveau, les trois groupes avaient des scores *d'* significativement différents, $F(2,77) = 8.389$, $p = .001$, $\eta^2 = .179$, mettant en évidence les faibles performances des enfants avec TSLO âgés de 5 et 6 ans, comparativement au groupe contrôle et au groupe TSLO de 7 et 8 ans (test de comparaisons par paires de Bonferroni d'_{TD} vs d'_{TSLO56} : $p < .001$; d'_{TD} vs d'_{TSLO78} : $p = .607$; d'_{TSLO56} vs d'_{TSLO78} : $p = .018$).

[17] z correspondant au z-score, soit la loi normale inversée du taux de reconnaissance correcte ou de fausses alarmes et p(FA) ou p(RC), à la proportion de FA ou de RC respectivement.

Les deux groupes de participants (TD et TSLO78), appariés selon l'âge lexical estimé à l'EVIP, étaient donc également appariés selon leurs performances à la tâche de décision lexicale.

Enfin, la comparaison des performances selon les conditions d'apprentissage (encodage enrichi ou uniquement lexical) avec une analyse de variance n'a pas mis en évidence d'effet de ce facteur ($F < 1$) sur la reconnaissance des mots familiers d'une part, et des mots appris d'autre part, pour chaque groupe de participants.

Tableau 24. Résumé des performances à la tâche de décision lexicale pour les différents groupes de participants : Reconnaissances Correctes (RC), Fausses Reconnaissances (FR), scores de discrimination pour chaque groupe (d') et score total.

groupe	**TSLO56**		**TSLO78**		**TD**	
apprentissage	TSLO56 - (n = 10)	TSLO56 + (n = 9)	TSLO78 - (n = 11)	TSLO78 + (n = 11)	TD - (n = 18)	TD + (n = 21)
	m (ds) *rang*	m (ds) *rang*	m (ds) *rang*	m (ds) *rang*	m (ds) *rang*	m (ds) *rang*
RC Mots Connus (max = 10)	8.1 (1.73)	9.22 (1.3)	10 (0)	9.63 (0.67)	9.67 (0.77)	9.67 (0.66)
	[5;10]	*[6;10]*	*[10;10]*	*[8;10]*	*[8;10]*	*[8;10]*
RC Mots Appris (max = 10)	5 (2.87)	4.67 (3.16)	6.54 (1.92)	5.36 (1.91)	6.61 (3.07)	6.52 (2.91)
	[0;8]	*[0;10]*	*[4;9]*	*[1;8]*	*[0;10]*	*[0;10]*
RC Total (max = 20)	13.1 (3.35)	13.89 (3.98)	16.54 (1.91)	15 (2.49)	16.28 (3.48)	16.19 (3.28)
	[7;17]	*[8;20]*	*[14;19]*	*[9;18]*	*[8;20]*	*[8;20]*
FR (max = 20)	4.7 (4.54)	3 (2.45)	3.72 (2.23)	2.82 (2.71)	2.5 (2.25)	3.42 (3.21)
	[0;13]	*[0;7]*	*[1;12]*	*[0;8]*	*[0;8]*	*[0;10]*
Score total (max = 40)	28 (4.84)	30.78 (3.56)	33.28 (2.1)	31.91 (2.84)	33.89 (3.29)	33 (3.51)
	[21;36]	*[26;35]*	*[28;35]*	*[27;36]*	*[27;38]*	*[24;37]*
d' Mots Connus	1.69 *(1.1)*	2.46 *(0.63)*	2.89 *(0.39)*	2.62 *(0.68)*	2.79 *(0.51)*	2.68 *(0.73)*
	[-0.13;3.29]	*[1.54;3.6]*	*[2.31;3.61]*	*[1.51;3.61]*	*[1.87;3.61]*	*[0.84;3.61]*
d' Mots Appris	0.69 *(0.62)*	1.06 *(0.75)*	1.62 *(0.38)*	1.33 *(0.56)*	1.62 *(0.98)*	1.68 *(0.6)*
	[-0.36;1.8]	*[-0.36;2.31]*	*[0.84;2.21]*	*[0.36;2.21]*	*[0.0;2.92]*	*[0.25;2.49]*

La comparaison du score total (ST) de chaque groupe à cette tâche de décision lexicale a mis en évidence de meilleures performances pour les enfants TD et les participants TSLO78, $F(2,77) = 8.912$, $p < .001$, $\eta^2 = .188$. En effet, le test de Bonferroni a relevé que les enfants du groupe TSLO56 avaient un score total moyen inférieur à ceux de leurs pairs (ST_{TD} vs ST_{TSLO56} : $p < .001$; ST_{TD} vs ST_{TSLO78} : $p = 1$; ST_{TSLO56} vs ST_{TSLO78} : $p = .012$).

Notons que le seuil en deçà duquel les performances sont considérées comme dues au hasard (niveau de chance : *d'* = .00) était atteint par des participants du groupe TSLO56 - (n = 3). Deux participants contrôles ont également obtenus des *d'* atteignant .00 pour les mots nouvellement appris.

A la tâche de décision lexicale, l'ensemble des participants a obtenu de meilleures performances en reconnaissance de mots familiers (RC_{MC} : M_{80} = 9.46, SD = 1.05; d'_{MC} : M_{80} = 2.58, SD = .758) comparativement à la reconnaissance de mots nouvellement appris (RC_{MA} : M_{80} = 5.98, SD = 2.76; d'_{MA} : M_{80} = 1.417, SD = .757). La différence entre les moyennes du nombre de bonnes reconnaissances et du taux de discrimination était effectivement significative pour les 80 participants, respectivement t(79) = 12.139, p < .001 et t(79) = 13.942, p < .001. En outre, la comparaison des moyennes réalisée pour chaque groupe en fonction des conditions d'apprentissage reçu (enrichi ou lexical), a également relevé des différences significatives entre d'_{MC} et d'_{MA}, au détriment de ce dernier (tableau 25).

Tableau 25. Comparaisons des moyennes à la tâche de décision lexicale pour le nombre de Reconnaissances Correctes (RC), Fausses Reconnaissances (FR), score total et scores de discrimination (d').

Comparaisons des moyennes	TD vs TSLO56	TD vs TSLO78	TSLO56 vs TSLO78
	Test de Student	Test de Student	Test de Student
RC Mots Connus	t(21.408) = 2.68 **	t(59) < 1 ns	t(21.027) = 3.093 **
RC Mots Appris	t(56) = 2.093 *	t(59) < 1 ns	t(30.71) = 1.405 ns
RC Total	t(56) = 2.889 **	t(59) < 1 ns	t(29.934) = 2.47 *
FR	t(56) < 1 ns	t(59) < 1 ns	t(39) < 1 ns
Score total	t(56) = 3.861 ***	t(59) < 1 ns	t(27.914) = 2.82 **
***d'* Mots Connus**	t(25.067) = 2.416 **	t(59) < 1 ns	t(27.51) = 2.199 *
***d'* Mots Appris**	t(56) = 3.193 **	t(58.648) = 1.586 ns	t(29.05) = 2.167 *
Résumé des effets significatifs	**Scores $_{TD}$ > Scores $_{TSLO56}$**	**ns**	**Scores $_{TSL56}$ < Scores $_{TSLO78}$**

ns : non significatif p > .05
* p < .05
** p < .01
*** p < .001

3. *Etude des corrélations*

Les liens entre les performances au test de répétition de non-mots et les résultats obtenus à la tâche de décision lexicale auditive ont été analysées par des mesures de corrélations bivariées

partielles de Pearson (r_p), pour chaque groupe de participants, en contrôlant la variable âge chronologique (cf. tableaux de corrélations en annexe).

Concernant le groupe d'enfants avec TSLO âgés de 5 et 6 ans, la corrélation entre le score de reconnaissances correctes de mots appris (RC_{MA}) et les performances à la tâche de RNM (r_p = .532, p = .023) indiquait que plus les jeunes patients répétaient correctement les non-mots, plus ils parvenaient à reconnaître les mots appris. Le lien existait également pour le taux de discrimination, avec une tendance à la significativité (r_p = .422, p = .081). Enfin, la corrélation entre les deux mesures était élevée (d'_{MA} et RC_{MA} : r_p = .727, p = .001). Pour résumer, il existait une relation linéaire entre les performances en reconnaissance de mots appris (d'_{MA} et RC_{MA}) à l'épreuve de décision lexicale et les capacités de répétition de non-mots.

Pour le groupe d'enfants TSLO78, les liens existaient entre les performances obtenues en raisonnement non verbal (PM-47) et les scores de discrimination des mots connus (r_p = -.441, p = .045) et des mots appris (r_p = -.729, p < .001), ainsi qu'avec le score total à la tâche de décision lexicale (r_p = -.635, p = .002). Ces corrélations négatives impliquaient que plus le score aux matrices de Raven était élevé, plus les performances des enfants en décision lexicale diminuaient. En outre, les performances des participants à la tâche de compréhension lexicale (EVIP-A) étaient également significativement corrélées aux scores d'_{MC} (r_p = .441, p = .046) et d'_{MA} (r_p = .382, tendance p = .082). Le niveau lexical était également corrélé avec le nombre de reconnaissances correctes de mots familiers (r_p = .54, p = .012) et avec le score total à la tâche de décision lexicale (r_p = .43, tendance p = .052). Enfin, il existait une tendance pour la corrélation entre le score total et les performances en RNM chez ces participants (r_p = .394, p = .078).

Enfin, pour le groupe d'enfants au développement typique, de nombreuses corrélations étaient significatives. Dans un premier temps, la corrélation entre les performances à la tâche de RNM et le score RC_{MA} (r_p = .306, p = .062) et d'_{MA} (r_p = .359, p = .027) indiquaient que plus les enfants répétaient correctement les non-mots, plus ils parvenaient à discriminer les mots appris. Le niveau lexical et le score obtenu à l'EVIP-A étaient tous deux significativement corrélés à l'ensemble des scores de décision lexicale. En effet, les liens existaient également entre les performances en

compréhension de mots et les scores de reconnaissance et de discrimination de mots familiers en décision lexicale (respectivement, r_p = .459, p = .004 et r_p = .458, p = .004). La corrélation entre le score à l'EVIP-A et le d'_{MA} (r_p = .488, p = .002) indiquait que plus le niveau de vocabulaire en réception des enfants contrôles était élevé, plus leurs capacités de discrimination des nouveaux mots étaient bonnes et le score total de réussite en décision lexicale était élevé (r_p = .568, p < .001). Enfin, il existait une relation linéaire négative entre les performances en raisonnement logico-déductif (PM-47) et la reconnaissance de mots appris (r_p = -.286, tendance p = .081).

En outre, l'étude des liens entre les durées de fixation sur les différentes images et les performances aux tests administrés, a relevé des corrélations significatives uniquement pour le groupe contrôle. En condition de similarité phonologique (étude 2), il existait une relation entre le score en RNM et la durée de fixation sur l'image cible (i.e. mot appris) pour la première fenêtre temporelle [200 - 1000 ms] (r_p = .352, p = .03). En condition de similarité sémantique (étude 3), la relation était également mise en évidence entre le score en RNM et la durée de fixation sur l'image cible pour la seconde fenêtre temporelle [1000 - 2000 ms] (r_p = .372, p = .022).

Dans cette phase expérimentale, les enfants ont entendu un mot connu et familier tandis que le compétiteur phonologique présenté à l'écran était le mot nouvellement appris. Deux autres distracteurs correspondaient à des stimuli connus non reliés et nouvellement appris, également non reliés à la cible. Cette manipulation expérimentale répondait à plusieurs objectifs. Dans un premier temps, nous souhaitions nous assurer que l'expérience oculométrique fonctionnait auprès des jeunes enfants, pour la simple reconnaissance de mots parlés communs. Les stimuli familiers correspondant aux mots entendus devaient être fixés durablement par l'ensemble des participants, contrairement aux items distracteurs. Les enfants avec TSLO étaient susceptibles de reconnaître plus difficilement les images cibles, en portant leur regard tardivement sur ces dernières comparativement aux enfants du groupe contrôle. L'analyse des durées de fixation au cours de deux fenêtres temporelles [200 - 1000 ms] et [1000 - 2000 ms] et du décours temporel des proportions de fixations devait permettre de caractériser la vitesse d'accès aux représentations lexicales activées. Ainsi, une reconnaissance tardive chez les enfants avec TSLO serait en faveur de l'hypothèse d'une lenteur de traitement lexical chez ces participants.

Concernant l'effet de similarité phonologique, le compétiteur phonologique relié à la cible étant le mot nouvellement appris, certaines différences comportementales étaient également attendues entre les groupes de participants. Conformément à l'hypothèse du déficit d'apprentissage de nouveaux mots chez les enfants avec TSLO et à l'existence de représentations phonologiques sous-spécifiées, nous supposions que les caractéristiques phonologiques du compétiteur auraient une moindre influence sur les comportements exploratoires de ces enfants. Ainsi, la diminution voire

l'absence de l'effet de compétition étaient envisagées dans le groupe de patients, tandis que les enfants TD observeraient le compétiteur de manière équivalente à la cible dans la première seconde de visualisation, pour ensuite les distinguer l'un de l'autre dans la seconde fenêtre.

Enfin, le type d'apprentissage reçu lors de la présentation des nouveaux mots pourrait influencer les participants avec et sans TSLO. Si l'encodage des nouvelles informations est effectivement de meilleure qualité en condition d'apprentissage enrichi, l'effet de compétition phonologique pourrait être plus marqué pour les groupes Apprentissage + comparativement aux groupes Apprentissage -.

Résultats

Fenêtre 1

Entre 200 ms et 1000 ms de visualisation, la durée de fixation sur la cible était significativement plus élevée que les durées sur les trois autres images, $F(1.684,124.62) = 32.384$, $p < .001$, $\eta^2 = .304$ (test de Bonferroni : cible vs compétiteur : $p < .001$; cible vs connu non relié : $p < .001$; cible vs appris non relié : $p < .001$). Le test de comparaison par paires montrait également que l'image reliée au mot entendu sur le plan phonologique était davantage fixée que l'image connue non reliée (appris relié vs connu non relié : $p = .008$). Aucun autre effet n'était significatif.

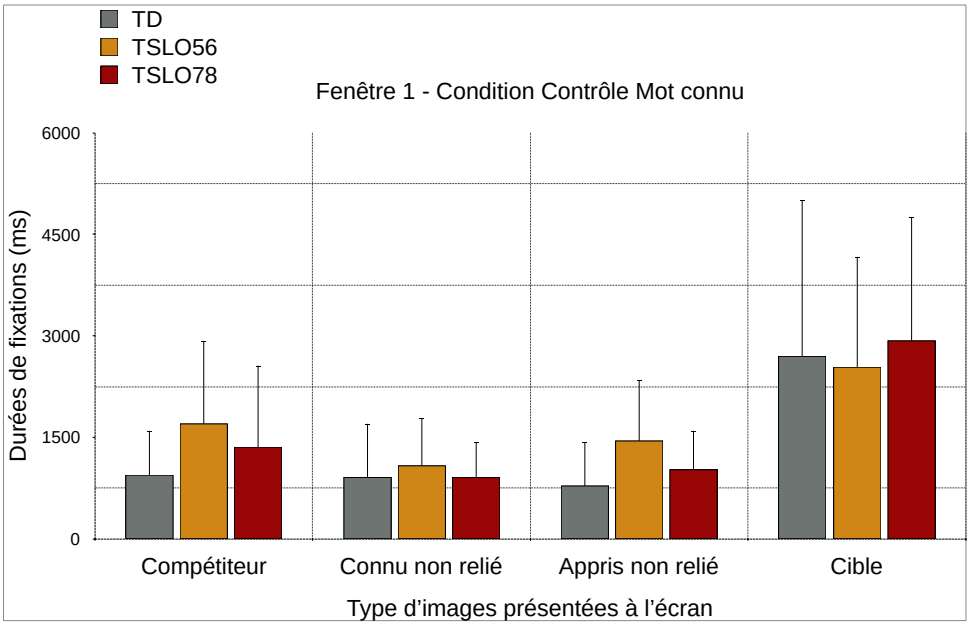


Figure 18. Durées de fixation totales entre 200 et 1000 ms de visualisation, sur les différents types d'images pour l'étude 1.

Fenêtre 2

Durant la deuxième seconde de visualisation, l'image cible a été plus longuement fixée que les trois autres images, et ce, par tous les participants, $F(1.268,93.838) = 92.29$, $p < .001$, $\eta^2 = .555$. Aucune interaction n'était mise en évidence entre le groupe, l'apprentissage et le type d'images. L'analyse des sommes de durées de fixation n'a pas permis d'observer une attirance des participants vers le compétiteur phonologique (mot appris) dans cette fenêtre temporelle (appris relié vs distracteurs : $p = .3$).

Décours temporel et analyse des proportions (BIN 40 ms)

L'analyse des proportions pour les cinquante intervalles de 40 ms entre 0 et 2000 ms de visualisation, a mis en évidence une interaction significative entre les proportions de fixations sur chaque type d'images, le facteur groupe et la condition d'apprentissage à partir de 360 ms jusque 520 ms, BIN 36 : $F(6,222) = 2.574$, $p = .02$, $\eta^2 = .065$. Les principaux résultats ont été détaillés dans le texte. L'analyse de chaque groupe de participants en fonction du type d'apprentissage reçu a été envisagée afin d'appréhender les comportements visuels exploratoires sur les différents types d'images et les points de divergence entre les proportions de fixations.

- *Groupe TSLO56 -* : A partir de 800 ms après le début du mot, BIN 80 : $F(3,27) = 4.051$, $p = .017$, $\eta^2 = .31$, le test de comparaison par paires a montré des proportions de fixations significativement plus élevées sur la cible comparativement aux proportions sur les distracteurs (BIN 84, cible vs appris non relié : $p = .022$; cible vs appris relié : $p = .007$; BIN 88, cible vs connu non relié : $p = .031$).
- *Groupe TSLO56 +* : Les participants du même âge mais ayant bénéficié d'un apprentissage enrichi ont davantage observé la cible à partir de la deuxième seconde de visualisation, BIN 100 : $F(3,24) = .3.156$, $p = .043$, $\eta^2 = .283$ (BIN 104, cible vs connu non relié : $p = .032$; BIN 112, cible vs appris relié : $p = .001$; BIN 132, cible vs appris non relié : $p = .029$).

En résumé, les plus jeunes enfants avec TSLO ayant reçu un apprentissage lexical ont porté leur attention sur la cible plus tôt que leurs pairs pour lesquels l'encodage des nouveaux mots était enrichi en connaissances sémantiques (points de divergence TSLO56 - : 880 ms, TSLO56 + : 1320 ms).

- *Groupe TSLO78 -* : L'effet principal était significatif pour ce groupe de participants à 760 ms, BIN 76 : $F(3,30) = 3.66$, $p = .023$, $\eta^2 = .268$. Toutefois, les regards étaient davantage portés sur la cible, au détriment des distracteurs non reliés dès 960 ms (BIN 96, cible vs appris non relié : $p = .025$, cible vs connu non relié : $p = .019$) et du compétiteur à partir de 1040 ms (BIN 104, cible vs appris relié : $p = .032$).
- *Groupe TSLO78 +* : Les enfants avec TSLO plus âgés et ayant reçu un apprentissage enrichi ont dirigé leur regard sur l'image cible à partir de 760 ms également, BIN 76 : $F(3,30) = 3.372$, $p = .031$, $\eta^2 = .252$, et ce, jusqu'à la fin de la phase de visualisation. Les proportions étaient significativement plus importantes sur la cible comparativement aux proportions sur les images non reliées au mot entendu (BIN 80, cible vs connu non relié : $p = .036$; BIN 88, cible vs appris non relié : $p = .024$), puis à l'ensemble des distracteurs (BIN 96, cible vs appris relié : $p = .019$).

Inversement, les enfants avec TSLO âgés de 7 et 8 ans en condition d'apprentissage lexical ont distingué la cible familière plus tardivement que les enfants en condition d'apprentissage enrichi (points de divergence TSLO78 - : 1040 ms, TSLO78 + : 960 ms).

- *Groupe TD -* : Les enfants au développement typique ayant reçu un apprentissage lexical ont davantage observé l'image cible à partir de 720 ms après le début du mot, BIN 72 : $F(2.358,40.078) = 5.466$, $p = .006$, $\eta^2 = .243$ (cible vs connu non relié : $p = .001$). Les images distractrices étaient nettement moins fixées vers 920 ms (BIN 92, cible vs appris relié : $p = .001$; BIN 96, cible vs appris non relié : $p = .004$).
- *Groupe TD +* : Ceux ayant bénéficié d'un apprentissage enrichi en informations sémantiques ont distingué la cible à partir de 560 ms, BIN 56 : $F(3,60) = 4.496$, $p = .007$, $\eta^2 = .184$. L'image cible a été fixée significativement plus que les trois distracteurs, de manière progressive durant la première seconde de visualisation (BIN 56, cible vs connu non relié : $p = .009$; BIN 60, cible vs appris non relié : $p = .036$; BIN 84, cible vs appris relié : $p = .006$).

Enfin, les enfants TD ayant reçu un apprentissage lexical ont également distingué la cible familière plus tardivement que leurs pairs ayant bénéficié d'une condition d'encodage enrichi.

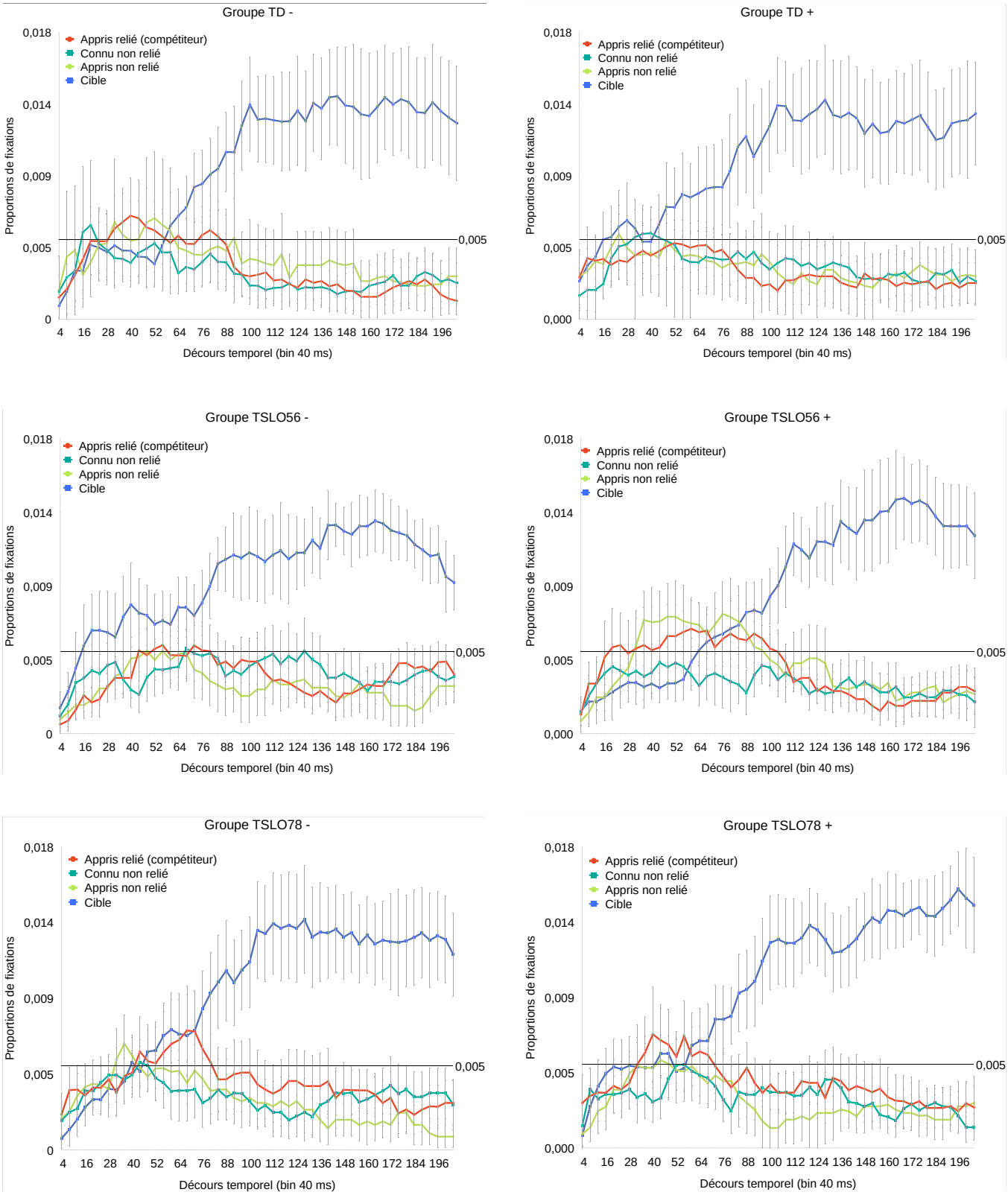


Figure 19. Proportions de fixations en fonction du décours temporel pour les différents groupes de participants, en fonction de la condition d'apprentissage, lexical (à gauche) et enrichi (à droite), étude 1.

Résumé des résultats du Chapitre 3 : Fast Mapping et Monde visuel (4 images)			
TSLO-56 vs TSLO-78 vs TD-56 Apprentissage + vs -	Fenêtre 1 [200 - 1000 ms]	Fenêtre 2 [1000 - 2000 ms]	Données transformées (*TimeBin*)
Etude 1 Contrôle Mot connu	cible > compétiteur, non reliés	cible > compétiteur, non reliés	Apprentissage lexical TSLO56 - : 800 ms*, *pd*** 880 ms TSLO78 - : 760 ms, *pd* 1040 ms TD - : 720 ms, *pd* 960 ms
			Apprentissage enrichi TSLO56 + : 1000 ms, *pd* 1320 ms (cible = compétiteur jusque 1120 ms) TSLO78 + : 760 ms, *pd* 960 ms TD + : 560 ms, *pd* 840 ms

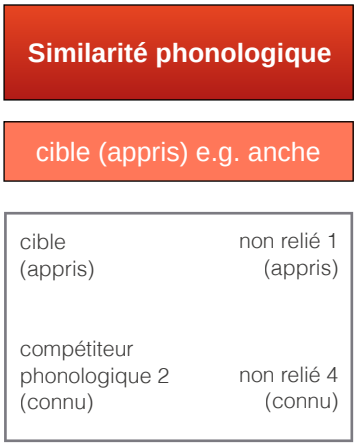
* effet principal du type d'images significatif à $p < .05$
** *pd* : point de divergence entre les proportions sur la cible et les trois autres distracteurs (*cpp* : $p < .05$)

Discussion

Les mots connus ont été appariés aux images correspondantes présentées à l'écran par l'ensemble des participants. Les enfants avec ou sans TSLO ont en effet durablement fixé l'image cible à la suite du mot parlé, soit dès la première seconde de visualisation. La phase de pré-visualisation a ainsi permis aux enfants d'activer les représentations lexicales liées aux quatre images présentées, et les stimuli auditifs ont permis l'orientation de l'attention visuelle à travers le regard des enfants sur la représentation visuelle correspondante. Cependant, les enfants ont distingué plus ou moins rapidement la cible des distracteurs en fonction de leur groupe (selon l'âge, la pathologie et la condition d'apprentissage). L'analyse du décours temporel a en effet relevé un point de divergence survenant plus tardivement chez les enfants avec TSLO, jeunes et ayant bénéficié d'une condition d'encodage enrichi, comparativement aux autres participants. Nous avions supposé dans un premier temps, que les deux secondes de pré-visualisation étaient suffisantes pour activer les représentations lexicales des mots correspondant aux images, notamment celles étant familières, pour l'ensemble des enfants. En revanche, le traitement phonologique du mot parlé pouvait être moins efficace et par conséquent moins rapide chez les enfants avec TSLO, entraînant un appariement tardif du mot à l'image. Les résultats ont montré que l'appariement de la forme phonologique du mot à la représentation lexicale correspondante est un processus coûteux, nécessitant globalement plus de temps chez les TSLO.

Le ralentissement de la vitesse d'appariement mot/image cible a pu être provoqué par la présence du compétiteur phonologique (mot appris relié au mot familier entendu). Le point de divergence Cible vs Compétiteur, survenant principalement après le point de divergence Cible vs Connu non relié, reflète une certaine attirance des enfants avec TSLO78 vers le compétiteur phonologique. Ces participants semblaient vraisemblablement sensibles à la similarité phonologique entre le mot familier entendu et l'étiquette lexicale de l'image compétitrice, apprise et reliée à la cible, tandis que les enfants du groupe TSLO56 ont distingué la cible du compétiteur avant les points de divergence Cible vs Appris non relié et Cible vs Connu non relié. Cela peut signifier que les patients de 7 et 8 ans, contrairement aux enfants de 5 et 6 ans, ont encodé la forme phonologique des nouveaux mots suffisamment profondément pour qu'une confusion survienne via l'activation des candidats lexicaux phonologiquement proches à l'écoute du mot parlé. Les enfants contrôles ont eu des comportements différents selon le type d'apprentissage reçu. Ceux pour lesquels l'encodage était enrichi semblent avoir été sensibles à la similarité phonologique entre la cible et le mot appris phonologiquement relié. Les proportions de fixations étaient en effet équivalentes sur les deux images après les points de divergence sur la cible et les distracteurs non reliés, contrairement aux enfants du groupe TD -. La sélection de l'image cible aurait été ralentie par cette probable compétition phonologique.

Ces résultats permettaient néanmoins de montrer une influence différente de la condition d'apprentissage des mots sur la rapidité de reconnaissance en fonction de la pathologie et de l'âge.



Rappelons que les participants ont entendu le mot nouvellement appris dans cette condition ; l'effet de compétition était manipulé via la présentation d'une image dont le nom référent était phonologiquement proche du mot entendu. Les deux autres images correspondaient à un mot également appris et à un mot connu et neutre. Etant donné la nature différente des images distractrices, aucun regroupement de données n'a été réalisé pour ces analyses.

Cette manipulation a permis de tester l'hypothèse principale selon laquelle les enfants souffrant de TSLO présentent un déficit d'apprentissage de nouveaux mots. Selon cette hypothèse, les patients ne devraient pas réussir à lier le mot entendu à l'image correspondante à l'écran, tandis que les enfants contrôles observeraient davantage les images correspondantes aux mots appris. Des durées de fixation équivalentes sur les quatre images dans le groupe TSLO refléteraient l'inefficacité de l'apprentissage rapide chez ces enfants. Au contraire, si le paradigme du monde visuel permet d'évaluer le fast mapping de manière pertinente, les enfants avec TSLO devraient parvenir à reconnaître les stimuli appris comme leurs pairs, malgré leur déficit de MCT aux tâches de répétition. De plus, des différences concernant la rapidité de traitement et de reconnaissance lexicale étaient attendues, avec un point de divergence entre les proportions de fixations sur la cible et sur le compétiteur arrivant tardivement chez le groupe de patients, si ces derniers ont effectivement reconnu les stimuli nouvellement appris.

A nouveau, l'apprentissage enrichi en informations sémantiques, supposé favoriser la mémorisation des stimuli, devrait amener les enfants avec et sans TSLO à reconnaître plus facilement (possiblement plus tôt) les images correspondantes aux mots appris entendus. Ainsi, les enfants avec TSLO ayant reçu ce type d'apprentissage devraient plus facilement apparier les mots/images comparativement à ceux ayant reçu un encodage lexical simple.

Concernant la similarité phonologique entre le mot appris et le compétiteur commun, l'hypothèse d'une sous-spécification des représentations phonologiques dans les TSLO était également testée au cours de cette manipulation. Les jeunes patients, susceptibles de confondre les caractéristiques des nouveaux mots avec celles des mots connus, pourraient fixer de manière équivalente les images cibles et les compétiteurs. Un tel effet de compétition phonologique était également attendu dans le groupe d'enfants typiques, notamment lors de la première fenêtre d'analyse (première seconde de visualisation), avec des proportions de fixations plus élevées sur les images cibles lors de la deuxième seconde. Si les enfants avec TSLO étaient sensibles à l'effet de compétition phonologique (dans le cadre d'une confusion au niveau des représentations), l'effet de compétition pourrait être observé durablement.

Résultats

Fenêtre 1

Durant la première seconde de visualisation, il existait un effet d'interaction entre la condition d'apprentissage et le type d'images, $F(2.565,196.516) = 2.974$, $p = .039$, $\eta^2 = .039$. Aucun autre effet n'était mis en évidence. L'analyse des durées de fixation des participants a donc été réalisée pour chaque condition d'apprentissage.

- *Apprentissage -* : Les enfants pour lesquels l'apprentissage était uniquement lexical ont été attirés par la cible et le compétiteur au détriment des images non reliées (cible vs connu non relié : $p < .001$; cible vs appris non relié : $p = .003$; compétiteur vs connu non relié : $p = .007$), dans cette première fenêtre temporelle, $F(3,108) = 8.832$, $p < .001$, $\eta^2 = .197$. Les images reliées au mot entendu ont été fixées de manière équivalente (cible vs compétiteur : $p = .458$).

- *Apprentissage + :* En revanche, les enfants ayant bénéficié d'un encodage enrichi ont observé les différents types d'images de manière similaire (F(3,114) = 1.215, p = .308).

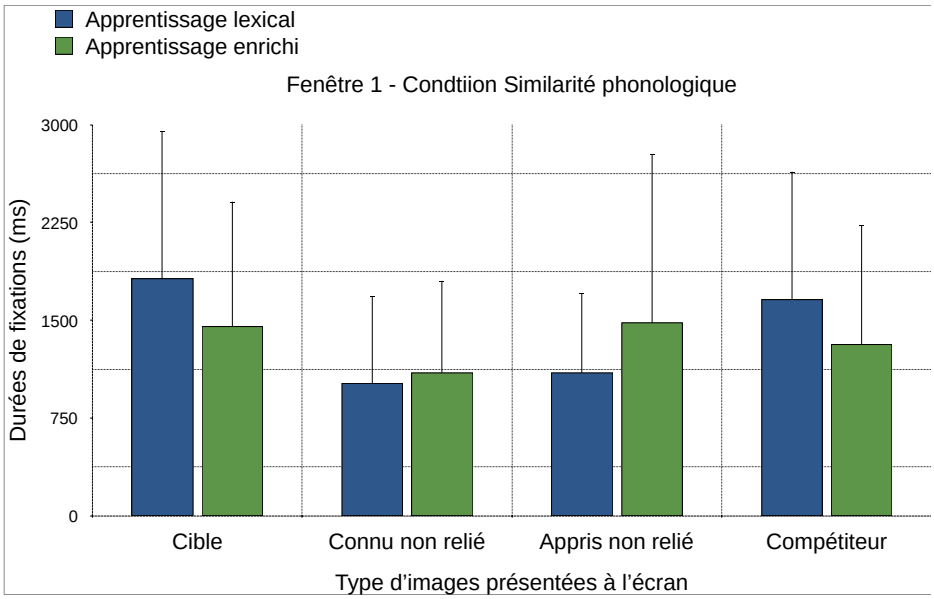


Figure 20. Durées de fixation entre 200 ms et 1000 ms de visualisation en fonction de la condition d'apprentissage (lexical vs enrichi), étude 2.

Fenêtre 2

Aucune interaction n'était significative entre le type d'images, la condition d'apprentissage et le groupe durant cette seconde fenêtre temporelle. L'effet principal F(2.088,154.493) = 39.671, p < .001, η^2 = .349, révélait l'existence de patterns exploratoires différents selon les images à partir de 1000 ms : l'image cible était plus longuement fixée que les trois autres images (cible vs connu non relié : p < .001 ; cible vs appris non relié : p < .001 ; cible vs compétiteur phonologique : p < .001).

Décours temporel et analyse des BIN 40 ms

Lors de l'analyse plus fine des proportions selon le décours temporel, un effet principal du type d'images a été retrouvé à partir de 720 ms, BIN 72 : F(3,222) = 2.983, p = .032, η^2 = .039. En outre, l'interaction Apprentissage x Type d'images était significative durant deux intervalles consécutifs entre 840 et 880 ms, BIN 84 : F(2.843,179,09) = 4.175, p = .007, η^2 = .053, et aucune interaction entre les trois facteurs n'était significative. L'analyse a donc été effectuée distinctement en fonction des conditions d'apprentissage.

- *Apprentissage -* : Les participants pour lesquels la condition d'apprentissage était lexicale ont porté leur attention sur la cible et l'image phonologiquement reliée dès 760 ms, BIN 76 : $F(2.1,75.613) = 3.439$, $p = .035$, $\eta^2 = .087$ (cible vs connu non relié : $p = .001$; compétiteur vs connu non relié : $p = .017$; BIN 84, cible vs appris non relié : $p = .006$). A 1360 ms, les regards se sont dirigés exclusivement vers l'image cible au détriment de tous les distracteurs (BIN 136, cible vs compétiteur : $p = .018$).
- *Apprentissage +* : Les enfants ayant bénéficié d'un apprentissage enrichi en connaissances sémantiques ont, quant à eux, observé la cible au détriment de l'image familière non reliée à partir de 1240 ms (cible vs connu non relié : $p = .011$), BIN 124 : $F(3,114) = 4.603$, $p = .004$, $\eta^2 = .108$. Le test de Bonferroni a mis en évidence des différences significatives entre les proportions de fixations sur la cible et les trois distracteurs à partir de 1440 ms (BIN 144, cible vs connu non relié : $p < .001$; cible vs appris non relié : $p = .004$; cible vs compétiteur : $p = .015$).

A titre indicatif, l'analyse des proportions de fixations pour chaque groupe a relevé des points de divergence entre les proportions sur la cible et les distracteurs survenant à des intervalles du décours temporel différents.

- *Groupe TSLO56 -* : Les proportions sur la cible étaient significativement plus importantes sur la cible à partir de 1160 ms, BIN 116 : $F(3,27) = 5.647$, $p = .004$, $\eta^2 = .386$ (cible vs connu non relié : $p = .036$), puis de 1480 à 1560 ms (BIN 148, cible vs connu non relié : $p = .016$). En revanche, les participants ont observé les images nouvellement apprises et l'image connue reliée de manière équivalente. Aucun point de divergence entre les proportions sur la cible et les trois distracteurs n'était retrouvé.
- *Groupe TSLO56 +* : L'effet principal a été retrouvé tardivement à partir de 1600 ms pour ces enfants, BIN 160 : $F(3,24) = 3.899$, $p = .021$, $\eta^2 = .328$. Toutefois, le test de Bonferroni ne mettait pas en évidence d'images significativement plus fixées que d'autres au cours de deux intervalles consécutifs.

- *Groupe TSLO78 -* : Une première fenêtre montrait un effet significatif du type d'images entre 480 à 560 ms, BIN 48 : $F(3,30) = 3.495$, $p = .028$, $\eta^2 = .259$. Au cours de cet intervalle de temps, les regards ont été portés sur le compétiteur au détriment des images apprises (BIN 52, cible vs

connu relié : p = .01; connu relié vs appris relié : p = .025). Vers 1240, l'effet principal était à nouveau significatif, BIN 124 : F(3,30) = 3.05, p = .044, η^2 = .234, mettant en évidence des images familières sans lien avec la cible nettement moins fixées que les autres (BIN 124, cible vs connu non relié : p = .033 ; BIN 156, appris non relié vs connu non relié : p = .039). A 1680 ms, la cible a été significativement plus observée que les trois images (point de divergence BIN 168, cible vs connu relié : p = .009 ; cible vs connu non relié : p = 003 ; cible vs appris non relié : p = .01).

- *Groupe TSLO78 +* : Durant un premier intervalle de temps, le test de comparaisons par paires mettait en évidence des proportions de fixations moins élevées sur les images connues non reliées et plus importantes sur la cible, BIN 84 : F(3,30) = 3.064, p = .043, η^2 = .235, (BIN 88 : cible vs connu non relié : p = .027). Dans un second temps, les images cibles ont attiré les regards des participants au détriment des images non reliées (BIN 144, cible vs connu non relié : p = .01; cible appris non relié : p = .028), BIN 136 : F(3,30) = 3.368, p = .031, η^2 = .252. Notons que la cible et le compétiteur ont été fixées de manière similaire durant les deux secondes de visualisation (cible vs connu relié : p > .1).

- *Groupe TD -* : L'effet significatif dès 840 ms, BIN 84 : F(3,51) = 3.431, p = .024, η^2 = .168, montrait que la cible étaient davantage observé que les images non phonologiquement reliées (BIN 88, cible vs connu non relié : p = .001 ; BIN 92, cible vs appris non relié : p = .008). Les cibles ont été distinguées des compétiteurs à partir de 1440 ms avec des proportions significativement plus élevées sur les images correspondant aux mots entendus (BIN 144, cible vs connu relié : p = . 027).
- *Groupe TD +* : Dès 1360 ms et jusqu'à la fin de la phase de visualisation, les proportions de fixation étaient plus élevées sur la cible comparativement aux proportions sur l'image connue non reliée, BIN 136 : F(3,60) = 3.108, p = .033, η^2 = .135 (cible vs connu non relié : p = .017). Elles étaient également plus élevées que les proportions sur l'image apprise non reliée à 1560 ms (BIN 156, cible vs appris non relié : p = .028). A partir de 1600 ms apparaissait le point de divergence entre les proportions sur la cible et celles portées sur les trois autres images (BIN 160, cible vs connu relié : p = .011 ; cible vs connu non relié : p = .011 ; cible vs appris non relié : p = .005).

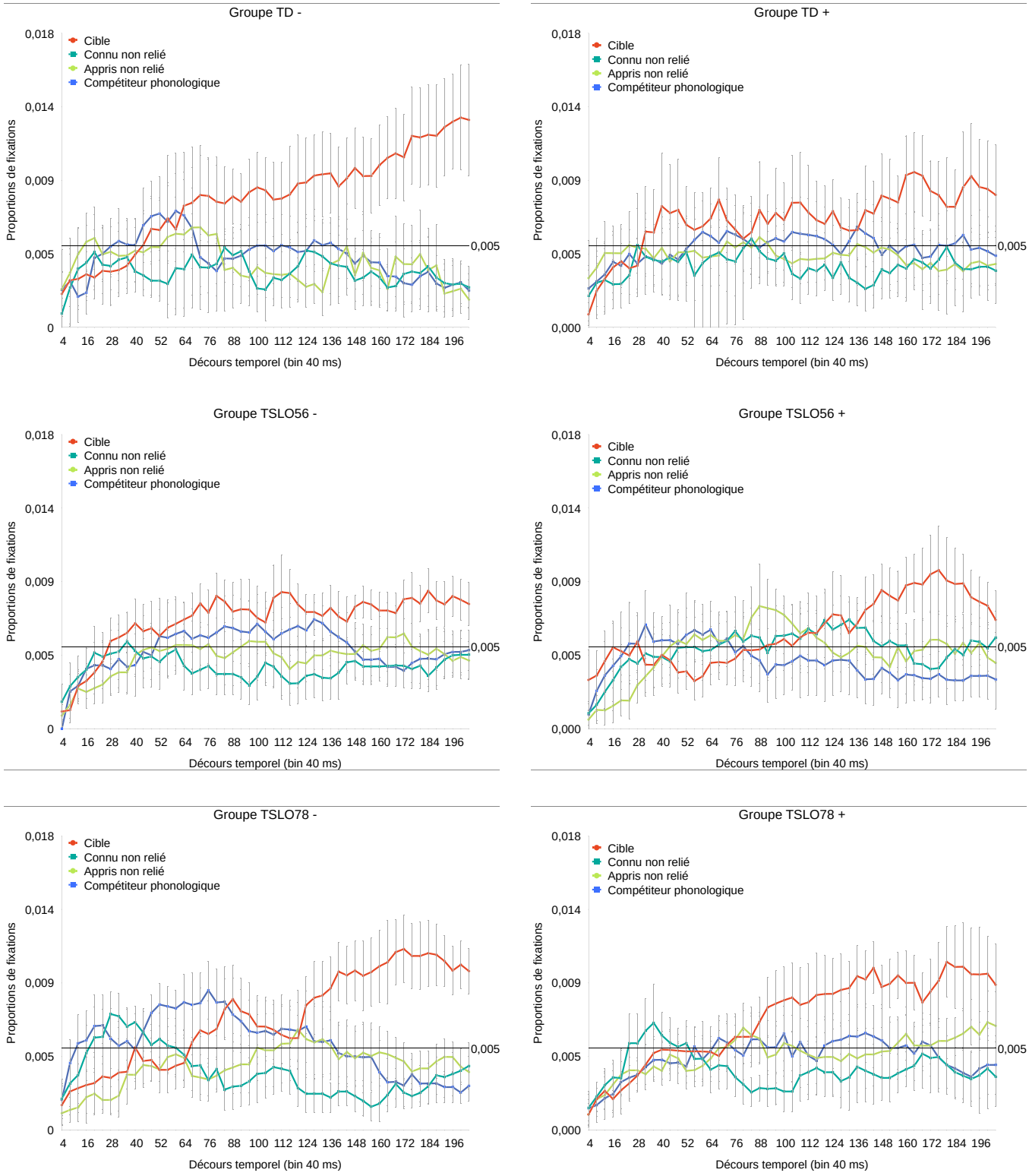


Figure 21. Proportions de fixations en fonction du décours temporel pour les différents groupes de participants, en fonction de la condition d'apprentissage, lexical (à gauche) et enrichi (à droite), étude 2.

Résumé des résultats du Chapitre 3 : Fast Mapping et Monde visuel (4 images)				
TSLO-56 vs TSLO-78 vs TD-56 Apprentissage + vs -		Fenêtre 1 [200 - 1000 ms]	Fenêtre 2 [1000 - 2000 ms]	Données transformées (*TimeBin*)
Etude 2 Similarité phonologique	**Résultats**	Appr. lexical : cible, compétiteur > non reliés	cible > compétiteur, non reliés	Apprentissage lexical : 760 ms*, *pd*** 1360 ms
		Appr. enrichi : ns		Apprentissage enrichi : 1240 ms, *pd* 1440 ms
	Résultats à titre indicatif			Apprentissage lexical TSLO56 - : 1160 ms, sans *pd* TSLO78 - : 1240 ms, *pd* 1680 ms TD - : 840 ms, *pd* 1440 ms
				Apprentissage enrichi TSLO56 + : 1600 ms, *cpp* ns# TSLO78 + : 840 ms, cible et compétiteur > non reliés TD + : 1360 ms, *pd* 1600 ms

* effet principal du type d'images significatif à $p < .05$
** *pd* : point de divergence entre les proportions sur la cible et les trois autres distracteurs (*cpp* : $p < .05$)
# *cpp* ns : les tests de comparaisons par paires n'étaient pas significatifs

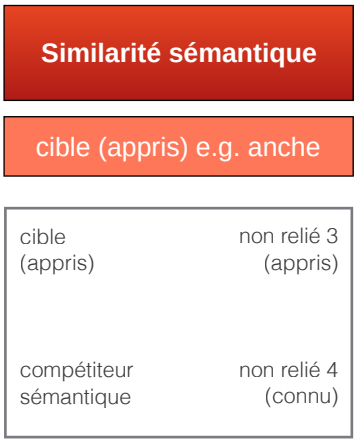
Discussion

Dans un premier temps, les résultats globaux de la fenêtre 2 concernant les durées de fixation indiquaient que l'image cible avait été correctement appariée au mot appris entendu par l'ensemble des individus. Les nouveaux mots semblent avoir été encodés par les enfants avec TSLO autant que par leurs pairs, et ce quel que soit leur âge, aucun élément statistiques ne mettant en avant un effet du groupe. Ces résultats sont en faveur de notre hypothèse formulée précédemment concernant le déficit d'apprentissage de nouveaux mots dans les TSLO : ce déficit n'apparaît pas avec le paradigme du monde visuel bien que les résultats à la tâche de décision lexicale aient mis en évidence de faibles capacités de reconnaissance des nouveaux mots pour le groupe de jeunes patients (TSLO56). L'appariement des mots et de leurs référents imagés est possible sans passer par la modalité orale et confirme l'encodage de nouvelles représentations lexicales malgré la pathologie. Ces résultats particulièrement intéressants seront discutés dans la suite du propos.

Par ailleurs, l'analyse de la première fenêtre temporelle a montré des résultats inattendus. La condition d'apprentissage sémantique semble en effet avoir influencé le comportement visuel des enfants : ceux ayant reçu des informations complémentaires lors de l'encodage des nouveaux mots

ont en effet observé indifféremment les quatre images durant la première seconde de visualisation. Les autres groupes pour lesquels la condition d'apprentissage était lexicale, ont présenté des durées de fixation entre 200 et 1000 ms supérieures sur la cible et le compétiteur phonologique, au détriment des distracteurs non reliés. Les durées étaient également équivalentes sur ces deux types d'images (appris et connu relié), signe d'un effet de compétition phonologique pour ces participants. Ainsi, les enfants des groupes Apprentissage - ont présenté une sensibilité à la similarité phonologique qui n'a pas été mise en évidence chez les enfants des groupes Apprentissage +. Cela suppose l'existence de représentations phonologiques de meilleure qualité et mieux spécifiées lors de l'encodage lexical, présentant le mot de manière isolée. La création de nouvelles représentations phonologiques a pu être moins robuste lorsque des informations syntaxiques et sémantiques supplémentaires ont été fournies lors de la phase d'encodage. L'analyse du décours temporel a confirmé l'absence de compétition phonologique dans les groupes Apprentissage +, les proportions de fixations étant équivalentes sur la cible, le compétiteur et le distracteur appris non relié jusqu'à 1440 ms. Les enfants pour lesquels l'apprentissage des mots était uniquement lexical ont davantage fixé la cible et le compétiteur à partir de 840 ms, et l'effet de similarité phonologique a perduré jusqu'à 1360 ms environ.

En conclusion, les capacités d'apprentissage des enfants avec TSLO ont été mises en évidence via le paradigme oculométrique lorsque l'expression verbale et la prise de décision n'ont pas été sollicitées, contrairement à la tâche de décision lexicale. De plus, l'influence de la condition d'apprentissage n'a pas pu être observée à l'épreuve de décision lexicale tandis qu'un effet délétère de l'encodage enrichi en informations syntaxiques et sémantiques était relevé à travers l'analyse des mouvements oculaires, et ce pour tous les groupes. Une sensibilité à la similarité phonologique était en outre retrouvée chez les enfants ayant bénéficié de l'apprentissage lexical, reflétant l'utilisation des représentations phonologiques nouvellement encodées.



Les enfants ont, dans cette phase expérimentale, entendu le mot nouvellement appris et visualisé quatre images, dont un compétiteur familier et proche du mot cible sur le plan sémantique. Lors de l'apprentissage des nouveaux mots, rappelons que les informations concernant l'usage des nouveaux objets et leur contexte d'utilisation ont été apportées aux participants du groupe bénéficiant de l'apprentissage enrichi. Les compétiteurs sémantiques utilisés étaient des objets familiers rencontrés dans un contexte environnemental similaire (e.g. spi/vague) ou dont l'utilisation au quotidien était également proche (e.g. nasse/cage). L'hypothèse de l'existence d'une sensibilité à la similarité sémantique chez les enfants ayant reçu l'apprentissage enrichi, comparativement aux participants ayant reçu un apprentissage uniquement lexical, était ainsi testée. Des durées et des proportions de fixations équivalentes sur les cibles et les compétiteurs étaient attendues pour les enfants du groupe Apprentissage enrichi (+), tandis que les participants pour lesquels l'apprentissage était lexical (-) étaient susceptibles de distinguer plus rapidement la cible des distracteurs, sans présenter d'attirance particulière vers le compétiteur sémantique.

De plus, des comportements exploratoires différents entre les groupes étaient également recherchés. Nous supposions que les enfants avec TSLO bénéficieraient des connaissances sémantiques pour approfondir l'encodage des nouveaux mots en mémoire. Toutefois, la faible capacité à établir des liens sémantiques entre les nouveaux concepts, documentée dans les TSLO, nous laissait supposer que l'effet de compétition sémantique pourrait être moins marqué dans les groupes TSLO+ comparativement à l'effet attendu chez les enfants au développement typique (TD+).

Un effet de l'âge pourrait être également mis en évidence entre les groupes TSLO56 et TSLO78 si l'hypothèse d'une amélioration de la qualité des représentations avec l'âge était vérifiée. Les participants dont l'âge lexical est plus élevé pourraient ainsi tirer les bénéfices d'un stock lexical davantage fourni pour la création de nouvelles représentations en mémoire.

Résultats

Fenêtre 1

Pour cette première fenêtre d'analyse, indiquant que les participants ont regardé différemment les quatre images entre 200 et 1000 ms de la phase de visualisation, $F(2.172,160.698) = 10.564$, $p < .001$, $\eta^2 = .125$. Le test de comparaisons multiples de Bonferroni a confirmé que les images cibles (correspondant aux mots appris) étaient significativement plus longtemps fixées que les trois autres distracteurs (cibles vs connu non relié : $p < .001$; cible vs appris non relié : $p = .001$; cible vs compétiteur sémantique : $p = .001$). Aucun autre effet de groupe n'a été retrouvé.

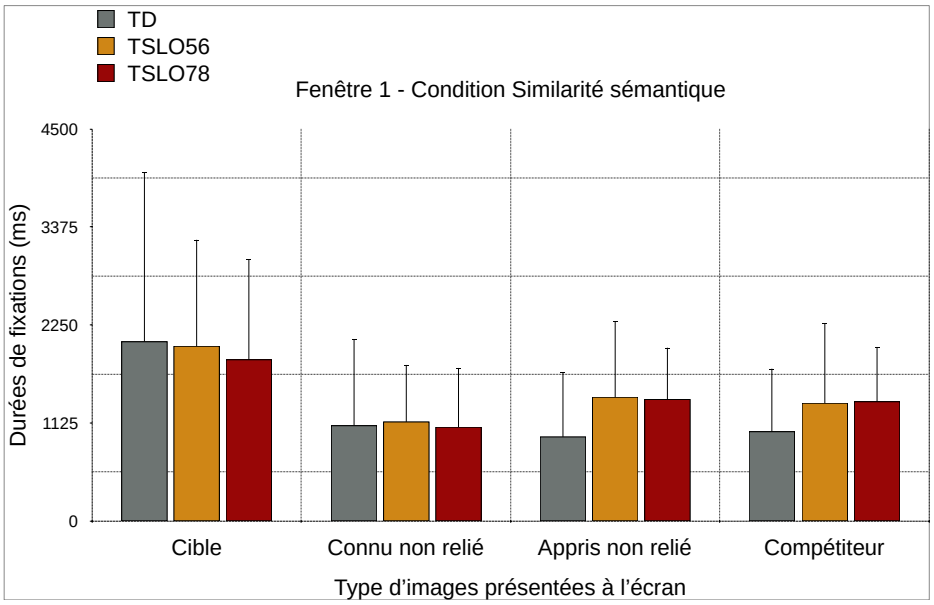


Figure 22. Durées de fixation entre 200 ms et 1000 ms sur les différents types d'image pour les trois groupes de participants (étude 3).

Fenêtre 2

Le test de comparaison par paires a montré que l'image cible était fixée significativement plus longtemps que les trois autres images ($p < .001$), indépendamment de leur relation avec le mot appris

entendu, $F(1.796,132.941) = 30.946$, $p < .001$, $\eta^2 = .295$. Aucune interaction n'était significative entre le type d'images, le facteur groupe et la condition d'apprentissage.

Décours temporel et analyse des BIN 40 ms

L'analyse des proportions de fixations pour chaque intervalle de temps durant la phase de visualisation a mis en évidence des interactions Groupe x Type d'images significatives au cours de deux périodes : entre 1400 et 1560 ms, BIN 140 : $F(5.484,202.901) = 2.256$, $p = .045$, $\eta^2 = .057$ et entre 1880 et 1920 ms, BIN 188 : $F(5.374,198.837) = 2.668$, $p = .02$, $\eta^2 = .067$. L'analyse des comportements exploratoires pour chaque groupe a donc été effectuée.

- *Groupe TSLO56* : Des effets principaux du type d'images étaient significatifs au cours de certaines périodes du décours temporel (i.e. durant deux bins consécutifs). Dans un premier temps, les effets étaient significatifs entre 1280 et 1320 ms, BIN 128 : $F(3,51) = 3.395$, $p = .025$, $\eta^2 = .166$, néanmoins le test de comparaison par paires ne mettait pas en évidence de différence significative entre les proportions de fixations sur chaque image. Ensuite, dès 1680 ms, les participants TSLO56 ont à nouveau observé différemment les images, BIN 168 : $F(3,51) = 3.486$, $p = .022$, $\eta^2 = .17$ (également BINs 172, 180, 184, 200). Certaines différences apparaissaient significatives entre les proportions de fixations sur la cible et les distracteurs familiers (e.g. BIN 172, cible vs compétiteur : $p = .02$; BIN 184, cible vs connu non relié : $p = .029$), sans retrouver de point de divergence cependant. Les proportions sur la cible étaient en effet non significativement différentes des proportions sur le distracteur appris non relié tout au long du décours temporel ($p = .1$).

En résumé, les jeunes patients ont porté leur attention sur l'ensemble des informations présentes à l'écran, sans être attirés durablement sur la cible au détriment des distracteurs. Davantage de mouvements oculaires étaient néanmoins retrouvés sur l'image cible en fin de visualisation.

- *Groupe TSLO78* : Environ 760 ms après le début du mot, ces enfants ont porté leur regard différemment sur les quatre images, BIN 76 : $F(3,60) = 3.061$, $p = .035$, $\eta^2 = .133$ (compétiteur vs connu non relié : $p = .016$). Ils ont observé l'image cible au détriment d'un premier distracteur à partir de 1160 ms (BIN 116, cible vs connu non relié : $p = .018$), puis d'un second distracteur vers 1280 ms (BIN 128, cible vs appris non relié : $p = .036$). En revanche, le point de divergence est

survenu tardivement, à la fin de la phase de visualisation (BIN 192, cible vs connu non relié : p = .007 ; cible vs appris non relié : p = .037 ; cible vs compétiteur : p = .001).

Les regards des enfants avec TSLO âgés ont été plus importants sur la cible à partir de la deuxième seconde de visualisation. Un effet de compétition sémantique existait entre 1280 et 1920 ms, avec des proportions de fixations équivalentes sur l'image cible et l'image sémantiquement proche du mot appris entendu.

- *Groupe TD* : Chez les enfants contrôles, l'effet principal du type d'images était significatif dès 680 ms après le début du mot, BIN 68 : $F(3,111) = 5.038$, $p = .003$, $\eta^2 = .12$ (cible vs compétiteur : p = .039 ; cible vs connu non relié : p = .031). Pour ce groupe, le point de divergence entre les proportions sur la cible et les proportions sur les trois distracteurs survenait à 840 ms (BIN 84, cible vs connu non relié : p = .005 ; cible vs appris non relié : p = .01 ; cible vs compétiteur : p = .017), de manière durable jusqu'à la fin de l'affichage visuel.

Enfin, les enfants au développement typique ont distingué la cible nettement plus tôt que les enfants avec TSLO, soit 840 ms après le début du mot parlé. Aucun effet de compétition n'était mis en évidence pour ce groupe de participants.

Afin d'observer des différences entre les conditions d'apprentissage (lexical ou enrichi), des analyses complémentaires des proportions de fixations pour chaque groupe selon le type d'apprentissage reçu ont été proposées à titre indicatif.

- *Groupe TSLO56 -* : Dans un premier temps, la proportion de fixations sur l'image connue non reliée était inférieure aux proportions sur les autres images, BIN 116 : $F(3,27) = 3.296$, $p = .036$, $\eta^2 = .268$ (cible vs connu non relié : p = .018). L'effet était significatif jusque 1320 ms, puis à nouveau vers 1800 ms, BIN 180 : $F(3,27) = 5.758$, $p = .004$, $\eta^2 = .39$ (cible vs connu non relié : p = .045 ; cible vs compétiteur : p = .003). Dans cette seconde période, les images connues étaient en proportion moins fixées que les autres. Notons que les deux images correspondant aux mots nouvellement appris étaient fixées de manière équivalente tout au long de la phase de visualisation (cible vs appris non relié : p = .6).
- *Groupe TSLO56 +* : Aucun effet principal du type d'images n'était mis en évidence pour le groupe de participants avec TSLO ayant reçu un apprentissage enrichi en informations

sémantiques. Ces enfants ont donc observé les items visuels de manière équivalente sans distinguer la cible ou le compétiteur sémantique.

En résumé, les enfants avec TSLO de 5 et 6 ans n'ont pas reconnu la cible lorsqu'ils ont reçu un apprentissage enrichi tandis que les participants du groupeTSLO56 - ont davantage observés les images nouvellement apprises, sans distinguer la cible non plus.

- *Groupe TSLO78 -* : Les enfants avec TSLO ayant reçu un apprentissage lexical ont significativement observé l'image cible à partir de 1320 ms, BIN 132 : $F(3,30) = 6.899$, $p = .001$, $\eta^2 = .408$. Le test de comparaisons par paires mettait en évidence des proportions de fixations sur la cible supérieures aux proportions sur l'image connue non reliée (BIN 132, cible vs connu non relié : $p < .001$). Toutefois, les proportions de fixations étaient similaires sur la cible, le compétiteur sémantique et le distracteur appris non relié, et ce, pendant les deux secondes de visualisation. Aucun point de divergence n'était donc mis en évidence
- *Groupe TSLO78 +* : Un effet significatif de type d'images était retrouvé tardivement chez ce groupe de participants, à partir de 1760 ms, BIN 176 : $F(3,30) = 3.415$, $p = .03$, $\eta^2 = .255$. Le test de Bonferroni relevait des différences significatives entre les proportions sur la cible au détriment des images familières vers 1840 ms (BIN 184, cible vs compétiteur : $p = .029$; BIN 188, cible vs connu non relié : $p = .004$).

Les participants avec TSLO plus âgés ont porté leur attention sur l'image cible sans toutefois la distinguer nettement des trois autres images distractrices tout au long du décours temporel.

- *Groupe TD -* : Les enfants de ce groupe ont significativement orienté leur regard sur l'image cible au détriment des distracteurs, l'effet principal était significatif à partir de 840 ms, BIN 84 : $F(3,51) = 3.699$, $p = .017$, $\eta^2 = .179$. Le point de divergence survenait à 1040 ms (BIN 104, $p = .004$: cible vs connu non relié, cible vs appris non relié, cible vs compétiteur).
- *Groupe TD +* : L'effet principal était significatif à partir de 1200 ms, BIN 120 : $F(3,60) = 6.187$, $p = .001$, $\eta^2 = .236$. Toutefois, les proportions de fixations n'étaient pas durablement différentes entre les images, ne permettant pas de retrouver un point de divergence au cours de décours temporel. Les enfants au développement typique ayant bénéficié d'apports sémantique durant l'encodage des nouveaux mots n'ont pas significativement porté leur attention sur l'image cible.

Les enfants contrôles ayant eu une condition d'encodage lexical, ont bien apparié le mot cible à l'image dès la deuxième seconde de visualisation, contrairement au groupe TD +.

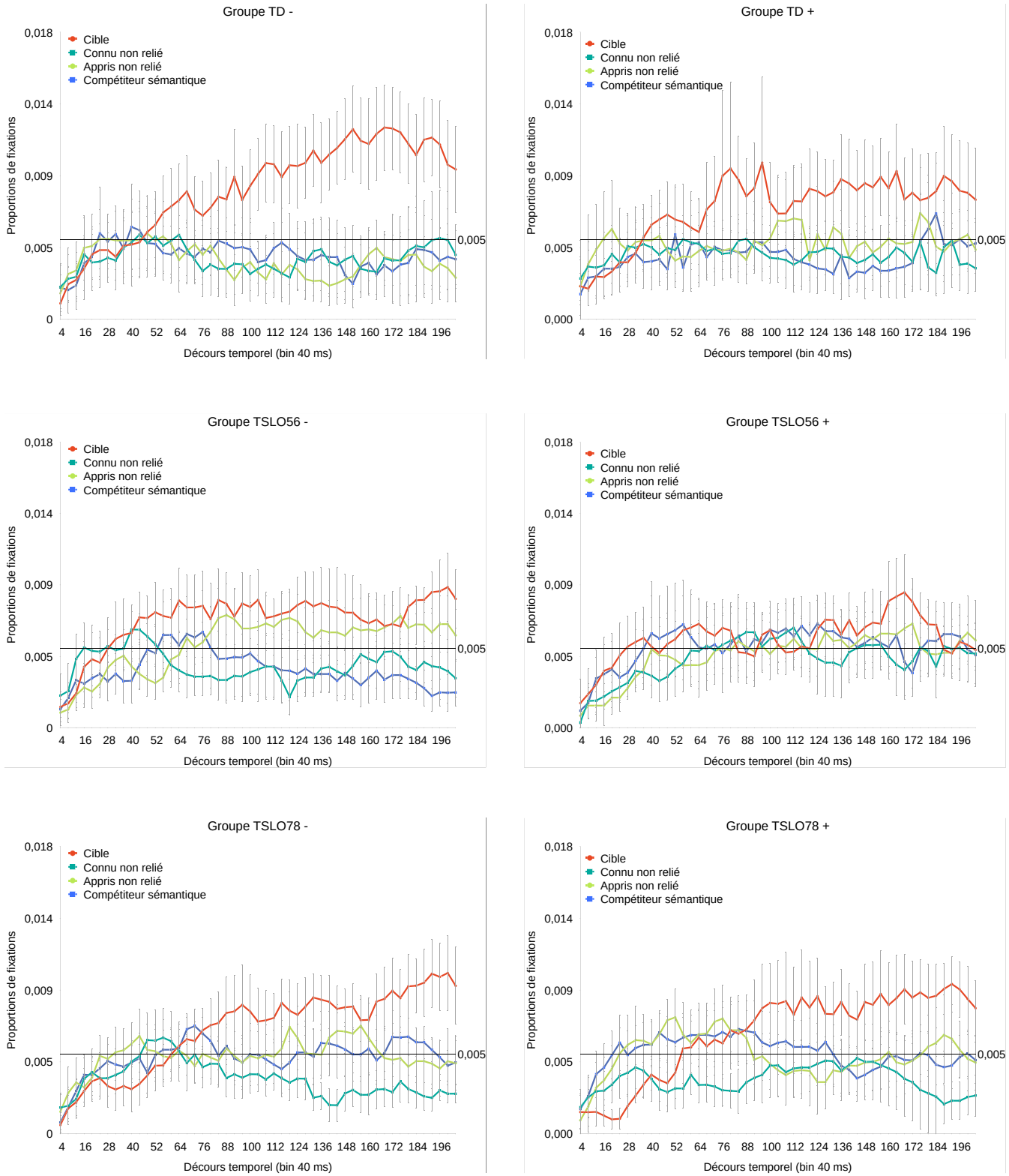


Figure 23. Proportions de fixations en fonction du décours temporel pour les différents groupes de participants, en fonction de la condition d'apprentissage, lexical (à gauche) et enrichi (à droite), étude 3.

Résumé des résultats du Chapitre 3 : Fast Mapping et Monde visuel (4 images)				
TSLO-56 vs TSLO-78 vs TD-56 Apprentissage + vs -		Fenêtre 1 [200 - 1000 ms]	Fenêtre 2 [1000 - 2000 ms]	Données transformées (*TimeBin*)
Etude 3 Similarité sémantique	**Résultats**	cible > compétiteur, non reliés	cible > compétiteur, non reliés	TSLO56 : 1280 ms* et à 1680 ms, sans *pd***
				TSLO78 : 760 ms, *pd* 1920 ms
				TD : 680 ms, *pd* 840 ms
	Résultats à titre indicatif			Apprentissage lexical TSLO56 - : 1160 ms, sans *pd* TSLO78 - : 1320 ms, sans *pd* TD - : 840 ms, *pd* 1040 ms
				Apprentissage enrichi TSLO56 + : ns TSLO78 + : 1760 ms, sans *pd* TD + : 1200 ms, sans *pd*

* effet principal du type d'images significatif à $p < .05$
** *pd* : point de divergence entre les proportions sur la cible et les trois autres distracteurs (*cpp* : $p < .05$)
# *cpp* ns : les tests de comparaisons par paires n'étaient pas significatifs

Discussion

Les regards de l'ensemble des participants se sont dirigés vers l'image correspondante au mot entendu, dès la première seconde et jusqu'à la fin des deux secondes de visualisation : les durées étaient en effet significativement plus importantes sur la cible au détriment des trois distracteurs. Aucun effet des facteurs groupe et apprentissage n'était mis en évidence lors de l'analyse des sommes des durées de fixation au cours des deux fenêtres d'intérêt. Les mots nouvellement appris auraient donc été correctement reconnus et appariés aux images correspondantes par les enfants avec et sans TSLO. A nouveau, cela confirme le biais possible de la production verbale des tâches classiques et infirme l'hypothèse d'un déficit d'apprentissage de nouveaux mots dans les TSLO dans la littérature du fast mapping. Néanmoins, l'analyse des données plus fines suivant le décours temporel a permis de relever des différences dans le traitement en temps réel des enfants en fonction de la pathologie et de l'âge.

L'appariement mot/image est survenu plus tôt au cours du décours temporel chez les enfants TD (pendant la fenêtre 1) tandis que les enfants avec TSLO, quel que soit leur âge, ont tardé à porter leur attention visuelle sur l'image cible (fin de fenêtre 2). Chez les enfants contrôles, aucun effet de compétition n'était remarqué car le compétiteur a été évité au profit de l'image cible, rapidement après

la présentation du mot parlé (vers 680 ms). Les nouveaux mots ont donc été appris par les enfants contrôles ; l'effet attendu de la condition d'encodage (lexical ou sémantique) n'était toutefois pas retrouvé. Les participants ayant bénéficié d'un apprentissage enrichi en connaissances sémantiques ne semblent pas avoir été particulièrement sensibles à la présence du compétiteur sémantique. En revanche, les différences notées entre les deux groupes de TSLO indiquaient l'existence d'un effet de similarité sémantique chez les individus plus âgés et l'absence de compétition chez les participants plus jeunes. Les premiers ont en effet été attirés par les stimuli partageant des caractéristiques conceptuelles communes, sans parvenir à distinguer la cible du compétiteur avant 1920 ms. Aucun effet du type d'apprentissage reçu n'était retrouvé pour ce groupe, mais il serait étonnant que les patients ayant reçu l'apprentissage lexical aient été sensibles à des informations sémantiques et conceptuelles dont ils n'ont pas bénéficié, contrairement à leurs pairs du groupe TSLO78 +.

Les enfants TSLO de 5 et 6 ans ont, quant à eux, observé l'ensemble des images dans un premier temps, puis ils ont porté leur attention sur les images nouvellement apprises. L'appariement du mot entendu et de son référent visuel n'a donc pas été effectif, les jeunes patients semblant hésiter entre les deux images nouvellement apprises (cible et distracteur appris non relié). Les représentations lexicales des stimuli familiers ont vraisemblablement été activées lors de la pré-visualisation des images, mais pas de manière optimale pour les nouveaux stimuli. Aucun effet du type d'apprentissage reçu n'apparaissait dans l'analyse, une observation des comportements par groupe et condition d'encodage apportait cependant un complément d'informations : il s'agissait principalement des participants du groupe TSLO56 -, ceux du groupe TSLO56+ semblent avoir observé les quatre images de manière équivalente durant les deux secondes de visualisation.

Dans cette manipulation dite contrôle, les enfants ont entendu un non-mot puis visualisé quatre images parmi lesquelles deux étaient assimilées à des compétiteurs phonologiques, le compétiteur 1 correspondant à l'image du mot appris et le compétiteur 2 à l'image du mot connu. Cette étude visait principalement à examiner la qualité des représentations phonologiques élaborées lors du fast mapping. La pré-visualisation des compétiteurs devrait permettre l'activation des candidats lexicaux et la présentation d'un stimulus auditif non significatif devrait influencer les comportements visuels exploratoires des enfants au développement typique. Le non-mot étant phonologiquement proche de deux objets présents à l'écran (appris et connu reliés), les regards des participants TD pourraient être attirés de manière équivalente vers les compétiteurs, au détriment des images non reliées. Concernant les enfants avec TSLO, si l'hypothèse d'une moindre spécification des représentations phonologiques nouvellement créées est vérifiée, des durées de fixation équivalentes sur les quatre images devraient être retrouvées.

Résultats

Fenêtre 1

Une interaction entre le type d'images, le facteur groupe et le type d'apprentissage reçu était significative dans la première fenêtre d'analyse, $F(5.245,194.058) = 3.091$, $p = .009$, $\eta^2 = .077$. L'analyse des données pour chaque groupe en fonction des conditions d'apprentissage a de ce fait été réalisée, montrant des comportements visuels différents pour les six groupes de participants.

- *Groupe TSLO56 -* : Les durées de fixation n'étaient pas différentes durant la première seconde de visualisation pour le groupe de jeunes enfants avec TSLO pour lesquels l'apprentissage était

lexical, F(3,27) = 2.776, p = .06, η^2 = .236. La tendance indiquait néanmoins que l'image apprise non reliée au non-mot sur le plan phonologique, était moins fixée que les autres.

- *Groupe TD -* : Ces enfants ont fixé différemment les images après avoir entendu le non-mot, F(2.207,37.153) = 6.218, p = .004, η^2 = .268. Les durées de fixation étaient plus longues sur les images nouvellement apprises (connu relié : M = 871 ms, appris relié : M = 1669 ms ; connu non relié : M = 851 ms, appris non relié : M = 1361 ms), cela étant confirmé par le test de comparaisons multiples de Bonferroni (appris relié vs connu relié : p = .003 ; appris relié vs connu non relié : p = .014 ; appris non reliée vs connu non relié : p = .024).
- *Groupes TSLO78 - et TSLO78 +* : Les enfants plus âgés, souffrant de TSLO et ayant bénéficié d'une condition d'apprentissage lexical ont observé les quatre images de manière similaire (F(2.409,24.094) = 1.413, p = .264), de même que les enfants pour lesquels l'apprentissage était enrichi sur le plan sémantique (F < 1).
- *Groupe TSLO56 +* : Lorsque les enfants ont reçu un apprentissage enrichi, les durées de fixation étaient également équivalentes sur les différentes images (F < 1).
- *Groupe TD +* : Enfin, les enfants TD ayant bénéficié de la condition apprentissage enrichi ont observé les images de manière similaire durant la première seconde de visualisation (F(3,60) = 1.687, p = .179).

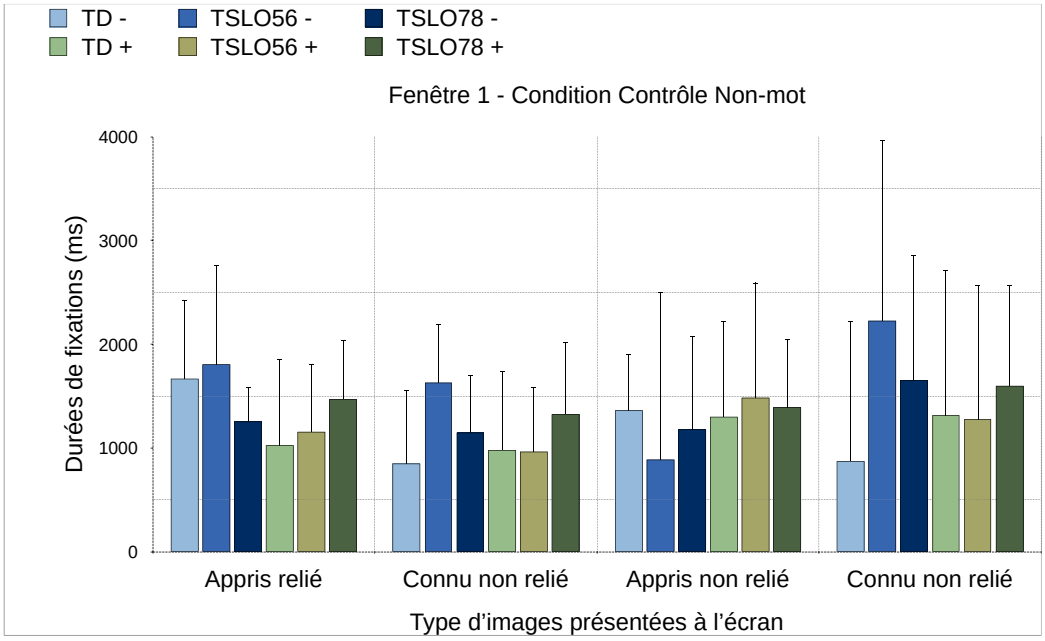


Figure 24. Durées de fixation entre 200 ms et 1000 ms sur les différents types d'image, pour les six groupes de participants (étude 4).

Globalement, les participants ayant reçu un apprentissage enrichi sur le plan sémantique n'ont pas été attiré par les stimuli phonologiquement reliées aux non-mots entendus. Parmi les groupes Apprentissage -, seuls les enfants contrôles ont observé les stimuli nouvellement appris à l'écoute du non-mot.

Fenêtre 2

Aucune interaction Groupe x Apprentissage x Type d'images ($F < 1$) n'était significative. Toutefois, il existait des tendances pour l'interaction entre la condition d'apprentissage et le type d'images, $F(2.61,193.152) = 2.634$, $p = .059$, $\eta^2 = .034$, et pour l'interaction entre le groupe et le type d'images, $F(5.22,193.152) = 1.94$, $p = .086$, $\eta^2 = .05$.

L'image apprise phonologiquement reliée au non-mot était durablement fixée comparativement aux images correspondant à des mots connus (appris relié vs connu non relié : $p = .003$; appris relié vs connu relié : $p = .022$; appris relié vs appris non relié : $p = .184$), et ce, pour l'ensemble des participants, $F(2.61,193.152) = 3.954$, $p = .013$, $\eta^2 = .051$.

Etant donné les tendances observées, l'analyse des comportements exploratoires en fonction du type d'apprentissage reçu a été réalisée pour chaque groupe d'enfants à titre informatif.

- *Groupes TSLO56 - et TSLO78 -* : Les enfants avec TSLO n'ayant pas bénéficié de l'apprentissage sémantique ont observé indifféremment les quatre types d'images, les plus jeunes participants ($F(3,27) = 2.099$, $p = .124$), comme les plus âgés ($F < 1$).
- *Groupe TD -* : Des durées de fixation sur l'image apprise phonologiquement reliée au non-mot étaient plus élevées que les durées sur les images familières (appris relié vs connu non relié : $p = .005$; appris relié vs connu relié : $p = .01$; appris relié vs appris non relié : $p = .059$), $F(3,51) = 4.329$, $p = .009$, $\eta^2 = .203$.

Lorsque l'apprentissage reçu était lexical, les enfants avec TSLO n'ont pas été attiré par un stimuli en particulier, contrairement aux enfants contrôles qui ont porté leur attention sur l'image phonologiquement proche du non-mot, et nouvellement apprise (comme pour la fenêtre 1).

- *GroupeTSLO56 +* : Les regards des jeunes enfants avec TSLO ayant reçu un apprentissage enrichi ont été équivalents sur les différents stimuli visuels ($F < 1$).

- *Groupe TSLO78 +* : Les enfants avec TSLO âgés ont, quant à eux, porté leur attention sur l'image apprise non reliée, $F(3,30) = 3.149$, $p = .039$, $\eta^2 = .239$, au détriment de l'image familière phonologiquement reliée au non-mot entendu (appris non relié vs connu relié : $p = .023$).
- *Groupe TD +* : Les durées de fixation durant la seconde fenêtre temporelle étaient similaires sur les différents types d'images pour les enfants TD ayant bénéficié d'un apprentissage enrichi en connaissances sémantiques ($F(3,60) = 2.442$, $p = .073$).

En résumé, seuls les participants âgés souffrant de TSLO, ont été tardivement attirés par l'image apprise non reliée au non-mot entendu dans cette seconde fenêtre d'intérêt.

Décours temporel et analyse des BIN 40 ms

Aucune interaction n'était significative entre les facteurs groupe, apprentissage et type d'images lors de l'analyse des proportions de fixations sur chaque intervalle de temps. En revanche, il existait des interactions Condition d'apprentissage x Type d'images entre 200 et 360 ms, BIN 20 : $F(3,222) = 2.991$, $p = .032$, $\eta^2 = .039$, permettant une analyse plus détaillée des proportions de fixation sur les images, selon le type d'apprentissage reçu.

- *Apprentissage -* : Pour les groupes ayant reçu un apprentissage uniquement lexical, il existait un effet d'interaction avec le facteur groupe à 1000 ms, BIN 100 : $F(6,108) = 2.351$, $p = .036$, $\eta^2 = .116$. Les trois groupes de participants ont donc eu des comportements exploratoires différents.
    - *Groupe TSLO56 - :* Les participants ont différemment observé les images sur quelques intervalles de temps, de manière inconstante durant le décours temporel à partir de 960 ms [BINs 96, 100, 104, 120, 124 et 128 : $p < .05$]. Le test de Bonferroni ne mettait pas en évidence d'image plus fixée qu'une autre.
    - *Groupe TSLO78 -* : Les différences entre les proportions de fixation étaient différentes selon les images, uniquement entre 1120 et 1160 ms pour ce groupe d'enfants, BIN 112 : $F(3,30) = 3.787$, $p = .02$, $\eta^2 = .275$. L'image apprise reliée était, au cours de ce laps de temps, plus fixée que l'image connue non reliée (BIN 116, appris relié vs connu non relié : $p = .024$).
    - *Groupe TD - :* Entre 1440 et 1960 ms, les proportions de fixations sur l'image apprise, phonologiquement reliée au non-mot, était supérieures à celles sur l'image connue et non reliée, BIN 144 : $F(3,27) = 2.853$, $p = .046$, $\eta^2 = .144$ (BIN 152, appris relié vs connu non

relié : p = .032). A partir de 1840 ms, elles étaient également supérieures au distracteur appris non relié (BIN 184, appris relié vs connu relié : p = .021 ; appris relié vs appris non relié : p = .02). Le test des comparaisons multiples ne mettaient pas d'autres différences significatives entre les proportions sur les autres images.

En résumé, aucun point de divergence n'était retrouvé entre les proportions de fixations sur les différentes images. Les enfants contrôles (TD -) ont davantage porté leur attention sur le stimuli appris relié.

- *Apprentissage +* : Pour les participants ayant bénéficié d'un enrichissement sémantique pendant la phase d'apprentissage, aucune interaction n'était significative. L'effet principal du type d'images existait à partir de 200 ms, jusqu'à 680 ms, BIN 20 : $F(3,114) = 2.701$, $p = .049$, $\eta^2 = .066$. Le test de Bonferroni mettait en évidence des proportions significativement différentes entre l'image correspondant au mot appris phonologiquement relié et les distracteurs non reliés au non-mot (BIN 24, appris relié vs connu non relié : p = .029 ; BIN 28, appris relié vs appris non relié : p = .002), au détriment des derniers. Les enfants ont donc porté leur attention vers les images similaires au stimulus verbal, précocement au cours du décours temporel, puis les quatre informations visuelles ont été fixées de manière équivalente.

En complément d'information et malgré l'absence d'interaction significative entre le facteur groupe et la condition d'apprentissage, l'analyse de chaque groupe de participants a été réalisée.

- *Groupe TSLO56 + :* Les comportements visuels étaient similaires sur les images pour chaque intervalle de temps.
- *Groupe TSLO78 + :* Les enfants de ce groupe ont observé différemment les quatre images au cours de deux intervalles de temps. Dans un premier temps, entre 0 et 440 ms, puis à partir de 1720 ms, les proportions sur l'image apprise non phonologiquement reliée étaient plus élevées que celles sur l'image connue reliée, BIN 172 : $F(3,30) = 3.091$, $p = .042$, $\eta^2 = .236$ (connu relié vs appris non relié : p = .019).
- *Groupe TD +* : Les enfants ont porté leur regard de manière équivalente sur l'ensemble des images jusque 480 ms, BIN 48 : $F(3,24) = 3.53$, $p = .02$, $\eta^2 = .15$ et après 640 ms. Les proportions étaient significativement plus élevées sur l'image apprise non reliée au

détriment des images connues (BIN 48, appris non relié vs connu non relié : $p = .019$; appris non relié vs connu relié : $p = .019$). Les proportions étaient différentes dans un second temps, entre 1400 et 1600 ms, BIN 140 : $F(3,24) = 4.581$, $p = .006$, $\eta^2 = .186$. Le test de comparaisons par paires ne mettait toutefois pas en évidence de différence significative entre les proportions sur les différentes images durant cette fenêtre d'intérêt.

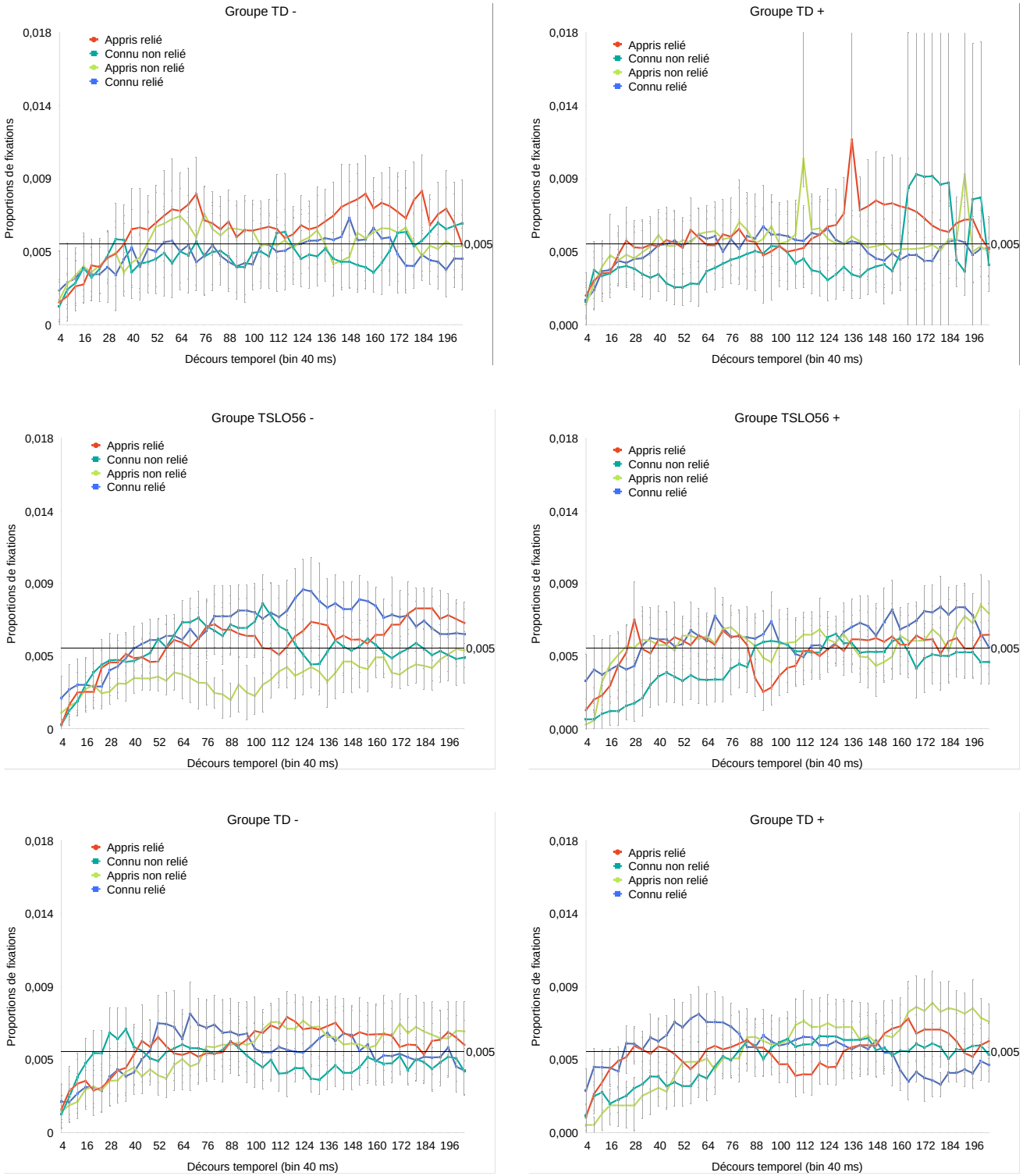


Figure 25. Proportions de fixations en fonction du décours temporel pour les différents groupes de participants, en fonction de la condition d'apprentissage, lexical (à gauche) et enrichi (à droite), étude 4.

Résumé des résultats du Chapitre 3 : Fast Mapping et Monde visuel (4 images)				
TSLO-56 vs TSLO-78 vs TD-56 Apprentissage + vs -		Fenêtre 1 [200 - 1000 ms]	Fenêtre 2 [1000 - 2000 ms]	Données transformées (*TimeBin*)
Etude 4 Contrôle Non-mot	**Résultats**	Apprentissage lexical TSLO56 - : ns TSLO78 - : ns TD - : appris relié > appris non relié > 2 connus	appris relié > connu relié, 2 non reliés	Apprentissage lexical TSLO56 - : 960 ms*, *cpp* ns# TSLO78 - : [1120 - 1160 ms] appris relié > connu non relié, sans *pd*** TD - : [1440 - 1960 ms], appris relié > appris non relié > 2 connus, sans *pd*
		Apprentissage enrichi TSLO56 + : ns TSLO78 + : ns TD + : ns		Apprentissage enrichi [200 - 680 ms] appris relié > 2 non reliés
	Résultats à titre indicatif		Apprentissage lexical TSLO56 - : ns TSLO78 - : ns TD - : appris relié > 2 connus	
			Apprentissage enrichi TSLO56 + : ns TSLO78 + : appris non relié > connu relié TD + : ns	Apprentissage enrichi TSLO56 + : ns TSLO78 + : 1720 ms, appris non relié > connu relié TD + : 480 ms, appris non relié > 2 connus

* effet principal du type d'images significatif à $p < .05$
** *pd* : point de divergence entre les proportions sur la cible et les trois autres distracteurs (*cpp* : $p < .05$)
# *cpp* ns : les tests de comparaisons par paires n'étaient pas significatifs

Discussion

Dans cette expérience, la pré-visualisation des images était supposée permettre l'activation des représentations lexicales de deux mots récemment appris et de deux mots connus. En revanche, le stimulus non-mot ne correspondait à aucune image. Seules des caractéristiques phonologiques communes avec un mot appris et un mot connu pouvaient entraîner une attirance visuelle des participants vers l'une ou l'autre des images correspondantes (appris relié et connu relié). L'analyse des durées a cependant mis en évidence des différences en fonction des conditions d'apprentissage et des groupes de participants. Globalement, les enfants ayant bénéficié d'un apprentissage enrichi en informations conceptuelles n'ont pas apparié le non-mot à une image dont l'étiquette lexicale était phonologiquement proche, ni pendant la première seconde de visualisation, ni plus tardivement. L'absence de sensibilité phonologique dans le groupe contrôle en cas d'encodage enrichi laisse

supposer une moindre spécificité des représentations phonologiques des nouveaux concepts ou l'absence d'activation de ces dernières lors de la phase de pré-visualisation.

En outre, l'encodage lexical d'une nouvelle information semble avoir différemment influencé les groupes. Les participants contrôles ont orienté leur attention vers l'image nouvellement apprise, partageant une similarité phonologique avec le non-mot. Les représentations créées ont vraisemblablement été en compétition phonologique avec l'information auditive entrante, pourtant non significative. Aucune compétition n'a été mise en évidence avec le mot connu également relié, ce dernier étant bien familier des enfants. Concernant les enfants présentant des TSLO de 5 et 6 ans, des effets principaux ont été retrouvés significatifs au cours du décours temporel ; toutefois, les comparaisons par paires ne mettaient pas en évidence de préférence marquée pour un stimulus visuel. La lecture des graphes permet néanmoins de relever une tendance à observer l'image connue phonologiquement reliée au non-mot. Enfin, les participants TSLO78- ont porté leur attention durant un court laps de temps sur l'image apprise phonologiquement reliée, mais ont globalement observé les différentes images de manière équivalente.

Discussion du chapitre 3

Quatre études ont été menées afin d'examiner les capacités d'apprentissage de nouveaux mots via le paradigme du fast mapping auprès de trois groupes de participants. Les enfants du groupe contrôle, âgés de 6;6 ans en moyenne, étaient appariés aux enfants avec TSLO âgés de 7 et 8 ans, en fonction de l'âge lexical (estimé à 88 mois), tandis que les jeunes patients dont la moyenne d'âge était de 6 ans, avaient un âge lexical nettement inférieur à celui de leurs pairs au développement typique (estimé à 62 mois). Les performances de chaque groupe à la tâche de décision lexicale et les comportements exploratoires lors de la reconnaissance de mots du PMV ont fait l'objet d'analyses de comparaisons et de corrélations, au regard des capacités de MCT et du vocabulaire réceptif.

1. Liens entre le déficit en MCT et l'apprentissage des mots nouveaux

Notre premier objectif consistait à tester l'hypothèse selon laquelle le déficit en MCT est à l'origine des faibles capacités d'apprentissage des nouveaux mots chez les enfants souffrant de TSLO. Un effet de la pathologie devait être mis en évidence au sein des performances en reconnaissance de nouveaux mots à la tâche de décision lexicale, semblables à celles proposées dans la littérature (Pizzioli, & Schelstraete, 2007; Crosbie, Howard, & Dodd, 2004). Dans notre étude, les groupes appariés sur l'âge lexical (TD et TSLO78) obtenaient des résultats comparables en discrimination (*d'*) de mots connus et appris, tandis que les enfants du groupe TSLO56 étaient significativement moins performants que leurs pairs. Leurs capacités de discrimination et de reconnaissance des mots appris étaient en effet inférieures à celles des deux autres groupes. Toutefois, le nombre de fausses reconnaissances n'étant pas différent entre les trois groupes, les jeunes enfants avec TSLO ont été moins précis car ils ont rejeté davantage de mots réels (i.e. matériel connu ou récemment appris) qu'ils n'ont accepté de non-mots. A cette tâche, le groupe TSLO56 a reconnu moins de mots familiers que les deux autres groupes, mais autant de mots appris que le groupe TSLO78.

Les liens retrouvés entre les performances en répétition phonologique et verbale, en compréhension lexicale et en décision lexicale étaient cohérents avec les études de Gray (2004) et Jackson et al. (2016). Des corrélations positives existaient en effet entre les performances à la répétition de non-mots et les scores en décision lexicale pour les mots appris, uniquement pour le groupe contrôle et le

groupe TSLO56. Pour les enfants au développement typique uniquement, il existait une relation linéaire entre les capacités de répétition de non-mots et les durées de fixation sur le stimulus appris, impliquant que plus le score en RNM était élevé, plus la durée de fixation sur l'image cible était longue. Gray (2006) retrouvait également des corrélations significatives entre l'empan de chiffres et le score de fast mapping en production, uniquement pour le groupe contrôle. Selon l'auteur, la RNM était un prédicteur de la capacité de production en fast mapping (expliquant 7% de la variance), et ce bien qu'aucune corrélation n'ait été retrouvée entre les deux variables. Enfin, aucune corrélation n'était révélée pour les groupes TSLO (études actuelles ; Gray, 2006) contrairement à l'étude d'Alt et al. (2004) révélant une forte relation entre le vocabulaire en réception et les performances en fast mapping d'enfants avec TSLO.

Si les biais relevés dans la littérature du fast mapping, et détaillés dans les chapitres précédents, empêchent, comme nous le prédisions, un examen fiable et complet des capacités d'apprentissage de nouveaux mots, les résultats devaient être différents au paradigme du monde visuel. En évitant de solliciter la modalité de réponse verbale, qui pénalise les enfants présentant des troubles langagiers - particulièrement en cas de déficits expressifs -, nous supposions que les comportements visuels des enfants avec et sans TSLO reflèteraient la reconnaissance effective de l'image référente au mot appris lorsque ce dernier était présenté auditivement (i.e. dans les études 2. Similarité phonologique et 3. Similarité sémantique). En effet, l'analyse des données brutes (durées de fixation) durant les deux secondes de visualisation a mis en évidence un appariement mot/image possible chez les enfants avec TSLO et leurs pairs, reflétant la création d'une nouvelle représentation en mémoire lors du fast mapping ainsi que l'activation de cette représentation lors de la phase de pré-visualisation des images. L'effet de groupe retrouvé à la tâche de décision lexicale n'a donc pas été explicitement révélé en oculométrie. Lorsque la tâche ne demande pas de verbaliser une réponse ni de prendre explicitement une décision, ils portent leur attention visuelle principalement sur la cible récemment apprise, correspondant au mot entendu. Ces résultats sont compatibles avec l'absence de différence entre les performances des enfants avec et sans TSLO aux tâches de compréhension et de reconnaissance du fast mapping lorsque la production n'est pas sollicitée (Gray, 2006; Rice, 1994; Dollaghan, 1987). L'absence de différences entre les groupes était cependant mise en évidence lorsque la fréquence d'exposition était élevée (Rice, 1994). Dans notre cas, l'appariement des

informations a été possible chez les enfants avec TSLO âgés de 5 à 8 ans ayant été exposés entre 3 et 4 fois seulement aux nouvelles étiquettes verbales. Ces premières conclusions seront néanmoins nuancées pour plusieurs raisons dans la suite de notre propos.

2. Effet de l'âge et évolution des capacités chez les enfants avec TSLO

Contrairement à nos suppositions, les deux groupes d'enfants présentant des TSLO ont obtenu des performances comparables aux épreuves de MCT (répétition de chiffres, de phrases et de non-mots), ces dernières étant nettement inférieures à celles de leurs pairs appariés sur l'âge chronologique ou l'âge lexical. Les empans de chiffres et de non-mots (pour les syllabes simples) n'étaient significativement pas différents entre le groupe TSLO56 et le groupe TSLO78, reflétant la persistance des déficits de répétition verbale dans notre population d'étude. Les groupes d'enfants avec TSLO étudiés par Gray (2006) obtenaient également des performances comparables en RNM à 4, 5 et 6 ans. Toutefois, il convient de préciser qu'un biais de recrutement est à envisager : les enfants rencontrés au centre de diagnostic des troubles du langage à partir de 7 ans présentent vraisemblablement des atteintes langagières plus marquées qu'un échantillon de la population, recruté de manière plus large ou dans un autre environnement.

Il apparaît également essentiel de souligner le principal biais de nos études, s'agissant du manque de participants contrôles appariés sur l'âge chronologique des sujets souffrant de TSLO. En effet, les performances du groupe TSLO78 auraient dues être comparées à celles des participants du même âge. Le développement des capacités de MCT des enfants TD et TSLO entre 5 et 7 ans aurait ainsi été analysé précisément au regard des données de la littérature (Gray, 2006; Gathercole, Willis, Emslie, & Baddeley, 1992). Nos résultats apparaissaient globalement en accord avec les conclusions de la méta-analyse de Kan et Windsor (2010), concernant les plus faibles performances des enfants TSLO comparativement à leurs pairs du même âge (i.e. TSLO56 vs TD dans nos études), mais elles s'avèrent équivalentes si l'appariement est réalisé selon l'âge lexical (i.e. TSLO78 vs TD). Ce pattern de résultats était notamment retrouvé en compréhension de nouveaux mots appris chez des enfants âgés de 7 et 8 ans (Ellis Weismer et al., 1996).

Suivant l'hypothèse d'un déficit mnésique à l'origine du trouble d'acquisition de vocabulaire dans les

TSLO, les capacités d'apprentissage de nouveaux mots devraient être altérées avant et après 6 ans, et être significativement inférieures aux capacités des enfants contrôles. Les résultats des différentes études en oculométrie ne sont cependant pas en faveur de cet effet du groupe d'âge : l'ensemble des participants a porté son attention sur la cible au détriment des distracteurs au cours des études 2 et 3. De plus, le distracteur appris non relié n'a pas particulièrement attiré le regard des participants, signe que chaque groupe a correctement associé l'étiquette lexicale récemment acquise avec son référent imagé.

3. Vitesse d'accès aux nouvelles représentations

L'analyse du décours temporel montrait des comportements exploratoires différents lorsque le mot connu était la cible (étude 1), les points de divergence survenant tardivement chez les enfants avec TSLO comparativement aux contrôles, et notamment chez les plus jeunes. Ce délai reflète une lenteur d'appariement du mot familier à sa représentation visuelle, en faveur de l'hypothèse de ralentissement du traitement lexical dans les TSLO (Leonard, 2007). Par ailleurs, un décalage temporel était également remarqué pour l'ensemble des participants, entre l'étude 1 et l'étude 2, la cible nouvellement apprise étant tardivement distinguée des distracteurs par rapport à la cible familière. L'accès à la nouvelle représentation créée apparaît plus lent chez des enfants au développement typique âgés de 5 et 6 ans, et d'autant plus ralenti pour les groupes TSLO56 et TSLO78.

Le ralentissement du traitement lexical est donc observé dans des tâches ne sollicitant ni la production orale ni la réponse motrice par pointage manuelle. Bien que l'analyse des latences de fixations ne mette pas en évidence de différence selon la pathologie, nous ne pouvons totalement écarter l'hypothèse de ralentissement oculomoteur chez les enfants avec TSLO. Une manipulation expérimentale sans traitement lexical comme le proposaient Andreu et ses collaborateurs (2012), aurait permis de contrôler l'absence de ralentissement oculomoteur dans notre population. Toutefois, les auteurs ne relevant pas de particularité à leur tâche d'attention visuo-spatiale, l'hypothèse de traitements lexicaux à plusieurs vitesses reste privilégiée. L'augmentation de la vitesse d'appariement en fonction de l'âge avait été démontrée chez les enfants au développement typique (Fernald et al.,

1998; Borovsky et al., 2012). Des différences selon le profil langagier des participants étaient, en outre, révélées dans une étude récente couplant oculométrie et fast mapping (Ellis et al., 2015). Les points de divergence entre les proportions de fixation sur les deux images survenaient vers 2000 ms (pendant une phase de visualisation de 6000 ms) dans le groupe contrôle composé d'enfants âgés de 18 mois, tandis qu'aucun point de divergence n'était retrouvé pour le groupe d'enfants ayant parlé tardivement.

La présence des compétiteurs phonologiques (étude 2) et sémantiques (étude 3) influence par ailleurs les comportements visuels des participants. Une étude contrôle supplémentaire présentant la cible entourée de trois distracteurs, tous non reliées, nous aurait permis d'examiner la vitesse d'appariement mot/image sans effet de compétition. De plus, les différences concernant les délais d'activation étaient d'autant plus remarquées en fonction du type d'apprentissage reçu (lexical ou enrichi en connaissances sémantiques).

4. Effet des conditions d'apprentissage

Nous supposions l'existence d'un bénéfice des connaissances conceptuelles apportées lors de la phase d'apprentissage des nouveaux mots, favorisant ainsi l'encodage des informations en mémoire. Contrairement à nos attentes, la comparaison des données des trois groupes en fonction de l'apprentissage reçu n'a pas été en faveur de cette hypothèse. Dans un premier temps, les résultats à la tâche de décision lexicale étaient similaires entre les enfants ayant entendu uniquement l'étiquette lexicale (Apprentissage -) et ceux ayant bénéficié d'informations sémantiques supplémentaires (Apprentissage +). La condition de présentation initiale des nouveaux mots n'a donc pas influencé les performances en reconnaissance de mots à cette épreuve. Par ailleurs, les données oculométriques mettaient en évidence des effets contraires à nos hypothèses, reflétant davantage un effet délétère de l'enrichissement sémantique sur les capacités d'appariement des nouveaux mots aux images référentes. En effet, les groupes Apprentissage + ont distingué l'image cible beaucoup plus tard au cours de la phase de visualisation que les participants des groupes Apprentissage -. La charge d'informations à traiter sur un plan lexical et syntaxique lorsque des connaissances sémantiques supplémentaires ont été apportées en même temps que la première exposition du nouveau mot a

vraisemblablement pénalisé les enfants et perturbé l'élaboration de sa représentation (i.e. phénomène d'interférence, Gray, & Brinkley, 2011). De plus, la quantité d'informations fournies dans les définitions contextuelles, qui dépasse largement leur capacité de stockage en MCT au regard de leur empan (Campoy et al., 2015; Cowan et al., 2005), a réduit les ressources attentionnelles nécessaires au processus d'acquisition des nouveaux mots (Gathercole, 2006; Alt, & Gutman, 2009). Toutefois, aucun effet de la pathologie n'était mis en évidence et cet effet délétère, a posteriori cohérent pour les participants présentant des TSLO (Nash, & Donaldson, 2005), apparaît contre-intuitif dans le groupe contrôle.

Plus spécifiquement, dans l'étude 3, aucune attirance particulière de l'attention visuelle des participants n'était observée vers le compétiteur sémantique présent à l'écran. Face à cette absence d'effet de la pathologie, plusieurs aspects méthodologiques ont été remis en question. D'une part, le choix des compétiteurs sémantiques avait été laborieux lors de la construction du protocole expérimental étant donné la banque d'images limitée à notre disposition. Il est possible que la similarité entre les concepts ait été difficilement perçue par les sujets pour la plupart des items. La capacité de regroupement catégoriel des jeunes enfants est encore peu développée avant l'âge de 6 et 7 ans, âge auquel les enfants commencent à passer à l'abstraction. De plus, les phrases contextuelles fournies lors de l'apprentissage enrichi ont pu être éloignées des compétiteurs sémantiques, e.g. le compétiteur *pipe* pour le mot cible *anche* : la pipe ne permet pas de faire de la musique et on souffle rarement dedans, le seul lien entre les deux objets qu'est la mise en bouche, a pu être difficile à établir pour les enfants de 5 et 6 ans. Notre étude visait également à estimer implicitement les connaissances sémantiques liées aux nouveaux concepts chez nos participants, en présentant un compétiteur sémantique. L'absence de compétition sémantique chez les enfants TSLO, comme chez leurs pairs, ne permet pas de conclure au sujet d'un éventuel déficit pour établir des liens entre les représentations sémantiques pré-existantes et les nouvelles. Une autre procédure consistant à poser des questions au sujet des mots appris (Alt et al., 2004), aurait pu préciser davantage cette hypothèse. Toutefois, elle n'était pas envisagée car elle sollicite la réponse verbale des participants.

Enfin, les représentations sémantiques et conceptuelles en mémoire s'activent plus lentement

que les représentations lexicales, notamment pour le traitement de caractéristiques fonctionnelles attribuées aux concepts (Yee, Huffstetler, & Thompson-Schill, 2011). La quantité de temps fournie durant les phases de pré-visualisation et de visualisation a probablement été insuffisante dans ces études pour permettre aux jeunes participants d'établir des relations sémantiques entre les stimuli visualisés. Au cours d'une fenêtre de visualisation plus large (e.g. 6000 ms, Ellis et al. 2015), des effets de compétition sémantique auraient pu apparaître.

Pour conclure cette section, les effets de la condition d'apprentissage lexical, également mis en évidence par Gray et Brinkley (2011), ont été révélés dans nos études (1, 2 et 4) principalement au niveau du décours temporel. L'appariement mot/image est en effet plus rapide pour les participants Apprentissage - que pour les groupes Apprentissage +. Cela suppose un avantage de l'apprentissage lexical sur la qualité des représentations phonologiques nouvellement créées.

5. Qualité des représentations phonologiques

La condition d'encodage lexical, sans apport d'informations supplémentaires, visant à réduire le phénomène d'interférence, a également optimisé le traitement de l'information en permettant aux participants de focaliser leur attention sur les concepts à mémoriser. Etant donné l'absence de production verbale des nouveaux mots dans notre tâche, il nous fallait manipuler les caractéristiques phonologiques des mots pour examiner précisément la qualité des représentations phonologiques créées. Différentes entrées auditives variant sur le plan phonologique ont donc été proposées à travers la présentation du mot cible (étude 2), d'un mot familier phonologiquement proche (étude 1) et d'un non-mot phonologiquement proche (étude 4). Notre intérêt porte ici sur les comportements visuels des participants ayant bénéficié de la condition optimale pour l'acquisition des nouveaux mots (Apprentissage -).

Dans l'étude 2 (Similarité phonologique), l'effet de compétition phonologique observé au cours de la première seconde de visualisation indique que les participants avec et sans TSLO ont détecté les caractéristiques phonologiques partagées entre les mots familiers et appris. Sans qu'aucune conclusion ne puisse être tirée de l'analyse par groupe fournie à titre indicatif, elle permet néanmoins

de nuancer cette observation : les points de divergence entre les proportions de fixations sont survenus tardivement dans le groupe TSLO78- (1680 ms après le mot parlé) comparativement au groupe TD- (à 1440 ms) et aucun point de divergence n'a été mis en évidence dans le groupe TSLO56. Ces éléments semblent compatibles avec les résultats obtenus à la tâche de décision lexicale au cours de laquelle les enfants TSLO56 discriminent plus difficilement les mots appris.

Par ailleurs, les données du décours temporel de l'étude 1 (Contrôle Mot connu) reflètent la sensibilité des groupes TD- et TSLO78- à la similarité phonologique, avec des proportions équivalentes sur la cible et le compétiteur jusqu'à 1000 ms environ (i.e. 960 ms pour les TD- et 1040 ms pour les TSLO78-). A nouveau, le code phonologique du mot appris a été activé lors de la phase de pré-visualisation pour ces deux groupes, tandis que l'appariement mot/image est survenu relativement tôt chez les TSLO56- (i.e. à 880 ms), sans effet de compétition. Pour ces derniers, plusieurs raisons peuvent expliquer ces résultats : soit les représentations nouvellement créées sont restées inactives, soit leur activation a été rapidement inhibée au profit du mot connu, soit les concepts n'ont pas été représentés au sein du lexique.

Enfin, dans l'étude 4 (Contrôle Non-mot), les participants n'ont pas associé le non-mot entendu à des stimuli visuels familiers. Les regards des enfants TSLO78- et TD- ont davantage été attirés vers les stimuli récemment appris, notamment ceux reliés aux non-mots. Les concepts familiers possèdent des représentations robustes, rapidement désactivées suite à l'écoute de stimuli verbaux sans signification. En revanche, la faible exposition aux nouveaux concepts n'a pas favorisé l'élaboration de représentations phonologiques suffisamment précises, et les participants ont apparié le non-mot à un objet peu familier. Ce résultat est compatible avec l'effet de résolution de l'ambiguïté, incitant les enfants dès l'âge de 2;6 ans, à sélectionner un objet moins familier à l'écoute d'un non-mot (Estis, & Beverly, 2015). Cet effet de désambiguïsation est plus faible chez les enfants avec TSLO âgés de 7 ans et n'est pas mis en évidence à l'âge de 4 ans (Estis, & Beverly, 2015). Dans notre étude, la confusion d'ordre phonologique entre le non-mot et l'objet appris relié, sous-entend à nouveau que les représentations phonologiques sont créées pour les nouveaux mots, mais probablement de manière moins spécifiée.

Pour conclure, le paradigme de fast mapping a permis l'acquisition de nouveaux concepts lexicaux pour les groupes TD et TSLO78 appariés sur l'âge lexical, tandis que les résultats en

reconnaissance de mots parlés et à la tâche de décision lexicale laissent penser que les participants du groupe TSLO56 n'ont pas mémorisé les mots comme leurs pairs. Bien que le groupe de patients plus âgés présentaient des troubles du langage persistants au delà de 6 ans ainsi que des déficits aux tâches de répétition verbale, ils se sont montrés capables d'acquérir des nouveaux concepts. Une tâche de reconnaissance visuelle via le PMV a en outre permis d'observer des différences dans la rapidité de traitement entre les patients et les sujets contrôles. Le manque de comparaison avec un groupe contrôle apparié sur l'âge chronologique nous empêche de préciser davantage l'hypothèse d'un déficit concernant la formation de représentations spécifiées sur le plan phonologique dans cette population (Dollaghan, 1998).

Les résultats de nos études montrent néanmoins que les arguments énoncés dans la littérature, qui attribuent les difficultés d'apprentissage de vocabulaire chez les enfants avec TSLO à leur déficit de MCT phonologique (Alt 2011), peuvent être remis en question lorsqu'une méthodologie différente est mise en œuvre.

Partie conclusive

L'objectif général de ce travail visait à préciser les mécanismes d'encodage et de mémorisation des enfants présentant des TSLO, en utilisant un paradigme novateur qui permet l'étude du traitement lexical en temps réel. L'oculométrie offre la possibilité d'analyser le décours temporel de l'information verbale entrante et l'activation des représentations lexicales suite à la présentation de stimuli visuels. Le PMV utilisé dans sa version classique pour contrôler le matériel auprès des participants, a également été adapté afin d'étudier le maintien de l'information pendant un court délai, correspondant aux capacités de stockage des informations au sein de la boucle phonologique de la MCT. Enfin, les capacités d'apprentissage lexical ont été examinées à travers quatre études associant le paradigme d'appariement rapide de nouveaux mots et le PMV, de manière à contourner les modalités de réponse habituellement sollicitées dans la littérature.

Des tâches de reconnaissance de mots parlés familiers ou de mots récemment appris ont été proposées à différents groupes de participants avec TSLO, dont les comportements visuels exploratoires ont été comparés à ceux d'enfants au développement typique. Ainsi, l'accès aux représentations lexicales pré-existantes ou à celles nouvellement créées à été analysé. Par ailleurs, les capacités de rétention d'informations verbales ont été estimées via l'oculométrie, en condition de délai silencieux et en condition de suppression auditive.

Dans le chapitre 1, face à l'absence de différences entre les résultats des participants avec et sans TSLO, la difficulté de la tâche a été remise en question. Les études du chapitre 2 ont consisté à présenter quatre images aux enfants au lieu de deux à la tâche de RMP et à la tâche de MCT. Malgré cette modification, des effets d'âge ont davantage été mis en évidence que des effets de groupe, reflétant les changements développementaux dans la rapidité d'appariement mot/image et pour retrouver le mot cible après un délai.

Les avantages et bénéfices tirés de l'application des paradigmes oculométriques à l'étude de la MCT et de l'acquisition lexicale seront exposés dans un premier temps, au regard des contraintes liées à l'utilisation des épreuves de répétition ou de production verbale. Nous présenterons comment nos résultats contribuent à préciser les hypothèses étiologiques des TSLO. Les limites

méthodologiques de nos recherches seront ensuite détaillées avant de proposer les perspectives de recherches futures.

Partie 1. Parler ou ne pas parler ?

1. Apports et contributions de la méthodologie à la compréhension des TSLO

1.1. Reconnaissance de mots connus et de mots appris

La relation entre les mouvements oculaires et le versant réceptif du langage est à nouveau démontrée de manière convaincante à travers nos études portant sur la RMP. L'analyse des fixations oculaires a en effet mis en évidence le processus d'activation lexicale, fonctionnel dans notre population d'étude comme pour les sujets contrôles. Le décours temporel des proportions de fixations a apporté un complément d'informations au sujet de la rapidité d'activation, et ce dans une perspective dynamique. La RMP via le PMV fournit de nombreux avantages lorsqu'il est utilisé auprès d'une population présentant des troubles langagiers car les modalités de réponse orale ou manuelle ne sont pas sollicitées. La vitesse de traitement des différents groupes peut être néanmoins examinée à travers l'analyse des proportions de fixations durant les deux secondes de visualisation.

Dans les premières études des chapitres 1 et 2 (RMP), les représentations lexicales de concepts familiers ont été activées de manière efficace chez les enfants avec TSLO comme chez leurs pairs. En accord avec les travaux de McMurray et al. (2010), l'activation initiale de l'information lexicale était considérée comme normale, l'ensemble des participants ayant dirigé le regard sur les images cibles appariées aux mots entendus, au détriment des distracteurs. Les mots sélectionnés étaient très familiers des enfants tout-venants à partir de 4 ans et le temps de pré-visualisation déterminé (2000 ms) a été largement suffisant pour permettre l'activation des concepts associés aux images visualisées. Nos résultats n'étaient pas en faveur d'un déficit d'accès au lexique dans les TSLO pour des mots très familiers. L'appariement mot/image a, de plus, été aussi rapide chez les enfants avec et sans TSLO, invalidant l'hypothèse d'un ralentissement généralisé dans la pathologie (Kail, 1994). La lenteur visuo-motrice des enfants avec TSLO retrouvée par Andreu et ses collaborateurs (2012) pour la reconnaissance de verbes à plusieurs arguments, n'existait pas pour les

noms communs. Dans nos études, l'utilisation de noms communs isolés, contrairement à des mots placés dans une phrase, a vraisemblablement favorisé le traitement lexical et soulagé les enfants avec TSLO des traitements syntaxiques et sémantiques complexes. Le ralentissement du traitement langagier dans les TSLO est principalement retrouvé lorsque la compréhension syntaxique est sollicitée (Montgomery, 2002).

L'effet de l'âge était retrouvé pour les enfants avec et sans pathologie, ceux âgés de 5 ans étant plus lents à distinguer la cible des distracteurs que les participants âgés de 6 ans. L'augmentation de la vitesse de reconnaissance a été démontrée avant 3 ans (Fernald et al., 2006) puis, récemment, auprès d'enfants TD de 3 à 5 ans dont le niveau lexical était estimé à l'aide d'un test de vocabulaire en expression (Law, Mahr, Schneeberg, & Edwards, 2017). Les enfants possédant un haut niveau lexical ont été plus rapides et plus précis pour apparier les mots entendus aux images. L'influence de la taille du vocabulaire sur la vitesse de reconnaissance de mots parlés familiers (Law et al., 2017) devait être d'autant plus importante après 5 ans, suite à l'acquisition progressive du langage écrit. Dans l'étude 1 du chapitre 2, les groupes TSLO et TD âgés de 5 ans étaient appariés sur l'âge lexical et le score moyen obtenu à l'EVIP-A était significativement inférieur à celui des enfants de 6 ans. A notre connaissance, l'augmentation de la vitesse d'appariement entre 5 et 6 ans n'avait pas encore été mis en évidence dans la littérature, les études comparant davantage un groupe de jeunes enfants à un groupe d'adultes (Huang, & Snedeker, 2011; Sekerina, & Brooks, 2007) ou d'adolescents (McMurray et al., 2010). Il convient néanmoins de relativiser l'augmentation de la vitesse de traitement lexical chez les enfants avec TSLO pour plusieurs raisons : les participants TD et TSLO âgés de 6 ans n'étaient pas appariés sur le plan lexical, et le vocabulaire en expression n'a pas été contrôlé dans notre population tandis qu'il semble être un prédicteur précoce des capacités langagières (Law et al., 2017).

Les études 1, 2 et 3 du troisième chapitre ont également révélé l'activation de représentations lexicales nouvellement créées lors de la pré-visualisation des images. En accord avec de récentes études (Ellis et al. 2015; Bion, Borovsky, & Fernald, 2013), la tâche oculométrique de RMP est un outil pertinent pour évaluer la reconnaissance de mots nouveaux suite au fast mapping. Malgré le ralentissement observé entre la vitesse de reconnaissance de mots familiers et la vitesse de

reconnaissance des mots appris, les durées de fixation plus élevées sur les cibles que sur les distracteurs, indiquent que l'ensemble des participants a globalement sélectionné l'image référente au mot nouveau entendu. A nouveau, l'absence d'effet de groupe renforce notre conviction concernant les biais de production verbale auprès des individus avec TSLO. Nos résultats sont comparables aux performances équivalentes entre les groupes TD et TSLO obtenues aux épreuves de compréhension (Gray et al., 2012; McKean et al., 2014) et en faveur de l'hypothèse selon laquelle les enfants avec TSLO suivent un pattern de développement entre 3 et 6 ans similaire à celui des contrôles (Gray, 2006). Bien que le taux d'exposition des nouveaux mots soit faible lors de la phase d'encodage, les résultats des études oculométriques confirment l'existence d'un engagement lexical chez les enfants avec TSLO, compatible avec l'analyse de McKean et al. (2014).

L'absence de différence entre les enfants avec et sans TSLO ne reflète pas uniquement un manque de puissance statistique dû aux effectifs réduits des groupes étudiés. Dans leur méta-analyse, Kan et Windsor (2010) ont rapporté de nombreuses études avec des conclusions similaires aux nôtres, suggérant des processus de déclenchement (*triggering*) et de traitement de l'information entrante efficients chez les TSLO (Jackson et al., 2016). Néanmoins, la nature du matériel peut avoir favorisé l'apprentissage des mots, ces derniers étant tous monosyllabiques (Ellis Weismer et al., 2013), l'utilisation de mots longs aurait probablement provoquer des difficultés d'appariement mot/image dans les groupes TSLO (Alt, 2011). D'autres limites concernant la procédure d'appariement rapide de nouveaux mots font l'objet d'une section à part entière dans la suite du propos.

1.2. Les mouvements oculaires révèlent-ils les capacités de MCT ?

Une procédure distincte de la RMP a été envisagée pour l'examen de la MCT, la stimulation verbale composée du mot à retenir était en effet présentée avant l'apparition des images à l'écran. L'objectif principal consistait à examiner la capacité de rétention d'une information cible sans solliciter la programmation et l'exécution des mouvements de la parole pour l'articulation d'une séquence de phonèmes, processus mis en jeu lors de la répétition de non-mots. Le comportement exploratoire des participants reflétant une attention visuelle focalisée sur l'image cible suggérait ainsi la mémorisation à court terme de l'information verbale entendue. L'oculométrie offre une technique précise permettant de contrôler les contraintes temporelles (oubli avec le temps qui passe) et la quantité d'informations

stockées en MCT ; de plus, elle sollicite peu de ressources attentionnelles et de processus exécutifs (e.g. prise de décision) en proposant des tâches de reconnaissance à choix forcé (Farris-Trimble, & McMurray, 2013). La méthode a également un avantage non négligeable sur un plan clinique, car elle permet de diminuer la tension nerveuse des enfants avec TSLO. Les épreuves de répétition verbale sont en effet souvent anxiogènes pour les jeunes patients souffrant de troubles massifs en expression et parole, mais également pour ceux avec des troubles réceptifs, pénalisés par la longueur des énoncés.

Les résultats de la condition de délai silencieux des différentes études indiquent que les participants avec et sans TSLO et âgés de 4 à 6 ans environ, ont correctement mémorisé l'information verbale cible pendant un délai, quelle que soit sa longueur (1400 ou 2100 ms). En outre, l'augmentation du nombre de distracteurs visuels n'a pas perturbé les participants, tous ayant été capables de retrouver la cible dès la première seconde de visualisation. A nouveau, la familiarité élevée du matériel a vraisemblablement favorisé le maintien de l'activation des représentations lexicales correspondantes pendant ces délais (Jonides et al., 2008). En revanche, l'interférence phonologique a eu des conséquences différentes sur les comportements visuels des participants. Le focus attentionnel maintenu dans un premier temps sur l'item cible, a été déplacé sur les informations phonologiques consécutives à la cible, de la même façon que la présentation d'un second item réduit l'attention dédiée au premier item dans une tâche d'empan (Jonides et al., 2008; Barrouillet et al., 2009). Pour la condition de suppression auditive, le paradigme à quatre images offrait davantage de précisions concernant la vitesse de reconnaissance de l'item mémorisé. En effet, les enfants plus jeunes (5 ans) ont tardivement distingué l'image cible, comparativement aux participants de 6 ans qui ont retrouvé la cible dès la première seconde de visualisation. Dans ce groupe, les patients possédant un faible stock lexical et présentant des déficits en répétition verbale ont, aussi rapidement que leurs pairs, reconnu l'image cible en condition de suppression auditive (les enfants avec et sans TSLO âgés de 6 ans n'étaient en effet pas appariés suivant l'âge lexical). Les bénéfices d'une procédure de reconnaissance avaient été mis en évidence chez des participants également âgés de 5 et 6 ans, deux fois plus précis à l'épreuve de reconnaissance de non-mots qu'à l'épreuve de répétition de non-mots (Jones, & Witherstone, 2011). A notre connaissance, cette tâche de reconnaissance de non-mots n'a pas été proposée à des enfants souffrant de TSLO. Bien que ces derniers seraient probablement

pénalisés par des difficultés de discrimination phonologique, de meilleures performances à ce type de tâches pourraient être envisagées. Au vu de nos résultats, les capacités de rétention en MCT verbale semblent préservées dans notre population d'étude et les déficits observés en répétition verbale indiquent davantage les troubles de production verbale de séquences de phonèmes.

Par ailleurs, la présence des compétiteurs phonologiques lors de la présentation des quatre images a apporté des indications au sujet de l'hypothèse de confusions auditives au sein de la boucle phonologique et de l'influence des voisins phonologiques lors du stockage à court terme. Aucune sensibilité à la similarité phonologique entre la cible et le compétiteur n'a été retrouvée en condition de délai silencieux, tandis que les images phonologiquement reliées à la cible ont été fixées en condition de suppression auditive. Les premiers résultats confirment que les enfants avec et sans TSLO sont capables de maintenir une représentation lexicale active sans être influencés par les connaissances phonologiques. Les seconds mettent en évidence un effet d'interférence provoqué par un langage non significatif, s'apparentant à l'effet du discours non pertinent (Larsen, & Baddeley, 2003; Elliott, 2002; Elliott et al., 2016). L'ajout d'informations phonologiques perturbe le traitement des représentations phonologiques cibles, confondues avec celles des compétiteurs, sans pour autant dégrader l'activation de la représentation lexicale. Ces éléments confirment la nature du codage phonologique en MCT mais également les liens existants entre les connaissances lexicales et la boucle phonologique.

Notre tâche de MCT ne fournit néanmoins pas un examen exhaustif de la mémoire à court terme verbale. En effet, l'oculométrie ne permet pas l'analyse des productions et des erreurs réalisées par les enfants avec TSLO aux tâches classiques de répétition.

2. Limites méthodologiques et perspectives de recherches

2.1. Mémoire à court terme ou focalisation attentionnelle ?

A l'épreuve de MCT, l'utilisation d'un support imagé nécessitait de créer une tâche de mémoire de mots, plutôt que des non-mots, pouvant être reconnus par des enfants dès l'âge de 4 ans. Ainsi, le traitement phonologique requis dans la RNM n'est pas équivalent dans la tâche créée,

empêchant une comparaison directe des résultats. La tâche de MCT est également critiquable au vu de l'unique information à retenir. Retrouver l'image référente en condition de délai silencieux a vraisemblablement été facile pour l'ensemble des participants, quel que soit le nombre de distracteurs présents à l'écran. La quantité d'informations à retenir au sein de la boucle phonologique était nettement réduite comparativement aux tâches d'empan ou de rappel sériel. Toutefois, dans un modèle intégrant les différentes phases du traitement cognitif et l'activation des zones corticales responsables de ce traitement mis en jeu lors d'une tâche d'empan, Jonides et ses collaborateurs (2008) insistent sur le fait que le maintien du focus attentionnel ne s'effectue que sur un item à la fois. De plus, la dégradation de la trace (i.e. la représentation de cet item) peut être causée par des événements aléatoires dès les premières secondes de mémorisation (Jonides et al., 2008). Selon cette conception, les capacités limitées de la MCT sont davantage perçues comme une limitation attentionnelle.

Par ailleurs, le contrôle des événements pendant le délai de rétention reste un problème de taille, partiellement résolu en condition de suppression auditive. La surveillance des participants pendant la passation expérimentale permet d'empêcher la mise en place de stratégie de récapitulation articulatoire, mais le rafraîchissement attentionnel en mémoire est difficile à contrôler. Au regard de nos résultats, il est envisageable que les enfants de 6 ans l'aient effectué, contrairement aux enfants de 5 ans (Barrouillet et al., 2009).

Ces études préliminaires fournissent néanmoins des résultats encourageants, en faveur de capacités de maintien au sein de la boucle phonologique préservées dans les TSLO lorsque la production verbale n'est pas sollicitée. Les variables expérimentales pourront être modifiées à l'avenir, notamment pour augmenter le délai de rétention et la charge d'informations à retenir et ainsi tester l'hypothèse d'une quantité de stockage limitée. Enfin, ces résultats devront être répliqués auprès de plus larges effectifs.

2.2. Fast mapping : Sélection du référent ou acquisition du concept ?

Le paradigme d'appariement rapide d'un nouveau mot à son référent imagé, considéré comme l'étape initiale du processus d'apprentissage de mots (Carey, & Bartlett, 1978) a été remis en

question pour plusieurs raisons. Premièrement, le fast mapping ne reflèterait qu'une étape très partielle du processus d'apprentissage de mots, nettement distincte de l'apprentissage à long terme. McMurray préfère les termes de reconnaissance d'un mot et sélection du référent à un temps donné et dans une situation donnée pour décrire le processus mis en jeu (McMurray et al., 2012[18]). Le second argument s'appuie sur l'hypothèse du dialogue hippocampo-néocortical dans les modèles d'apprentissage de mots (e.g. systèmes complémentaires d'apprentissage, cf. méta-analyse de Davis, & Gaskell, 2009). Selon cette conception, le processus de consolidation de l'information a principalement lieu pendant le sommeil (particulièrement durant la phase paradoxale), au cours duquel les connexions entre les représentations nouvelles et les représentations existantes dans le néocortex sont renforcées par l'action de la structure hippocampique. Le lien entre la mémoire et le sommeil a également été confirmé par des travaux en IRM fonctionnelle, montrant la réorganisation des traces mnésiques au cours du sommeil. Les effets de compétition lexicale, traduisant une intégration du mot au sein du lexique mental, émergeraient après le sommeil chez l'enfant et l'adulte (Henderson, Weighall, Brown, & Gaskell, 2012).

Des études récentes menées auprès d'adultes et d'enfants ont néanmoins mis en évidence des effets de compétition lexicale à travers des tâches de décision lexicale (Tamminen, & Gaskell, 2008; Tamminen, Payne, Stickgold, Wamsley, & Gaskell, 2010) et de détection de pauses dans des mots réels ou des non-mots (Kapnoula, Packard, Gupta, & McMurray, 2015), mais également au PMV (Weighall et al., 2017). Dans nos études, un effet de compétition entre les mots nouvellement appris et les mots familiers tend à confirmer l'intégration des nouveaux mots au sein du lexique (Lindsay & Gaskell, 2012), i.e. un encodage approfondi des nouveaux concepts dans le néo-cortex. De plus, au vu des meilleures capacités de reconnaissance en fast mapping des groupes n'ayant pas bénéficié d'enrichissement sémantique, la signification des mots ne semble pas indispensable pour provoquer un engagement lexical (Gaskell, & Dumay, 2003).

Dans une étude récente (Desmottes, Maillart, & Meulemans, 2017), le déficit de consolidation en mémoire chez les enfants avec TSLO âgés de 7 à 12 ans a été mis en évidence via la tâche

[18] McMurray et ses collaborateurs ont proposé un modèle alternatif de l'acquisition des mots en simulant l'apprentissage associatif de Hebb. Leur modèle se base sur les effets de compétition lexicale entre les mots familiers et les mots nouveaux, et tente ainsi de prédire les changements développementaux ayant lieu dans l'enfance (McMurray, Horst, & Samuelson, 2012; Kucker, McMurray et Samuelson, 2015).

sérielle de temps de réaction, testant l'apprentissage procédural de séquences (cf. méta-analyse de Lum, Conti-Ramsden, Morgan, & Ullman, 2014). L'analyse des performances à 24 heures et une semaine après la phase d'entraînement montrait en effet, que le groupe TSLO ne retirait pas le même bénéfice de l'entraînement. Le gain était nettement réduit comparativement à leurs pairs appariés sur l'âge chronologique. Une analyse similaire avec des tests administrés le lendemain de la présentation des nouveaux concepts pourrait ainsi révéler des effets de groupes qui n'ont pas été mis en évidence via notre procédure.

En résumé, plusieurs études récentes confirment l'intérêt d'évaluer la reconnaissance immédiate, consécutive à la phase de fast mapping, notamment via le PMV. Toutefois, le manque d'évaluation de la capacité d'apprentissage après une ou plusieurs nuits de sommeil, reste un biais de la méthodologie mise en oeuvre. Il pourrait être envisagé dans une étude ultérieure de convoquer les enfants sur plusieurs jours et de prévoir un électroencéphalogramme pendant leur sommeil (Weighall et al., 2017).

3. Trouver un indicateur oculométrique

La durée de pré-visualisation a permis l'analyse des effets de compétition lors de la RMP, un temps plus court aurait pu les réduire voire les faire disparaître (cf. différences entre 1000 ms et 300 ms de pré-visualisation, Dahan, & Tanenhaus, 2005; entre 1000 ms et 2000 ms, Yee et al., 2011), tandis qu'une exposition plus longue aux images aurait probablement provoquer l'ennui des sujets. Durant les deux premières secondes de visualisation, les représentations lexicales et phonologiques stockées en mémoire ont été activées (Johnson, & Huettig, 2011) pour les mots familiers (chapitres 1 et 2) et les mots appris (chapitre 3). La longueur des fenêtres d'analyse a été déterminée en fonction de l'âge des enfants et des hypothèses étiologiques des TSLO (e.g. lenteur d'activation lexicale, ralentissement du traitement). Ces derniers dirigeant plus ou moins rapidement leur regard sur la cible en fonction de la pathologie, ils étaient susceptibles de retourner ensuite observer les distracteurs si le temps de visualisation leur permettait (Fernald, & Frank, 2012). Dans ce cas, les comportements visuels enregistrés dans les fenêtres temporelles tardives auraient été assimilés à du bruit.

Les premières études (chapitre 1) menées de façon exploratoire, ont consisté à présenter deux images à l'écran afin de minimiser la difficulté de la tâche. Au vu des résultats équivalents entre les groupes, suggérant un effet plafond en RMP et en condition de délai silencieux pour la tâche de MCT, et un effet plancher en condition de suppression auditive, nous avons supposé que la tâche était inadéquate pour répondre correctement à nos questions de recherche. Dans la littérature, les études menées auprès d'enfants plus jeunes que nos participants ont utilisé le même nombre d'images (pour une méta-analyse des données chez le très jeune enfant, voir Frank, Lewis, & MacDonald, 2016), sans toutefois manipuler les caractéristiques phonologiques des mots à reconnaître. Le PMV à quatre images est sensible à des variations fines et discrètes du traitement lexical, sur le plan temporel et au niveau des connaissances phonologiques. Une étude supplémentaire aurait pu être envisagée, présentant les compétiteurs phonologiques et sémantiques (cf. études 2 et 3 du chapitre 3) sur un même écran afin d'analyser plus précisément le processus incrémental de l'activation des représentations.

L'intérêt de l'oculométrie pour la réduction des ressources attentionnelles et la minimisation des processus exécutifs lors du stockage des informations verbales en MCT reste évident. De nombreuses variables dépendantes (temporelles et spatiales) sont fournies mais le meilleur indicateur reste encore à déterminer, en tenant compte de la grande variabilité dans les données oculométriques (e.g. barres d'erreurs dans les graphes) en partie expliquée par le nombre réduit d'observations enregistrées par essai (Dahan et al., 2001). Dans notre étude, la variabilité aurait pu être réduite si un tri préalable avait été effectué dans les essais : aucun essai n'a été exclu de l'analyse, contrairement à certaines études qui réalisent leurs analyses uniquement sur les essais pour lesquels l'appariement mot/image est réussi. Cela aurait nécessité l'utilisation d'un bouton réponse (e.g. clic de souris sur l'image) et d'une consigne (e.g. « Aller cliquer sur l'image correspondant au mot que vous entendez »), modifiant considérablement la procédure par l'ajout de contraintes motrices et exécutives non désirées. D'autres études concentrent leurs analyses uniquement sur les essais au cours desquels les participants ont fixé au moins une fois l'image cible (Altvater-Macken, & Mani, 2015).

Les effets de l'âge sont souvent rapportés dans les études, à travers l'analyse de latences de fixations (Borovsky et al., 2012), pour des saccades effectuées des distracteurs vers la cible (Fernald

et al., 2006), ou pour les latences de premières fixations chez des enfants de 24 mois (Swingley, Pinto, & Fernald, 1999). Des résultats intéressants apparaissaient au PMV affichant deux images, avec des latences plus longues pour les saccades effectuées vers les cibles à la tâche de RMP mais malheureusement pas à la tâche de MCT. De plus, cette variable dépendante ne nous a pas permis de mettre en évidence d'effet de la pathologie.

La combinaison de plusieurs variables nous a semblé apporter suffisamment d'informations : les durées totales indiquant si la cible a été observée significativement plus que les distracteurs, les durées de premières fixations révélant les premières intentions des participants, et les proportions de fixations en fonction du décours (notamment la survenue des points de divergence, Ellis et al., 2015) renseignant sur la vitesse de reconnaissance et précisant les effets de compétition. De futures analyses pourraient être envisagées via l'analyse par courbes de croissance (*growth curve analysis* en anglais, Mirman, Dixon, & Magnuson, 2008; Mirman, 2014), qui permet de modéliser la probabilité de fixation de l'image cible au fil du temps et dans différentes conditions. Ainsi, il serait possible d'éviter les éventuels effets masqués par le fait de moyenner les données des participants (McMurray et al., 2010). Cette technique d'analyse des proportions de fixations est utile pour quantifier précisément les différences au niveau du groupe et au niveau individuel aux tâches classiques de RMP, il reste cependant à déterminer la pertinence de ce type d'analyse pour l'épreuve oculométrique de MCT.

Partie 2. Choix des participants, appariement et profils langagiers

1. Appariement selon l'âge lexical ou l'âge chronologique

Un des principaux biais des études portant sur l'apprentissage de nouveaux mots relevé par Kan et Windsor (2010) concerne la composition des groupes de participants. Les effets de groupes retrouvés aux tâches de fast mapping reflèteraient simplement des différences au sein des compétences en MCT et en récupération lexicale objectivées aux épreuves de répétition de non-mots et de désignation lexicale. L'interprétation des résultats en termes de déficit d'apprentissage de nouveaux mots serait biaisée au vu des déficits existant en amont.

Selon les objectifs des études, il est préférable d'éviter un appariement selon l'âge chronologique car les enfants contrôles possèdent des représentations plus détaillées en mémoire que les enfants avec TSLO, du fait de leur expérience lexicale plus riche (Maillart et al., 2004). Concernant un appariement selon l'âge lexical, il convient d'être vigilant sur la façon de mesurer le niveau lexical. Dans de nombreuses études, le niveau lexical est estimé à partir des résultats obtenus au test de désignation lexicale, i.e. l'EVIP (Dunn et al., 1993), équivalent du PPVT-R dans les études anglophones (Dunn, & Dunn, 1981). Toutefois, l'utilisation de ce dernier a été remise en question par Walley, Metsala, et Garlock (2003), car il ne permettrait pas une mesure optimale des variations de taille du vocabulaire. Ce test aurait également tendance à sur-évaluer les performances des enfants francophones (Thordardottir, Keheyia, Lessard, Sutton, & Trudeau, 2010). En outre, l'amplitude des effets est parfois plus faible lorsque les groupes sont appariés selon l'âge lexical et les épreuves utilisées pour estimer le niveau lexical varient en fonction des études, compliquant la comparaison des données (cf. méta-analyse de Graf Estes, Evans, & Else-Quest, 2007).

Dans les différentes études de cette thèse, les participants étaient appariés soit selon leur âge réel, soit en fonction de l'âge lexical. Quel que soit l'appariement effectué, aucun effet de la pathologie n'a été mis en évidence bien que pour les groupes TSLO, les déficits étaient systématiquement retrouvés aux trois épreuves de mémoire verbale. Rappelons que les performances en RNM sont fréquemment plus faibles chez les enfants avec TSLO, comparativement à leurs pairs du même âge et du même niveau lexical (Graf Estes et al., 2007). Un double appariement apparaît toutefois être la solution la plus juste afin d'éviter les biais d'interprétation, les performances des enfants avec TSLO devant idéalement être comparées à celles d'un groupe contrôle du même âge, et d'un second groupe contrôle du même niveau lexical, en expression et en réception.

2. Profils d'atteintes langagières et perspective développementale

L'ensemble des participants pour la constitution des groupes TSLO a été sélectionné à partir du critère de diagnostic de TSLO, en excluant toutefois ceux présentant des troubles associés (avec un trouble déficitaire de l'attention ou des troubles visuo-praxiques). Une analyse subsidiaire consistant à examiner les profils d'atteintes langagières des participants avec TSLO pour constituer

des groupes expressifs, réceptifs ou mixtes, est à envisager. Des performances différentes à des tâches de décision lexicale ayant ainsi été mises en évidence en fonction des profils langagiers (Edwards, & Lahey, 1996), d'éventuelles différences entre les comportements visuels des patients pourraient être révélées aux tâches oculométriques.

Dans le protocole initial de cette recherche clinique, les familles donnant leur consentement pour participer à l'étude, ont également accepté d'être rencontrée chaque année pendant trois ans, et ce afin de suivre l'évolution des TSLO des enfants. Les tests de répétition verbale proposés à chaque passation expérimentale, permettront à terme, de préciser la valeur prédictive de la RNM, notamment pour la persistance des difficultés avec l'âge. Un second objectif de cette analyse longitudinale est d'examiner a posteriori si les comportements exploratoires des enfants diffèrent en fonction de l'évolution de la pathologie et, éventuellement, de mettre en évidence des facteurs prédictifs en oculométrie (Marchman, & Fernald, 2008). De nombreuses sorties d'étude sont néanmoins constatées depuis mars 2014 (e.g. abandon, déménagement, refus de poursuivre), et les effectifs sont actuellement trop faibles pour constituer des groupes homogènes de patients dont les troubles se sont résorbés d'une part, et dont les troubles ont persisté malgré la prise en charge d'autre part. Le recrutement des participants s'effectuant au moment de la pose de diagnostic, l'étude n'a pas pu être proposée à des enfants ayant présenté des troubles avant 6 ans qui se sont ensuite résorbés. A nouveau, les conditions de recrutement ont entraîné un biais dans la constitution des groupes, composés en majorité de troubles sévères et persistants au delà de 6 ans.

Conclusion

A ce jour, nos résultats ne nous permettent pas de discriminer les enfants avec et sans TSLO, rendant la technique difficilement utilisable dans la pratique clinique. L'apport du paradigme du monde visuel reste néanmoins considérable pour distinguer précisément les processus altérés des mécanismes de traitement préservés dans les TSLO et permettre, à terme, de mieux cibler les procédures de remédiation. Sur un plan fondamental, les études de cette recherche remettent également en perspective les données théoriques et les hypothèses étiologiques des TSLO, notamment face aux modalités de réponse sollicitées et aux précautions à apporter à l'interprétation des résultats lorsque les outils ne permettent pas de différencier les processus d'encodage, de stockage et de production verbale lors de l'examen des capacités de mémoire à court terme verbale et d'acquisition lexicale.

Bibliographie

Alishahi, A., Fazly, A., & Stevenson, S. (2008). Fast Mapping in Word Learning: What Probabilities Tell Us. *Proceedings of the 12th Conference on Computational Natural Language Learning, Manchester, United Kingdom*, 57-64.

Allopenna, P. D., Magnuson, J. S., & Tanenhaus, M. K. (1998). Tracking the time course of spoken word recognition using eye movements: Evidence for continuous mapping models. *Journal of Memory and Language, 38*, 419-439.

Alloway, T. P., Kerr, I., & Langheinrich, T. (2010). The effect of articulatory suppression and manual tapping on serial recall. *European Journal of Cognitive Psychology, 22*(2), 297-305. doi:10.1080/09541440902793731

Alt, M. (2011). Phonological working memory impairments in children with specific language impairment: where does the problem lie? *J Commun Disord, 44*(2), 173-185. doi:10.1016/j.jcomdis.2010.09.003

Alt, M., & Gutmann, M. L. (2009). Fast mapping semantic features: performance of adults with normal language, history of disorders of spoken and written language, and attention deficit hyperactivity disorder on a word-learning task. *J Commun Disord, 42*(5), 347-364. doi:10.1016/j.jcomdis.2009.03.004

Alt, M., Meyers, C., & Alt, P. M. (2013). Using Ratings to Gain Insight Into Conceptual Development. *Journal of Speech Language and Hearing Research, 56*(5), 1650. doi:10.1044/1092-4388(2013/11-0317)

Alt, M., Meyers, C., & Ancharski, A. (2012). Using principles of learning to inform language therapy design for children with specific language impairment. *Int J Lang Commun Disord, 47*(5), 487-498. doi:10.1111/j.1460-6984.2012.00169.x

Alt, M., & Plante, E. (2006). Factors That Influence Lexical and Semantic Fast Mapping of Young Children With Specific Language Impairment. *Journal of Speech Language and Hearing Research, 49*, 941-954. doi: 1092-4388/06/4905-0941

Alt, M., Plante, E., & Creusere, M. (2004). Semantic Features in Fast- Mapping: Performance of Preschoolers With Specific Language Impairment Versus Preschoolers With Normal Language. *Journal of Speech Language and Hearing Research, 47*, 407-420. doi:1092-4388/04/4702-0407

Alt, M., & Spaulding, T. (2011). The effect of time on word learning: an examination of decay of the memory trace and vocal rehearsal in children with and without specific language impairment. *J Commun Disord, 44*(6), 640-654. doi:10.1016/j.jcomdis.2011.07.001

Altmann, E. M. (2002). Functional decay of memory for tasks. *Psychol Res, 66*(4), 287-297. doi:10.1007/s00426-002-0102-9

Altmann, E. M., & Gray, S. (2002). Forgetting to remember : the functional relationship of devay and interference. *Psychol Sci, 13*(1), 27-33.

Altvater-Mackensen, N., & Mani, N. (2015). Phonological Features Mediate Object-Label Retrieval and Word Recognition in the Visual World Paradigm. 23-38. doi:10.1007/978-81-322-2443-3_2

American Psychiatric Association. (2013). Diagnostic and statistical manual of mental disorders (5th ed.). *Arlington, VA: American Psychiatric Publishing*.

Andreu, L., Sanz-Torrent, M., & Guardia-Olmos, J. (2012). Auditory word recognition of nouns and verbs in children with Specific Language Impairment (SLI). *J Commun Disord, 45*(1), 20-34. doi:10.1016/j.jcomdis.2011.09.003

Apfelbaum, K. S., Blumstein, S. E., & McMurray, B. (2011). Semantic priming is affected by real-time phonological competition: evidence for continuous cascading systems. *Psychon Bull Rev, 18*(1), 141-149. doi:10.3758/s13423-010-0039-8

Aram, D. M., & Nation, J. E. (1975). Patterns of Language Behavior in Children with Developmental Language Disorders. *Journal of Speech and Hearing Research, 18*, 229-241. doi:10.1044/jshr.1802.229

Archibald, L., & Gathercole, S. E. (2007). Nonword repetition in specific language impairment: More than a phonological short-term memory deficit. *Psychonomic Bulletin & Review, 14*(5), 919-924.

Archibald, L. M., Joanisse, M. F., & Munson, B. (2013). Motor Control and Nonword Repetition in Specific Working Memory Impairment and SLI. *Top Lang Disord, 33*(3), 255-267. doi:10.1097/TLD.0b013e31829cf5e7

Atkinson, R. C., & Shiffrin, R. M. (1968). Human Memory: A Proposed System and its Control Processes. *2*, 89-195. doi:10.1016/s0079-7421(08)60422-3

Baddeley, A. (1964). Semantic and acoustic similarity in short-term memory. *Nature, 4963*, 1116-1117.

Baddeley, A. (2003). Working memory and language: an overview. *Journal of Communication Disorders, 36*(3), 189-208. doi:10.1016/s0021-9924(03)00019-4

Baddeley, A., Gathercole, S., Papagno, C. (1998). The phonological loop as a language learning device. *Psychological Review, 105*(1), 158-173.

Baddeley, A., & Hitch, G. J. (1974). Working Memory. *Psychology of Learning and Motivation, 8*, 47-89. doi:10.1016/S0079-7421(08)60452-1

Baddeley, A., Thomson, N., Buchanan, M. (1975). Word lenght and the structure od short-term memory. *Journal of verbal learning and verbal behavior, 14*, 575-589.

Baddeley, A. D. (1986). Working memory. *Oxford, England: Oxford University Press*.

Baddeley, A. D., & Hitch, G. J. (2000). Development of working memory: should the Pascual-Leone and the Baddeley and Hitch models be merged? *J Exp Child Psychol, 77*(2), 128-137. doi:10.1006/jecp.2000.2592

Bailey, P. J., & Snowling, M. J. (2002). Auditory processing and the development of language and literacy. *british medical bulletin, 63*, 135-146.

Barrouillet, P., Bernardin, S., & Camos, V. (2004). Time Constraints and Resource Sharing in Adults' Working Memory Spans. *Journal of Experimental Psychology: General, 133*(1), 83-100. doi:10.1037/0096-3445.133.1.83

Barrouillet, P., Gavens, N., Vergauwe, E., Gaillard, V., & Camos, V. (2009). Working memory span development: a time-based resource-sharing model account. *Dev Psychol, 45*(2), 477-490. doi:10.1037/a0014615

Bassano, D. (2005). Production naturelle précoce et acquisition du langage. *revue de linquistique et de didactique des langues, 31*, 1-14.

Benasich, A. A., & Tallal, P. (2002). Infant discrimination of rapid auditory cues predicts later language impairment. *Behavioural Brain Research, 136*, 31-49.

Billard, C., Hassairi, I., & Delteil, F. (2010). Troubles spécifiques du langage oral et électroencéphalogramme : quelles indications ? quelle interprétation ? à propos d'une cohorte de 24 enfants. *Archives de pédiatrie, 17*, 350-358.

Bion, R. A., Borovsky, A., & Fernald, A. (2013). Fast mapping, slow learning: disambiguation of novel word-object mappings in relation to vocabulary learning at 18, 24, and 30months. *Cognition, 126*(1), 39-53. doi:10.1016/j.cognition.2012.08.008

Bishop, D. V. (1992). The underlying nature of specific language impairment. *Journal of Child Psychology and Psychiatry, 33*(1), 3-66.

Bishop, D. V. (2014). Ten questions about terminology for children with unexplained language problems. *Int J Lang Commun Disord, 49*(4), 381-415. doi:10.1111/1460-6984.12101

Bishop, D. V., Bishop, S. J., Bright, P., James, C., Delaney, T., & Tallal, P. (1999). Different origin of auditory and phonological processing problems in children with language impairment: Evidence from a twin study. *Journal of Speech Language and Hearing Research, 42*, 155-168.

Bishop, D. V., Carlyon, R. P., Deeks, J. M., & Bishop, S. J. (1999b). Auditory temporal processing impairment: Neither necessary nor sufficient for causing language impairment in children. *Journal of Speech Language and Hearing Research, 42*, 1295-1310.

Bishop, D. V., & Edmunson, A. (1987). Language-impaired 4-year-olds : Distinguish transient from persistent impairment. *Journal of Speech and Hearing Research, 52*, 156-173.

Bishop, D. V., Hardiman, M., Uwer, R., & von Suchodoletz, W. (2007). Atypical long-latency auditory event-related potentials in a subset of children with specific language impairment. *Dev Sci, 10*(5), 576-587. doi:10.1111/j.1467-7687.2007.00620.x

Bishop, D. V., North, T., & Donlan, C. (1996). Nonword repetition as a behavioural marker for inherited language impairment: Evidence from a twin study. *Journal of Child Psychology and Psychiatry, 37*(4), 391-403.

Bonin, P., Méot, A., Ferrand, L., & Roux, S. (2011). L'imageabilité : normes et relations avec d'autres variables psycholinguistiques. *L'Année psychologique, 111*(02), 327. doi:10.4074/s0003503311002041

Bonneau, D., Verny, C., & Uze, J. (2004). [Genetics of specific language impairments]. *Arch Pediatr, 11*(10), 1213-1216. doi:10.1016/j.arcped.2004.03.121

Botting, N., & Conti-Ramsden, G. (2004a). Characteristics of Children With Specific Language Impairment. *In L., Verhoeven & H., van Balkom, (Eds.), Classidication of developmental Language Disorders*(pp. 23-38), Lawrence Erlbaum Associates.

Botting, N., & Conti-Ramsden, G. (2004b). Characteristics of Children With Specific Language Impairment. *In L., Verhoeven & H., van Balkom, (Eds.), Classification of Developmental Language Disorders*(pp. 23-38), Lawrence Erlbaum Associates.

Botting, N., Faragher, B., Simkin, Z., Knox, E., & Conti-Ramsden, G. (2001). Predicting pathoways of specific language impairment: What differentiates good and poor outcome? *J Child Psychol Psychiatry, 42*(8), 1013-1320.

Bragard, A., & Schelstraete, M. A. (2006). Le manque du mot dans les troubles spécifiques du langage chez l'enfant. *L'année psychologique, 106*(4), 633-661.

Brown, J. (1958). Some tests of the decay theory of immediate memory. *Quarterly Journal of Experimental Psychology, 10*(1), 12-21. doi:10.1080/17470215808416249

Burgess, N., & Hitch, G. J. (1999). Memory for serial order : a network model of the phonological loop and its timing. *Psychological Review, 106*(3), 551-581.

Camos, V., & Barrouillet, P. (2013). Le développement de la mémoire de travail : perspectives dans le cadre du modèle de partage temporel des ressources. *Psychologie Française, 59*(1), 21-39. doi:10.1016/j.psfr. 2012.12.003

Campoy, G., Castella, J., Provencio, V., Hitch, G. J., & Baddeley, A. D. (2015). Automatic semantic encoding in verbal short-term memory: evidence from the concreteness effect. *Q J Exp Psychol (Hove), 68*(4), 759-778. doi:10.1080/17470218.2014.966248

Capone, N. C., & McGregor, K. K. (2005). The Effect of Semantic Representation on Toddlers' Word Retrieval. *Journal of Speech Language and Hearing Research, 48*, 1468-1480.

Carey, S. (1987). Conceptual change in childhood. *Cambridge, MA: MIT Press*.

Carey, S. (2010). Beyond Fast Mapping. *Lang Learn Dev, 6*(3), 184-205. doi:10.1080/15475441.2010.484379

Carey, S., & E., B. (1978). Acquiring a single new word. *Papers and Reports in Child Language Development, 15*, 17-29.

Casalini, C., Brizzolara, D., Chilosi, A., Cipriani, P., Marcolini, S., Pecini, C., . . . Burani, C. (2007). Non-Word Repetition in Children with Specific Language Impairment: A Deficit in Phonological Working Memory or in Long-Term Verbal Knowledge? *Cortex, 43*(6), 769-776. doi:10.1016/s0010-9452(08)70505-7

Chevrie-Muller, C., Simon, A.-M., Le Normand, M.T., & Fournier, S. (1997) *BEPL-A. Batterie développée pour l'évaluation des aptitudes psycholinguistiques du jeune enfant.* Paris : ECPA

Chevrie-Muller, C., Maillart, C., Simon, A.-M., & Fournier, S. (2011). *L2MA-2. Langage oral, Langage écrit, Mémoire, Attention* [Oral language, written language, memory, and attentional skills]. (2rd ed.). Paris: ECPA.

Chevrie-Muller, C., & Plaza, M. (2001). *N-EEL. Nouvelles épreuves pour l'examen du langage.* Paris : ECPA.

Chiat, S., & Roy, P. (2007). The Preschool Repetition Test: An Evaluation of Performance in Typically Developing and Clinically Referred Children. *Journal of Speech Language and Hearing Research, 50*, 429-443.

Choi, Y., & Trueswell, J. C. (2010). Children's (in)ability to recover from garden paths in a verb-final language: evidence for developing control in sentence processing. *J Exp Child Psychol, 106*(1), 41-61. doi:10.1016/j.jecp.2010.01.003

Claessen, M., Heath, S., Fletcher, J., Hogben, J., & Leitão, S. (2009). Quality of phonological representations: a window into the lexicon? *International Journal of Language & Communication Disorders, 44*, 121–144. doi: 10.1080/13682820801966317

Claessen, M., & Leitao, S. (2012). Phonological representations in children with SLI. *Child Language Teaching and Therapy, 28*(2), 211-223. doi:10.1177/0265659012436851

Coady, J. A., & Evans, J. L. (2008). Uses and interpretations of non-word repetition tasks in children with and without specific language impairments (SLI). *Int J Lang Commun Disord, 43*(1), 1-40. doi: 10.1080/13682820601116485

Coquet, F., Ferrand, P., & Roustit, J. (2009). EVALO 2-6. Evaluation du développement du langage oral chez l'enfant de 2 ans 3 mois à 6 ans 3 mois. Isbergues: OrthoEdition.

Cohen, M.J. (2001). *CMS. Echelle de mémoire pour enfants.* Paris : ECPA.

Colle, H. A., Welsh, A. (1976). Acousting masking in primary memory. *Journal of verbal learning and verbal behavior, 15*(17-31).

Conrad, R. (1964). Acoustic confusions in immediate memory. *British Journal of Psychology, 55*(1), 75-84.

Conti-Ramsden, G., & Botting, N. (1999). Classification of children with specific language impairment: Longitudinal considerations. *Journal of Speech Language and Hearing Research, 42*, 1195-1204.

Conti-Ramsden, G., Botting, N., & Faragher, B. (2001). Psycholinguistic marjers for specific language impariment (SLI). *Journal of Child Psychology and Psychiatry, 42*, 741-768.

Conti-Ramsden, G., & Durkin, K. (2012). Language development and assessment in the preschool period. *Neuropsychol Rev, 22*(4), 384-401. doi:10.1007/s11065-012-9208-z

Conti-Ramsden, G., & Hesketh, A. (2003). Risk markers for SLI : A study of young language-learning children. *international Journal of communication, 38*(3), 251-263.

Cowan, N. (1999). An Embedded-Processes Model of working memory. In: Miyake, A.; Shah, P., (Eds.), Models of working memory: Mechanisms of active maintenance and executive control(pp. 62-101), New York, NY, US: Cambridge University Press.

Cowan, N. (2000). The magical number 4 in short-term memory: A reconsideration of mental storage capacity. *Behavioral and Brain Sciences, 24*, 87-185.

Cowan, N., & Alloway, T. (2009). Development of Working Memory In Childhood. In M.L. Courage & N. Cowan (Eds.), The development of memory in infancy and childhood(pp.303-342), Hove, East Sussex, UK: Psychology Press.

Cowan, N., Elliott, E. M., Scott Saults, J., Morey, C. C., Mattox, S., Hismjatullina, A., & Conway, A. R. (2005). On the capacity of attention: its estimation and its role in working memory and cognitive aptitudes. *Cogn Psychol, 51*(1), 42-100. doi:10.1016/j.cogpsych.2004.12.001

Cowan, N., Keller, T. A., 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., Nugent, L. D., Elliott, E. M., Ponomarev, I., & Saults, J. S. (1999). The Role of Attention in the Development of Short-Term Memory: Age Differences in the Verbal Span of Apprehension. *Child development, 70*(5), 1082-1097.

Cowan, N., Nugent, L. D., Elliott, E. M., & Saults, J. S. (2000). Persistence of memory for ignored lists of digits: areas of developmental constancy and change. *J Exp Child Psychol, 76*(2), 151-172. doi:10.1006/jecp.1999.2546

Crosbie, S. L., Howard, D., & Dodd, B. J. (2004). Auditory lexical decisions in children with specific language impairment. *British Journal of Developmental Psychology, 22*(1), 103-121. doi:10.1348/026151004772901131

Cycowicz, Y. M., Freidman, D., Rothstein, M., & Snodgrass, J. G. (1997). Picture Naming by Young Children: Norms for Name Agreement, Familiarity, and Visual Complexity. *Journal of Experimental Child Psychology, 65*, 171-237.

Dahan, D., & Gaskell, G. (2007). The temporal dynamics of ambiguity resolution: Evidence from spoken-word recognition. *Journal of Memory and Language, 57*(4), 483-501. doi:10.1016/j.jm1.2007.01.001

Dahan, D., Magnuson, J. S., & Tanenhaus, M. K. (2001). Time course of frequency effects in spoken-word recognition: evidence from eye movements. *Cogn Psychol, 42*(4), 317-367. doi:10.1006/cogp.2001.0750

Dahan, D., Magnuson, J. S., Tanenhaus, M. K., & Hogan, E. M. (2001). Subcategorical mismatches and the time course of lexical access: Evidence for lexical competition. *Language and Cognitive Processes, 16*(5-6), 507-534. doi:10.1080/01690960143000074

Dahan, D., & Tanenhaus, M. K. (2005). Looking at the rope when looking for the snack: Conceptually mediated eye movements during spoken-word recognition. *Psychol Bull, 12*(3), 453-459.

Dale, P. S., Price, T. S., Bishop, D. V., & Plomin, R. (2003). Outcomes of early language delay : I. Predicting persistent and transient language difficulties at 3 and 4 years. *Journal of Speech Language and Hearing Research, 46*, 544-560.

Davis, M. H., & Gaskell, M. G. (2009). A complementary systems account of word learning: neural and behavioural evidence. *Philos Trans R Soc Lond B Biol Sci, 364*(1536), 3773-3800. doi:10.1098/rstb.2009.0111

De Agostini, M., Kremin, H., Curt, F., & Dellatolas, G. (1996). Mémoire immédiate chez les enfants âgés de 3 à 8 ans : chiffres, mots familiers, mots non familiers, images et Corsi. *A.N.A.E., 36,* 4-10

Demke, T. L., Graham, S. A., & Siakakuk, P. D. (2002). The influence of exposure to phonoloigical neighbours on preschoolers' novel word production. *journal of Child language, 29*(2), 379-392. doi:10.1017/

Desmottes, L., Maillart, C., & Meulemans, T. (2017). Memory consolidation in children with specific language impairment: Delayed gains and susceptibility to interference in implicit sequence learning. *J Clin Exp Neuropsychol, 39*(3), 265-285. doi:10.1080/13803395.2016.1223279

Dollaghan, C. (1987). Fast mapping in normal and language-impaired children. *Journal of Speech and Hearing Disorders, 52*, 218-222.

Dollaghan, C. (1998). Spoken word recognition in children with and without specific language impairment. *Applied Psycholinguistics, 19*, 193-207.

Dollaghan, C., & Campbell, A. (1998). Nonword repetition and child language impairment. *J Speech Lang Hear Res, 41*(5), 1136-1146.

Dunn, L. M., & Dunn, L. M. (1981). *Peabody Picture Vocabulary Test-Revised:* Manual for forms L. and M. Circle Pines, MN: American Guidance Service.

Dunn, L. M., Thériault-Whalen, C., & Dunn, L. M. (1993). Echelle de vocabulaire en images Peabody. Adaptation française du Peabody Picture Vocabulary test-revised. Toronto: Psycan.

Edwards, J., Beckman, M. E., & Munson, B. (2004). The Interaction Between Vocabulary Size and Phonotactic Probability Effects on Children’s Production Accuracy and Fluency in Nonword Repetition. *Journal of Speech Language and Hearing Research, 47*, 421-436.

Edwards, J., & Lahey, M. (1996). Auditory lexical decisions of children with specific language impairment. *Journal of Speech and Hearing Research, 39*(6).

Edwards, J., & Lahey, M. (1998). Nonword repetitions of children specific language impairment: Exploration of some explanations for their inaccuracies. *Appl Psycholinguist, 19*, 279-309.

Elliott, E. M. (2002). The irrevelant-speech effect and children : Theoretical implications of developmental change. *Mem Cognit, 30*(3), 478-487.

Elliott, E. M., Hughes, R. W., Briganti, A., Joseph, T. N., Marsh, J. E., & Macken, B. (2016). Distraction in verbal short-term memory: Insights from developmental differences. *Journal of Memory and Language, 88*, 39-50. doi:10.1016/j.jml.2015.12.008

Ellis, E. M., Borovsky, A., Elman, J. L., & Evans, J. L. (2015). Novel word learning: An eye-tracking study. Are 18-month-old late talkers really different from their typical peers? *J Commun Disord, 58*, 143-157. doi:10.1016/j.jcomdis.2015.06.011

Ellis Weismer, S. (1985). Constructive comprehension abilities exhibited by language-disordered children. *J Speech Hear Res, 28*(2), 175-184.

Ellis Weismer, S., Evans, J., & Hesketh, L. J. (1999). An examination of verbal working memory capacity in children with specific language impariment. *Journal of Speech Language and Hearing Research, 42*, 1249-1260.

Ellis Weismer, S., & Evans, J. L. (2002). The role of processing limitations in early identification of specific language impairment. *Topics in Language Disorders, 22*(3), 15-29.

Ellis Weismer, S., & Hesketh, A. (1996). Lexical learning by children with specific language impariment: Effects of linguistic input presented at varying speaking rates. *Journal of Speech and Hearing Research, 39*(1), 177–190.

Ellis Weismer, S., Tomblin, B., Zhang, X., Buckewalter, P., Chynoweth, J., & Jones, M. (2000). Nonword repetition performance in school-age children with and without language impairment. *Journal of Speech, Language and Hearing Disorders, 43*, 865-878.

Ellis Weismer, S., Venker, C. E., Evans, J. L., & Moyle, M. J. (2013). Fast Mapping in Late-Talking Toddlers. *Appl Psycholinguist, 34*(1), 69-89. doi:10.1017/S0142716411000610

Estis, J. M., & Beverly, B. L. (2015). Children with SLI exhibit delays resolving ambiguous reference. *J Child Lang, 42*(1), 180-195. doi:10.1017/S0305000914000038

Farris-Trimble, A., & McMurray, B. (2013). Test–Retest Reliability of Eye Tracking in the Visual World Paradigm for the Study of Real-Time Spoken Word Recognition. *Journal of Speech Language and Hearing Research, 56*(4), 1328. doi:10.1044/1092-4388(2012/12-0145)

Fazio, B. B. (1998). The effect of presentation rate on serial memory in young children with specific language impairment. *Journal of Speech and Hearing Research, 41*, 1375-1383.

Fenson, L., Philip, S., Dale, J., Reznick, S., Bates, E., Thal, D. J., . . . Stiles, J. (1994). Versability in early communicative development. *Society for research in child development, 59*(5), 1-185.

Fernald, A., & Frank, M. (2012). Finding the Words: How Young Children Develop Skill in Interpreting Spoken Language. *In M. J., Spivey, K., McRae & M. F., Joanisse (Eds.), The Cambridge Handbook of Psycholinguistics*(pp. 104-126), Cambridge University Press.

Fernald, A., & Frank, M. C. (2009). Finding the words: How young children develop skill in interpreting spoken language. *In M. J. Spivey, K. McRae & M. F. Joanisse (Eds.), Cambridge handbook of psychologuistics*(pp. 104-126), Cambridge University Press.

Fernald, A., Perfors, A., & Marchman, V. A. (2006). Picking up speed in understanding: Speech processing efficiency and vocabulary growth across the 2nd year. *Dev Psychol, 42*(1), 98-116. doi: 10.1037/0012-1649.42.1.98

Fernald, A., Pinto, J. P., Swingley, D., Weinberg, A., & McRoberts, G. W. (1998). Rapid gains in speed of verbal processing by infants in the 2nd year. *Psychol Sci, 9*(3), 228-231.

Fernald, A., Swingley, D., & Pinto, J. P. (2001). When Half a Word Is Enough: Infants Can Recognize Spoken Words Using Partial Phonetic Information. *Child development, 72*(4), 1003-1015.

Ferrand, L., Grainger, J., & New, B. (2003). Normes d'âge d'acquisition pour 400 mots monosyllabiques. *L'année psychologique, 104*(445-468).

Frank, M., Lewis, M., & MacDonald, K. (2016). A performance model for early word learning. Papafragou, A., Grodner, D., Mirman, D., & Trueswell, J.C. (Eds.), Proceedings of the 38th Annual Conference of the Cognitive Science Society. Austin, TX: Cognitive Science Society.

Garlock, V. M., Walley, A. C., & Metsala, J. L. (2001). Age-of-Acquisition, Word Frequency, and Neighborhood Density Effects on Spoken Word Recognition by Children and Adults☆. *Journal of Memory and Language, 45*(3), 468-492. doi:10.1006/jmla.2000.2784

Gaskell, M. G., & Dumay, N. (2003). Lexical competition and the acquisition of novel words. *Cognition, 89*(2), 105-132. doi:10.1016/s0010-0277(03)00070-2

Gathercole, S. E. (1995a). The assessment of phonological memeoty skills in preschool children. *British Journal of Rducational Psychology, 65*, 155-164.

Gathercole, S. E. (1995b). Is nonword repetition a test of phonological memory or long-term knowledge ? It all depends on the nonwords. *Mem Cognit, 23*(1), 83-94.

Gathercole, S. E. (1999). Cognitive approaches to the development of short-term memory. *Trends Cogn Sci, 3*(11), 410-419.

Gathercole, S. E. (2006). Nonword repetition and word learning: The nature of the relationship. *Appl Psycholinguist, 27*, 513-543. doi:10.1017.S0142716406060383

Gathercole, S. E., & Baddeley, A. (1993). Working memory and language. *Psychology Press, Hove, U.K.: Erlbaum*.

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 & Language, 28*, 200-213.

Gathercole, S. E., Baddeley, A. (1990). Phonological memory deficits in language disordered children : is there a causal connection ? *Journal of Memory and Language, 29*, 336-390.

Gathercole, S. E., Frankish, C. R., Pickering, S. J., & Peaker, S. M. (1999). Phonotactic influences on short-term memory. *Journal of Experimental Psychology: Learning, Memory, and Cognition, 25*(1), 84-95.

Gathercole, S. E., Pickering, S. J., Hall, M., & Peaker, S. M. (2001). Dissociable lexical and phonological influences on serial recognition and serial recall. *Q J Exp Psychol A, 54*(1), 1-30. doi: 10.1080/02724980042000002

Gathercole, S. E., Willis, C., Emslie, H., & Baddeley, A. D. (1992). Phonological memory and vocabulary development during the early school years: A longitudinal study. *Developmental Psychology, 28*, 887-898.

Gauger, L. M., Lombardino, L. J., & Leonard, C. M. (1997). Brain morphology in children with specific language impairment. *Journal of Speech Language and Hearing Research, 40*, 1272-1284.

Gershkoff-Stowe, L., & Hahn, E. R. (2007). Fast Mapping Skills in the Developing Lexicon. *Journal of Speech Language and Hearing Research, 50*, 682-697.

Gillam, R. B., Cowan, N., & Marler, J. A. (1998). Information processing by school-age children with specific language impairment: evidence from a modality effect paradigm. *Journal of Speech Language and Hearing Research, 41*(4), 913-927.

Golinkoff, R. M., Hirsh-Pasek, K., Cauley, K. M., & Gordon, L. (1987). The eyes have it: lexical and syntactic comprehension in a new paradigm. *journal of Child language, 14*, 23-45.

Golinkoff, R. M., Ma, W., Song, L., & Hirsh-Pasek, K. (2013). Twenty-Five Years Using the Intermodal Preferential Looking Paradigm to Study Language Acquisition: What Have We Learned? *Perspect Psychol Sci, 8*(3), 316-339. doi:10.1177/1745691613484936

Graf Estes, K., Evans, J. L., & Else-Quest, N. (2007). Differences in the nonword repetition performance of children with and whithout specific language impairment: A meta-analysis. *Journal of Speech Language and Hearing Research, 50*, 177-195.

Graham, A. M., Fisher, P. A., & Pfeifer, J. H. (2013). What sleeping babies hear: a functional MRI study of interparental conflict and infants' emotion processing. *Psychol Sci, 24*(5), 782-789. doi: 10.1177/0956797612458803

Gray, S. (2003). Diagnostic accuracy and test–retest reliability of nonword repetition and digit span tasks administered to preschool children with specific language impairment. *Journal of Communication Disorders, 36*(2), 129-151. doi:10.1016/s0021-9924(03)00003-0

Gray, S. (2003b). Word-learning by preschoolers with specific language impairment: What predicts succes? *Journal of Speech Language and Hearing Research, 46*, 56-67.

Gray, S. (2004). Word learning by preschoolers with specific Language impairment; Predictors and poor learners. *Journal of Speech Language and Hearing Research, 47*, 1117-1132.

Gray, S. (2005). Word learning by preschoolers with specific language impairment: Effect of phonoloical or semantic cues. *Journal of Speech Language and Hearing Research, 48*, 1452-1467.

Gray, S. (2006). The relationship between phonological memory, receptive vocabulary, and fast mapping in young children with specific language impairment. *Journal of Speech Language and Hearing Research, 49*, 955-969.

Gray, S., & Brinkley, S. (2011). Fast Mapping and Word Learning by Preschoolers With Specific Language Impairment in a Supported Learning Context: Effect of Encoding Cues, Phonotactic Probability, and Object Familiarity. *Journal of Speech Language and Hearing Research, 54*(3), 870. doi: 10.1044/1092-4388(2010/09-0285)

Gray, S., Brinkley, S., & Svetina, D. (2012). Word Learning by Preschoolers With SLI: Effect of Phonotactic Probability and Object Familiarity. *Journal of Speech Language and Hearing Research, 55*(5), 1289. doi: 10.1044/1092-4388(2012/11-0095)

Gupta, P. (2003). Examining the relationship between word learning, nonword repetition, and immediate serial recall in adults. *Q J Exp Psychol A, 56*(7), 1213-1236. doi:10.1080/02724980343000071

Gupta, P. (2007). Primacy and recency in nonword repetition. *Memory, 13*(3-4), 318-324. doi: 10.1080/09658210344000350

Gupta, P., & MacWhinney, B. (1997). vocabulary acquisition and verbal short-term memory : Computational and neural bases. *Brain and Language, 59*, 267-333.

Gupta, P., & Tisdale, J. (2009). Word learning, phonological short-term memory, phonotactic probability and long-term memory: towards an integrated framework. *Philos Trans R Soc Lond B Biol Sci, 364*(1536), 3755-3771. doi:10.1098/rstb.2009.0132

Hanley, J. R., & Kay, J. (1997). An effect of imageability on the production of phonoloigcal errors in auditory repetition. *Cogn Neuropsychol, 14*(8), 1065-1084.

Henderson, L., Weighall, A., Brown, H., & Gaskell, G. (2013). Online lexical competition during spoken word recognition and word learning in children and adults. *Child Dev, 84*(5), 1668-1685. doi:10.1111/cdev.12067

Henry, L. A. (1991). The effects of word length and phonemic similarity in young children's short-term memory. *The Quarterly Journal of Experimental Psychology Section A, 43*(1), 35-52. doi:10.1080/14640749108400998

Hesketh, A., & Conti-Ramsden, G. (2013). Memory and language in middle childhood in individuals with a history of specific language impairment. *PLoS One, 8*(2), e56314. doi:10.1371/journal.pone.0056314

Hick, R. F., Botting, N., & Conti-Ramsden, G. (2005). Short-term memory and vocabulary development in children with Down sundrome and children with specific language impairment. *developmental medicine & child neurology, 47*, 532-538.

Hitch, G. J. (1990). Developmental fractionation of working memory. In G., Vallar, & T., Shallice (Eds.), Neuropsychological impairments of short-term memory(pp. 221-246), Cambridge University Press.

Hoffman, L. M., & Gillam, R. B. (2004). Verbal and spatial information processing constraints in children with specific language impairment. *Journal of Speech Language and Hearing Research, 47*(114-125).

Hoover, J. R., Storkel, H. L., & Hogan, T. P. (2010). A Cross-Sectional Comparison of the Effects of Phonotactic Probability and Neighborhood Density on Word Learning by Preschool Children. *J Mem Lang, 63*(1), 100-116. doi:10.1016/j.jml.2010.02.003

Huang, Y. T., & Snedeker, J. (2011). Cascading activation across levels of representation in children's lexical processing. *J Child Lang, 38*(3), 644-661. doi:10.1017/S0305000910000206

Huettig, F., & McQueen, J. M. (2007). The tug of war between phonological, semantic and shape information in language-mediated visual search. *Journal of Memory and Language, 57*(4), 460-482. doi:10.1016/j.jml.2007.02.001

Huettig, F., Rommers, J., & Meyer, A. S. (2011). Using the visual world paradigm to study language processing: a review and critical evaluation. *Acta Psychol (Amst), 137*(2), 151-171. doi:10.1016/j.actpsy.2010.11.003

Hulme, C., Maughan, S., & Brown, G. (1991). Memory for familiar and unfamiliar words: Evidence for a long-term memory contribution to short-term memory span. *Journal of Memory and Language, 30*, 685-701.

Hulme, C., Roodenrys, S. (1995). Practitioner Review : verbal working memory development and its disorders. *Journal of Child Psychology and Psychiatry, 36*(3), 373-398.

Jackson, E., Leitao, S., & Claessen, M. (2016). The relationship between phonological short-term memory, receptive vocabulary, and fast mapping in children with specific language impairment. *Int J Lang Commun Disord, 51*(1), 61-73. doi:10.1111/1460-6984.12185

Jacquemot, C., Dupoux, E., & Bachoud-Levi, A. C. (2007). Breaking the mirror: Asymmetrical disconnection between the phonological input and output codes. *Cogn Neuropsychol, 24*(1), 3-22. doi: 10.1080/02643290600683342

Jacquemot, C., Dupoux, E., & Bachoud-Levi, A. C. (2011). Is the word-length effect linked to subvocal rehearsal? *Cortex, 47*(4), 484-493. doi:10.1016/j.cortex.2010.07.007

Jacquemot, C., & Scott, S. K. (2006). What is the relationship between phonological short-term memory and speech processing? *Trends Cogn Sci, 10*(11), 480-486. doi:10.1016/j.tics.2006.09.002

Jarrold, C., Cocksey, J., & Dockerill, E. (2008). Phonological similarity and lexicality effects in children's verbal short-term memory: concerns about the interpretation of probed recall data. *Q J Exp Psychol (Hove), 61*(2), 324-340. doi:10.1080/17470210701202210

Johnson, C. J., Beitchman, J. H., Young, A., Escobar, M., Atkinson, L., Wilson, B., . . . Wong, M. (1999). Fourteen-Year follow-up of children with and without speech/language impairments : Speech/language stability and outcomes. *Journal of Speech Language and Hearing Research, 42*, 744-760.

Johnson, E. K., & Huettig, F. (2011). Eye movements during language-mediated visual search reveal a strong link between overt visual attention and lexical processing in 36-month-olds. *Psychol Res, 75*(1), 35-42. doi: 10.1007/s00426-010-0285-4

Jones, G., Tamburelli, M., Watson, S. E., Gobet, F., & Pine, J. M. (2010). Lexicality and frequency in specific language impairment: Accuracy and error data from two nonword repetition tests. *Journal of Speech Language and Hearing Research, 53*, 1642-1655.

Jones, G., & Witherstone, H. L. (2011). Lexical and sublexical knowledge influences the encoding, storage, and articulation of nonwords. *Mem Cognit, 39*(4), 588-599. doi:10.3758/s13421-010-0045-0

Jonides, J., Lewis, R. L., Nee, D. E., Lustig, C. A., Berman, M. G., & Moore, K. S. (2008). The mind and brain of short-term memory. *Annu Rev Psychol, 59*, 193-224. doi:10.1146/annurev.psych.59.103006.093615

Jusczyk, P. W., Luce, P. A., & Charles-Luce, J. (1994). Infant's sensitivity to phonotactic patterns in the native language. *Journal of Memory and Language, 33*, 630-645.

Just, M. A., & Carpenter, P. A. (1992). A capacity theory of comprehension: Individual differences in working memory. *Psychological Review, 99*(1), 122-149.

Kail, R. (1994). A method for studying the generalized slowing hypothesis in children with specific language impairment. *Journal of Speech and Hearing Research, 37*(2).

Kalenine, S., Mirman, D., Middleton, E. L., & Buxbaum, L. J. (2012). Temporal dynamics of activation of thematic and functional knowledge during conceptual processing of manipulable artifacts. *J Exp Psychol Learn Mem Cogn, 38*(5), 1274-1295. doi:10.1037/a0027626

Kan, P. F., & Windsor, J. (2010). Word learning in children with primary language impairment : A meta-analysis. *Journal of Speech Language and Hearing Research, 53*, 739-756.

Kapnoula, E. C., Packard, S., Gupta, P., & McMurray, B. (2015). Immediate lexical integration of novel word forms. *Cognition, 134*, 85-99. doi:10.1016/j.cognition.2014.09.007

Kaufman, A. S., & Kaufman, N. L. (2008). *KABC-II. Batterie pour l'examen psychologique de l'enfant - deuxième édition.* Paris: ECPA.

Kay-Raining Bird, E., & Chapman, R. S. (1998). Partial representations and phonological selectivity in the comprehension of 13- to 16-month-olds. *First language, 18*, 105-127.

Kidd, E. (2013). The Role of Verbal Working Memory in Children's Sentence Comprehension. *Topics in Language Disorders, 33*(3), 208-223. doi:10.1097/TLD.0b013e31829d623e

Korkman, M., Kirk, U., & Kemp, S. (2003). NEPSY, Batterie d'évaluation neuropsychologique de l'enfant, 1997, adaptation française. *ECPA*.

Kounios, J., & Holcomb, P. J. (1994). Concreteness effectis in semantic processing : ERP evidence supporting dual-coding theory. *Journal of Experimental Psychology : Learning, Memory and Cognition, 20*(4), 804-823.

Kucker, S. C., McMurray, B., & Samuelson, L. K. (2015). Slowing Down Fast Mapping: Redefining the Dynamics of Word Learning. *Child Dev Perspect, 9*(2), 74-78. doi:10.1111/cdep.12110

La Paro, K. M., Justice, L., Skibbe, L. E., & Pianta, R. C. (2003). Relations among maternal, child and demographic factors and the persistence of preschool language impairment. *American Journal of Speech-Language Pathology, 13*, 291-303.

Larsen, J. D., & Baddeley, A. (2003). Disruption of verbal STM by irrelevant speech, articulatory suppression, and manual tapping: do they have a common source? *Q J Exp Psychol A, 56*(8), 1249-1268. doi: 10.1080/02724980244000765

Law, F., 2nd, Mahr, T., Schneeberg, A., & Edwards, J. (2017). Vocabulary size and auditory word recognition in preschool children. *Appl Psycholinguist, 38*(1), 89-125. doi:10.1017/S0142716416000126

Laws, G., & Bishop, D. V. M. (2004). Verbal deficits in Down's syndrome and specific language impairment: a comparison. *International Journal of Language & Communication Disorders, 39*(4), 423-451. doi: 10.1080/13682820410001681207

Leach, L., & Samuel, A. G. (2007). Lexical configuration and lexical engagement: when adults learn new words. *Cogn Psychol, 55*(4), 306-353. doi:10.1016/j.cogpsych.2007.01.001

Leclercq, A.-L., Maillart, C., & Majerus, S. (2013). Nonword Repetition Problems in Children With Specific Language Impairment. *Topics in Language Disorders, 33*(3), 238-254. doi:10.1097/TLD.0b013e31829dd8c9

Leclercq, A. L., & Majerus, S. (2010). Serial-order short-term memory predicts vocabulary development: evidence from a longitudinal study. *Dev Psychol, 46*(2), 417-427. doi:10.1037/a0018540

Leonard, L. B. (2014). Children with Specific Language Impairment (2nd edition). *London: Bradford Books.*

Lewandowsky, S., Duncan, M., & Brown, G. (2004). Times does not cause forgetting in short-term serial recall. *Psychonomic Bulletin & Review, 11*(5), 771-790.

Lewandowsky, S., & Oberauer, K. (2008). The word-length effect provides no evidence for decay in short-term memory. *Psychon Bull Rev, 15*(5), 875-888. doi:10.3758/PBR.15.5.875

Lum, J. A., Conti-Ramsden, G., Morgan, A. T., & Ullman, M. T. (2014). Procedural learning deficits in specific language impairment (SLI): a meta-analysis of serial reaction time task performance. *Cortex, 51*, 1-10. doi: 10.1016/j.cortex.2013.10.011

Lum, J. A., Gelgic, C., & Conti-Ramsden, G. (2010). Procedural and declarative memory in children with and without specific language impairment. *Int J Lang Commun Disord, 45*(1), 96-107. doi: 10.3109/13682820902752285

Macchi, L., Schelstraete, M. A., & Casalis, S. (2014). Word and pseudoword reading in children with specific speech and language impairment. *Res Dev Disabil, 35*(12), 3313-3325. doi:10.1016/j.ridd.2014.07.058

Macchi, L., Vansteeene, C., Timmermans, N., & Boidein, F. (2013). Epreuve Lilloise de Discrimination Phonologique (ELDP): presentation et illustration par deux études de cas cliniques. *Les cahiers de l'ASELF, 10*(3), 3-22.

Magnuson, J. S., Dixon, J. A., Tanenhaus, M. K., & Aslin, R. N. (2007). The dynamics of lexical competition during spoken word recognition. *cognitive science, 31*, 133-156.

Maillart, C., Schelstraete, M. A., & Hupet, M. (2004). Phonological representation in children with SLI: A study of French. *Journal of Speech Language and Hearing Research, 47*, 187-198.

Mainela-Arnold, E., Evans, J. L., & Coady, J. A. (2008). Lexical Representations in Children With SLI: Evidence From a Frequency-Manipulated Gating Task. *Journal of Speech Language and Hearing Research, 51*(2), 381. doi:10.1044/1092-4388(2008/028)

Mainela-Arnold, E., Evans, J. L., & Coady, J. A. (2010). Explaining Lexical–Semantic Deficits in Specific Language Impairment: The Role of Phonological Similarity, Phonological Working Memory, and Lexical Competition. *Journal of Speech Language and Hearing Research, 53*(6), 1742. doi: 10.1044/1092-4388(2010/08-0198)

Majerus, S. (2010). Les multiples déterminants de la mémoire à court terme : implications théoriques et évaluatives. *Développements, 1*(4), 5-15.

Majerus, S. (2013). Language repetition and short-term memory: an integrative framework. *Front Hum Neurosci, 7*, 357. doi:10.3389/fnhum.2013.00357

Majerus, S., Heiligenstein, L., Gautherot, N., Poncelet, M., & Van der Linden, M. (2009). Impact of auditory selective attention on verbal short-term memory and vocabulary development. *J Exp Child Psychol, 103*(1), 66-86. doi:10.1016/j.jecp.2008.07.004

Majerus, S., Poncelet, M., Greffe, C., & Van der Linden, M. (2006). Relations between vocabulary development and verbal short-term memory: The relative importance of short-term memory for serial order and item information. *J Exp Child Psychol, 93*(2), 95-119. doi:10.1016/j.jecp.2005.07.005

Majerus, S., van der Kaa, M. A., Renard, C., Van der Linden, M., & Poncelet, M. (2005). Treating verbal short-term memory deficits by increasing the duration of temporary phonological representations: A case study. *Brain and Language, 95*(1), 174-175. doi:10.1016/j.bandl.2005.07.094

Majerus, S., & Van der Linden, M. (2003). Long-term memory effets on verbal short-term memory : A replication study. *British Journal of Developmental Psychology, 21*, 303-310.

Majerus, S., Van der Linden, M., Poncelet, M., & Metz-Lutz, M. N. (2004). Can phonological and semantic short-term memory be dissociated ? Further evidence from Landau-Kleffner syndrome. *Cognitive Neuropsychology, 21*(5), 491-512. doi:10.1080/02643290342000104

Majerus, S., Vrancken, G., & Van der Linden, M. (2003). Perception and short-term memory for verbal information in children with specific language impairment: Further evidence for impaired short-term memory capacities. *Brain and Language, 87*(1), 160-161. doi:10.1016/s0093-934x(03)00249-9

Maloney, E. S., & Larrivee, L. S. (2007). Limitations of Age-Equivalent Scores in Reporting the Results of Norm-Referenced Tests. *Contemporary issues in communication science and disorders, 34*, 86-93.

Marchman, V. A., & Fernald, A. (2008). Speed of word recognition and vocabulary knowledge in infancy predict cognitive and language outcomes in later childhood. *Dev Sci, 11*(3), F9-16. doi:10.1111/j.1467-7687.2008.00671.x

Martin N, & Saffran, E. M. (1997). Language and auditory-verbal short-term memory impairments: Evidence for common underlying processes. *Cognitive Neuropsychology, 14*(5), 641–682.

Martin, R. C., Lesch, M. F., & Bartha, M. C. (1999). independence of input and output phonology word processing and short-term memory. *Journal of Memory and Language, 41*, 3-29.

Martinez Perez, T., Majerus, S., & Poncelet, M. (2012). The contribution of short-term memory for serial order to early reading acquisition: evidence from a longitudinal study. *J Exp Child Psychol, 111*(4), 708-723. doi: 10.1016/j.jecp.2011.11.007

Marton, K. (2008). Visuo-spatial processing and executive functions in children with specific language impairment. *international Journal of language and communication disorders, 43*(2), 181-200. doi: 10.1080/16066350701340719

Marton, K., Kelmenson, L., & Pinkhasova, M. (2007). Inhibition control and working memory capacity in children with SLI. *Psychologia, 50*, 110-121.

Mazeau, M., & Pouhet, A. (2014). Neuropsychologie et troubles des apprentissages chez l'enfant. *Elsevier Masson, 2nd edition*.

McClelland, J., & Elman, J. L. (1986). The TRACE Model of speech perception. *cognitive psychology, 18*, 1-86.

McGregor, K. K., Newman, R. M., Reilly, R. M., & Capone, N. C. (2002). Semantic representation and naming in children with specific language impairment. *Journal of Speech Language and Hearing Research, 45*, 998-1014.

McKean, C., Letts, C., & Howard, D. (2014). Triggering word learning in children with Language Impairment: the effect of phonotactic probability and neighbourhood density. *J Child Lang, 41*(6), 1224-1248. doi:10.1017/S0305000913000445

McMurray, B., Horst, J. S., & Samuelson, L. K. (2012). Word learning emerges from the interaction of online referent selection and slow associative learning. *Psychol Rev, 119*(4), 831-877. doi:10.1037/a0029872

McMurray, B., Munson, C., & Tomblin, J. B. (2014). Individual differences in language ability are related to variation in word recognition, not speech perception: evidence from eye movements. *J Speech Lang Hear Res, 57*(4), 1344-1362. doi:10.1044/2014_JSLHR-L-13-0196

McMurray, B., Samelson, V. M., Lee, S. H., & Tomblin, J. B. (2010). Individual differences in online spoken word recognition: Implications for SLI. *Cogn Psychol, 60*(1), 1-39. doi:10.1016/j.cogpsych.2009.06.003

Metsala, J. L., & Walley, A. C. (1998). Spoken vocabulary growth and the segmental restructuring of lexical representations: Precursors to phonemic awareness and early reading ability. *In J. L. Metsala & L. C. Ehri (Eds.), (pp. 89–120)*, Mahwah, NJ, US: Lawrence Erlbaum Associates Publishers.

Miles, C., Jones, D. M., & Madden, C. A. (1991). Locus of the irrelevant speech effect in short-term memory. *Journal of Experimental Psychology : Learning, Memory and Cognition, 17*(3), 578-584.

Miller, C. A., Kail, R., Leonard, L. B., & Tomblin, B. (2001a). Speed of processing in children with specific language impairment. *Journal of Speech Language and Hearing Research, 44*, 416-433.

Miller, C. A., Kail, R., Leonard, L. B., & Tomblin, B. (2001b). Spped of processing in children with specific language impariment. *Journal of Speech Language and Hearing Research, 44*, 416-433.

Miller, C. A., & Poll, G. H. (2009). Response time in adults with a history of language difficulties. *J Commun Disord, 42*(5), 365-379. doi:10.1016/j.jcomdis.2009.04.001

Mirman, D. (2014). Growth Curve Analysis and Visualization using R. *Chapman and Hall, CRC Press*.

Mirman, D., Dixon, J. A., & Magnuson, J. S. (2008). Statistical and computational models of the visual world paradigm: Growth curves and individual differences. *J Mem Lang, 59*(4), 475-494. doi:10.1016/j.jml.2007.11.006

Montfort, M., & Montfort-Juarez, I. (2013). Nosologie et classifications des troubles du langage chez l'enfant. *In A. Devevey & L. Kunz (Eds.), Les troubles dpécifiques du langage : Pathologies ou variations ?*(pp. 31-48), Bruxelles : De Boeck Solal.

Montgomery, J., & Leonard, L. (2006). Effects of acoustic manipulation on the real-time inflectional processing of children with Specific Language Impairment. *Journal of Speech, Language, and Hearing Research, 49*, 1238-1256.

Montgomery, J. W. (1995). Examination of phonological working memory in specifically language-impaired children. *Applied Psycholinguistics, 16*(4), 355-378.

Montgomery, J. W. (2002). Examining the nature of lexical procesing in children with specific language impairment: Temporal processing or processing capacity deficit ? *Applied Psycholinguistics, 23*, 447-470.

Montgomery, J. W. (2005). Effects of input rate and age on the real-time language processing of children with specific language impairment. *International Journal of Language & Communication Disorders, 40*(2), 171-188. doi:10.1080/13682820400011069

Montgomery, J. W., & Evans, J. L. (2009). Complex Sentence Comprehension and Working Memory in Children With Specific Language Impairment. *Journal of Speech Language and Hearing Research, 52*(2), 269. doi: 10.1044/1092-4388(2008/07-0116)

Montgomery, J. W., Magimairaj, B. M., & Finney, M. C. (2010). Working memory and specific language impairment: An update on the relation and perspectives on assessment and treatment. *American Journal of Speech-Language Pathology, 19*, 78-94.

Mora, G., & Camos, V. (2013). Two systems of maintenance in verbal working memory: evidence from the word length effect. *PLoS One, 8*(7), e70026. doi:10.1371/journal.pone.0070026

Munson, B., Kurtz, B. A., & Windsor, J. (2005). The influence of vocabulary size, phonotactic probability, and wordlikeness on nonword repetitions of children with and without specific language impairment. *Journal of Speech Language and Hearing Research, 48*, 1033-1047.

Nadig, A. S., & Sedivy, J. C. (2002). Evidence of perspectie-taking contraints in children's on-line reference resolution. *psychological science, 13*(4), 329-336.

Nash, M., & Donaldson, M. (2005). Word Learning in Children With Vocabulary Deficits. *Journal of Speech Language and Hearing Research, 48*, 439-458.

Nation, K., Marshall, C. M., & Altmann, G. T. M. (2003). Investigating individual differences in children's real-time sentence comprehension using language-mediated eye movements. *Journal of Experimental Child Psychology, 86*(4), 314-329. doi:10.1016/j.jecp.2003.09.001

Nickisch, A., & von Kries, R. (2009). Short-term memory (STM) constraints in children with specific language impairment (SLI) : are there differences between receptive and expressive SLI ? *Journal of Speech Language and Hearing Research, 52*, 578-595.

Nishiyama, R., & Ukita, J. (2013). Articulation of phonologically similar items disrupts free recall of nonwords. *Journal of Memory and Language, 68*(1), 1-9. doi:10.1016/j.jml.2012.09.002

Novick, J. M., Thompson-Schill, S. L., & Trueswell, J. C. (2008). Putting lexical constraints in context into the visual-world paradigm. *Cognition, 107*(3), 850-903. doi:10.1016/j.cognition.2007.12.011

Oakes, L. M., Baumgartner, H. A., Barrett, F. S., Messenger, I. M., & Luck, S. J. (2013). Developmental changes in visual short-term memory in infancy: evidence from eye-tracking. *Front Psychol, 4*, 697. doi:10.3389/fpsyg.2013.00697

Oberauer, K., & Lewandowsky, S. (2008). Forgetting in immediate serial recall: decay, temporal distinctiveness, or interference? *Psychol Rev, 115*(3), 544-576. doi:10.1037/0033-295X.115.3.544

Parisse, C., & Mollier, R. (2009). Le déficit de mémoire de travail chez les enfants dysphasique est-il ou non spécifique du language ? *Durand J. Habert B., Laks B. Congrès mondial de linguistique française, Jun 2008, Paris, France, Institut de Linguistique Française*(pp.1819- 1830).

Petruccelli, N., Bavin, E. L., & Bretherton, L. (2012). Children With Specific Language Impairment and Resolved Late Talkers: Working Memory Profiles at 5 Years. *Journal of Speech Language and Hearing Research, 55*(6), 1690. doi:10.1044/1092-4388(2012/11-0288)

Pizzioli, F., & Schelstraete, M. A. (2007). Auditory lexical decision in children with specific language impairment. *Proceedings of the 31st Boston University Conference on Language Development.*

Plancher, G., & Barrouillet, P. (2013). Forgetting from working memory: does novelty encoding matter? *J Exp Psychol Learn Mem Cogn, 39*(1), 110-125. doi:10.1037/a0028475

Poll, G. H., Betz, S., & Miller, C. A. (2010). Identification of Clinical Markers of Specific Language Impairment in Adults. *Journal of Speech, Language, and Hearing Research, 53*, 414-429. doi: 10.1044/1092-4388(2009/08-0016)

Poll, G. H., Watkins, H. S., & Miller, C. A. (2014). Lexical decay during online sentence processing in adults with specific language impairment. *J Speech Lang Hear Res, 57*(6), 2253-2260. doi:10.1044/2014_JSLHR-L-13-0265

Poncelet, M., & Van der Linden, M. (2003). L'évaluation du stock phonologique de la mémoire de travail: élaboration d'une épreuve de répétition de non-mots pour population francophone. *Revue de neuropsychologie, 13*(3), 377-407.

Rai, M. K., Harris, R. J. (2013). The modified Brown-Peterson Task : A tool to directly compare children and adult's workin memory. *The Journal of Genetic Psychology, 174*(2), 153-169.

Rapin, I., & Allen, D. A. (1983). Developmental language disorders: nosologics considerations. in: Kirk U. (ed.), Neuropsychology of language, reading, and spelling, New-York: Academic Press,(pp.155-184).

Raven, J. C. (1986). Coloured Progressive Matrices. London: H. K. Lewis.

Raye, C. L., Johnson, M. K., Mitchell, K. J., Greene, E. J., & Johnson, M. R. (2007). Refreshing: A Minimal Executive Function. *Cortex, 43*(1), 135-145. doi:10.1016/s0010-9452(08)70451-9

Reilly, S., Bishop, D. V., & Tomblin, B. (2014). Terminological debate over language impairment in children: forward movement and sticking points. *Int J Lang Commun Disord, 49*(4), 452-462. doi: 10.1111/1460-6984.12111

Rescorla, L. (2005). Age 13 language and reading outcomes in late-talking toddlers. *Journal of Speech Language and Hearing Research, 48*, 459-472.

Rescorla, L. (2009). Age 17 language and reading outcomes in late-talking toddlers : support for a dimensional perspective on language delay. *Journal of Speech Language and Hearing Research, 52*, 16-30.

Rescorla, L., & Achenbach, T. M. (2002). Use of the language development survey (LDS) in a national probability sampled of children 18 to 35 months old. *Journal of Speech Language and Hearing Research, 45*, 733-743.

Rice, M. L. (2013). Language growth and genetics of specific language impairment. *Int J Speech Lang Pathol, 15*(3), 223-233. doi:10.3109/17549507.2013.783113

Rice, M. L., Oetting, J. B., Marquis, J., Bode, J., & Pae, S. (1994). Frequency of input effects on word comprehension of children with specific language impairment. *Journal of Speech and Hearing Research, 37*, 106-122.

Rigler, H., Farris-Trimble, A., Greiner, L., Walker, J., Tomblin, J. B., & McMurray, B. (2015). The slow developmental time course of real-time spoken word recognition. *Dev Psychol, 51*(12), 1690-1703. doi: 10.1037/dev0000044

Romani, C., McAlpine, S., Olson, A., Tsouknida, E., & Martin, R. (2005). Length, lexicality, and articulatory suppression in immediate recall: Evidence against the articulatory loop. *Journal of Memory and Language, 52*(3), 398-415. doi:10.1016/j.jml.2005.01.005

Roodenrys, S., Hulme, C., Lethbridge, A., Hinton, M., & Nimmo, L. M. (2002). Word-frequency and phonological-neighborhood effects on verbal short-term memory. *Journal of Experimental Psychology: Learning, Memory, and Cognition, 28*(6), 1019-1034. doi:10.1037//0278-7393.28.6.1019

Rossion, B., & Pourtois, G. (2004). Revisiting Snodgrass and Vanderwart's object pictorial set: the role of surface detail in basic-level object recognition. *Perception, 33*(2), 217-236. doi:10.1068/p5117

Saint-Aubin, J., & Poirier, M. (1999). The influence of long-term memory factors on immediate serial recall : An item and order analysis. *international Journal of psychology, 34*(5/6), 347-352.

Salamé, P., & Baddeley, A. (1982). Disruption of short-term memory by unattended speech : implications fot the structure of working memory. *Journal of verbal learning and verbal behavior, 21*, 150-164.

Salverda, A. P., Dahan, D., & McQueen, J. M. (2003). The role of prosodic boundaries in the resolution of lexical embedding in speech comprehension. *Cognition, 90*(1), 51-89. doi:10.1016/s0010-0277(03)00139-2

Samuelson, L. K. (2002). Statistical regularities in vocabulary guide language acquisition in connectionist models and 15-20-month-olds. *Developmental Psychology, 38*(6), 1016-1037. doi:10.1037//0012-1649.38.6.1016

Schul, R., Stiles, J., Wulfeck, B., & Townsend, J. (2004). How ‘generalized’ is the ‘slowed processing’ in SLI? The case of visuospatial attentional orienting. *Neuropsychologia, 42*(5), 661-671. doi:10.1016/j.neuropsychologia. 2003.10.010

Schweickert, R., Chen, S., & Poirier, M. (1999). Redintegration and the Useful Lifetime of the Verbal Memory Representation. *international Journal of psychology, 34*(5/6), 447-453.

Sedivy, J. C., Tanenhaus, M. K., Chambers, C. G., & Carlson, G. N. (1999). Achieving incremental semantic interpretation through contextual representation. *Cognition, 71*, 109-147.

Seeff-Gabriel B, Chiat S, Roy P. (2008). The Early Repetition Battery. *London: Pearson Assessment.*

Seiger-Gardner, L., & Schwartz, R. G. (2008). Lexical access in children with and without specific language impairment: a cross-modal picture-word interference study. *Int J Lang Commun Disord, 43*(5), 528-551. doi: 10.1080/13682820701768581

Sekerina, I. A., & Brooks, P. J. (2007). Eye movements during spoken word recognition in Russian children. *J Exp Child Psychol, 98*(1), 20-45. doi:10.1016/j.jecp.2007.04.005

Shafer, V. L., Ponton, C., Datta, H., Morr, M. L., & Schwartz, R. G. (2007). Neurophysiological indices of attention to speech in children with specific language impairment. *clinical neurophysiology, 118*(6), 1230-1243.

Shallice, T., Rumiati, R. I., & Zadini, A. (2000). The selective impairment of the phonological output buffer. *Cogn Neuropsychol, 17*(6), 517-546. doi:10.1080/02643290050110638

Skipp, A., Windfuhr, K. L., & Conti-Ramsden, G. (2002). Children's grammatical categories of verb and noun: a comparative look at children with speciéc language impairment (SLI) and normal language (NL). *international Journal of language communication disorder, 37*(3), 253-271. doi:10.1080/1368282011011921

Smolik, F., & Vavru, P. (2014). Sentence imitation as a marker of SLI in Czech: disproportionate impairment of verbs and clitics. *J Speech Lang Hear Res, 57*(3), 837-849. doi:10.1044/2014_JSLHR-L-12-0384

Snodgrass, J. G., & Vanderwart, M. (1980). A standardized set of 260 pictures: Norms for name agreement, image agreement, familiarity, and visual complexity. *Journal of Experimental Psychology : human learning and memory, 6*(2), 174-215.

Spaulding, T., Plante, E., & Vance, R. (2008a). Sustained Selective Attention Skills of Preschool Children With Specific Language Impairment: Evidence for Separate Attentional Capacities. *Journal of Speech Language and Hearing Research, 51*, 16-43. doi:1092-4388/08/5101-0016

Spaulding, T., Plante, E., & Vance, R. (2008b). Sustained Selective Attention Skills of Preschool Children With Specific Language Impairment: Evidence for Separate Attentional Capacities. *Journal of Speech Language and Hearing Research, 51*, 16-34.

Stark, R. E., & Tallal, P. (1981). Selection of children with specific language deficits. *Journal of Speech and Hearing Research, 46*, 114-122.

Storkel, H. L. (2009). Developmental differences in the effects of phonological, lexical and semantic variables on word learning by infants. *J Child Lang, 36*(2), 291-321. doi:10.1017/S030500090800891X

Storkel, H. L., Armbrüster, J., & Hogan, T. (2006). Differentiating Phonotactic Probability and Neighborhood Density in Adult Word Learning. *Journal of Speech, Language, and Hearing Research, 49*, 1175–1192. doi: 10.1044/1092-4388

Storkel, H. L., & Lee, S. Y. (2011). The Independent Effects of Phonotactic Probability and Neighborhood Density on Lexical Acquisition by Preschool Children. *Lang Cogn Process, 26*(2), 191-211. doi: 10.1080/01690961003787609

Storkel, H. L., & Rogers, M. A. (2000). The effect of probabilistic phonotactics on lexical acquisition. *Clinical Linguistics & Phonetics, 14*(6), 407-425.

Swingley, D. (2009). Onsets and codas in 1.5-year-olds' word recognition. *J Mem Lang, 60*(2), 252. doi:10.1016/j.jml.2008.11.003

Swingley, D., & Aslin, R. N. (2007). Lexical competition in young children's word learning. *Cogn Psychol, 54*(2), 99-132. doi:10.1016/j.cogpsych.2006.05.001

Swingley, D., Pinto, J. P., & Fernald, A. (1999). Continuous processing in word recognition at 24 months. *Cognition, 71*, 73-108.

Tallal, P. (1985a). Identification of language-impairment children on the basis of rapid perception and production skills. *Brain and Language, 25*, 314-322.

Tallal, P. (1985b). Identification of langugae-impairment children on the basis of rapid perception and production sills. *Brain and Language, 25*, 314-322.

Tallal, P., & Piercy, M. (1974). Developmental aphasia : Rate of auditory processing and selective impairment of consonant perception. *Neuropsychologia, 12*, 83-93.

Tallal, P., Stark, R. E., Kallman, C., & Mellits, D. (1981). A reexamination of some nonverbal perceptual abilities of language impaired and normal children as a function of age and sensory modality. *Journal of Speech and Hearing Research, 24*, 351-357.

Tam, H., Jarrold, C., Baddeley, A. D., & Sabatos-DeVito, M. (2010). The development of memory maintenance: children's use of phonological rehearsal and attentional refreshment in working memory tasks. *J Exp Child Psychol, 107*(3), 306-324. doi:10.1016/j.jecp.2010.05.006

Tamminen, J., & Gaskell, M. G. (2008). Newly learned spoken words show long-term lexical competition effects. *Q J Exp Psychol (Hove), 61*(3), 361-371. doi:10.1080/17470210701634545

Tamminen, J., Payne, J. D., Stickgold, R., Wamsley, E. J., & Gaskell, M. G. (2010). Sleep spindle activity is associated with the integration of new memories and existing knowledge. *J Neurosci, 30*(43), 14356-14360. doi:10.1523/JNEUROSCI.3028-10.2010

Tanenhaus, M. K., Spivey-Knowlton, M. J., Eberhard, K. M., & Sedivy, J. C. (1996). Using eye movements to study spoken language comprehension: Evidence for visually-mediated incremental interpretation. *In T. Inui & J. L. McClelland (Eds.), Vol. XVI*(pp. 457-458), Attention and performance. Cambridge, MA: MIT.

Tanenhaus, M. K., & Trueswell, J. (2006). Eye Movements and spoken language comprehension. *In M. J. Traxler & M. A. Gernsbacher, (Eds.), Handbook of Psycholinguistics, 2nd Edition*(pp. 863–900), Amsterdam, NLD Academic Press. doi:10.1016/B978-012369374-7/50023-7

Taylor, C. L. (2002). Specific language impariment : A persistent developemental health problem. *speech language pathology, 4*(1), 59-63.

Thal, D. J., Miller, S., Carlson, J., & Vega, M. (2005). Nonword Repetition and Language Development in 4-Year-Old Children With and Without a History of Early Language Delay. *Journal of Speech Language and Hearing Research, 48*, 1481-1495.

Thordardottir, E., Keheyia, E., Lessard, N., Sutton, A., & Trudeau, N. (2010). Typical Performance on Tests of Language Knowledge and Language Processing of French-Speaking 5-Year-Olds. *Revue canadienne d'orthophonie et d'audiologie, 34*(1), 5-16.

Tomblin, B., Records, N. L., Buckewalter, P., Zhang, X., Smith, E., & O'brien, M. (1997). Prevalence of specific language impairment in kindergarten children. *Journal of Speech Language and Hearing Research, 40*(6), 1245-1260.

Turner, J. E., Henry, L. A., Smith, P. T., & Brown, P. A. (2004). Redintegration and lexicality effects in children : Do they depend upon the demands of the memory task ? *Mem Cognit, 32*(3), 501-510.

Ullman, M. T., & Pierpont, E. I. (2005). Specific Language Impairment is not Specific to Language: the Procedural Deficit Hypothesis. *Cortex, 41*(3), 399-433. doi:10.1016/s0010-9452(08)70276-4

van der Lely, H. K. (2005). Domain-specific cognitive systems: insight from Grammatical-SLI. *Trends Cogn Sci, 9*(2), 53-59. doi:10.1016/j.tics.2004.12.002

van der Lely, H. K., Rosen, S., & Adlard, A. (2004). Grammatical language impairment and the specificity of cognitive domains: relations between auditory and language abilities. *Cognition, 94*(2), 167-183. doi:10.1016/j.cognition.2004.01.003

Velez, M., & Schwartz, R. G. (2010). Spoken Word Recognition in School-Age Children With SLI: Semantic, Phonological, and Repetition Priming. *Journal of Speech Language and Hearing Research, 53*, 1616-1628.

Vissers, C., Koolen, S., Hermans, D., Scheper, A., & Knoors, H. (2015). Executive functioning in preschoolers with specific language impairment. *Front Psychol, 6*, 1574. doi:10.3389/fpsyg.2015.01574

Vitevitch, M. S., Luce, P. A., Pisoni, D. B., & Auer, E. T. (1999). Phonotactics, neighborhood activation, and lexical access for spoken words. *Brain Lang, 68*(1-2), 306-311. doi:10.1006/brln.1999.2116

Walley, A. C., Metsala, J. L., & Garlock, V. M. (2003). Spoken vocabulary growth: Its role in the development of phoneme awareness and early reading ability. *Reading and writting : an interdisciplinary journal, 16*, 5-20.

Wechsler, D.(2005). *WISC. Echelle d'intelligence de Wechsler pour enfants et adolescents - quatrième édition.* Paris : ECPA.

Weighall, A. R., Henderson, L. M., Barr, D. J., Cairney, S. A., & Gaskell, M. G. (2017). Eye-tracking the time-course of novel word learning and lexical competition in adults and children. *Brain Lang, 167*, 13-27. doi: 10.1016/j.bandl.2016.07.010

Weismer, S. E., Venker, C. E., Evans, J. L., & Moyle, M. J. (2013). Fast Mapping in Late-Talking Toddlers. *Appl Psycholinguist, 34*(1), 69-89. doi:10.1017/S0142716411000610

World Health Organization. (1993). The ICD-10 classification for mental and behavioural disorders: Diagnostic criteria for research. *Geneva: World Health Organization*.

Yee, E., Huffstetler, S., & Thompson-Schill, S. L. (2011). Function follows form: activation of shape and function features during object identification. *J Exp Psychol Gen, 140*(3), 348-363. doi:10.1037/a0022840

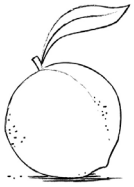
Yee, E., & Sedivy, J. C. (2006). Eye movements to pictures reveal transient semantic activation during spoken word recognition. *J Exp Psychol Learn Mem Cogn, 32*(1), 1-14. doi:10.1037/0278-7393.32.1.1

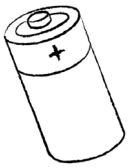
Yuzawa, M. (2001). Effects of word length on young children's memory performance. *Mem Cognit, 29*(4), 557-564.

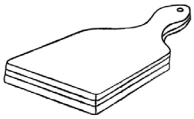
Zelinsky, G. J., & Murphy, G. L. (2000). Synchronizing visual and language processing: An effect of object name lenght on eye movements. *psychological science, 11*(2), 125-131.

Annexes

Annexe 1. Banque d'images utilisées pour les différentes études.

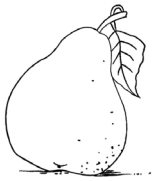

Pêche

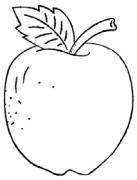

Pile



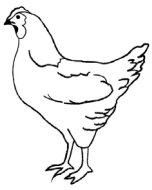
Planche

Plante

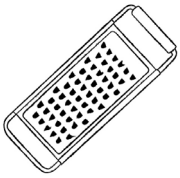

Poire

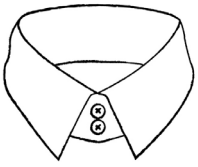

Pomme

Pouce


Poule

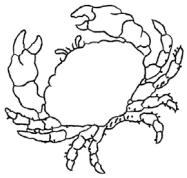
Pull

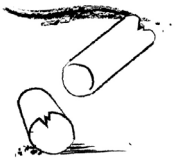

Rape


Col

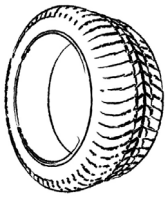
Coq

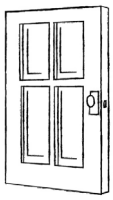
Cor


Crabe

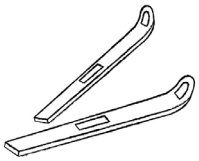

Craie

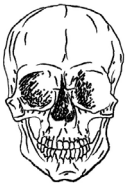
Plume

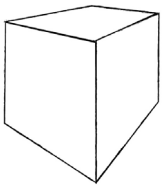

Pneu


Porte

Rame


Ski


Crane

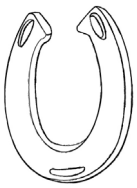

Cube

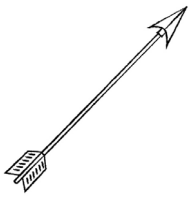
Dé

Dent

Elfe

Fée

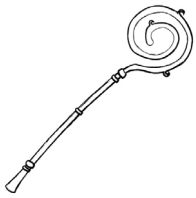

Fer


Flèche

Four

Gant

Chou

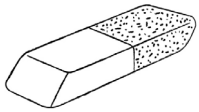

Crosse

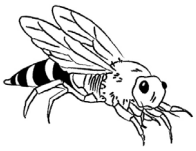
Dague

Douche

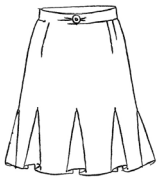
Ile

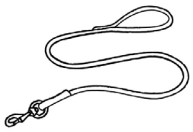
Gland


Gomme


Guêpe

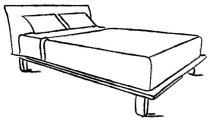
Hutte

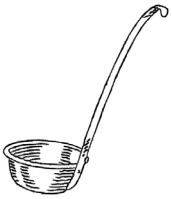

Jupe

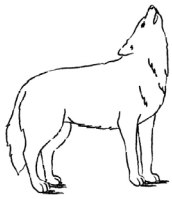

Laisse

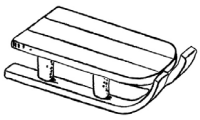
Lampe

Langue

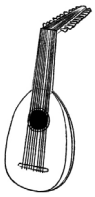

Lit


Louche


Loup


Luge

Lune

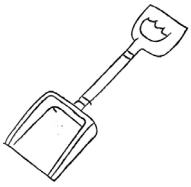

Luth

Main

Lance

Loupe

Nasse


Pelle

Pipe

Mangue

Masque

Mouche

Moule

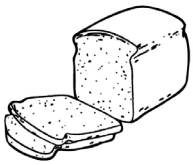
Mure

Nez

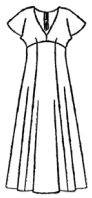
Niche

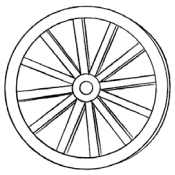
Nid

Ours

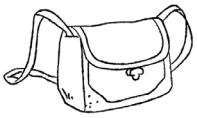

Pain

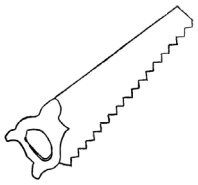
Rat

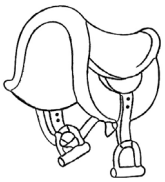

Robe


Roue

Ruche


Sac

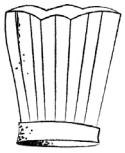

Scie

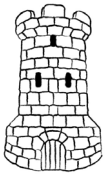

Selle

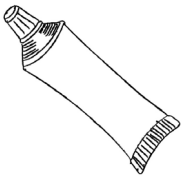
Short

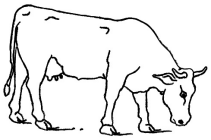
Singe

Tache


Toque


Tour

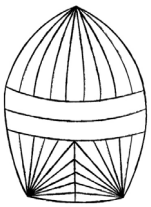

Tube


Vache

Vase

Verre

Vis


Spi

Tasse

Vague

Annexe 2. Caractéristiques du matériel verbal pour les chapitres 1 et 2 (items 1 & 2) et pour le chapitre 3 (items 3).

Moyenne		Freqfilms2	Nbhomoph	Nbphons	Voisphon	Puphon	AoA
Items 1 & 2		35,98	5.09	2.92	8.60	4.62	3.18
Items 3	**Mots appris**	6.41	3	3	17	3	9.67
	Mots connus	27.19	5	3	16	3	5.65

- *Freqfilms2* : fréquence par million d'occurrences du mot selon le corpus de sous-titres de films
- *Nbhomoph* : nombre d'homophones ou d'entrées ayant la même forme phonologique
- *Nbphons* : nombres de phonèmes
- *p-cvcv* : structure de la forme phonologique
- *Voisphon* : nombre de voisins phonologiques pouvant être créés en changeant un phonème sans modifier les autres
- *Puphon* : point d'unicité phonologique correspondant au rang du phonèmes en partant de la gauche à partir duquel le mots peut être identifié sans ambiguïté
- *AoA* : âge d'acquisition (années)

Items 1&2	Freqfilms2	Nbhomoph	Nbphons	p-cvcv	Voisphon	Puphon	AoA *Avatalk*
banc	8,96	4	2	CV	2	4	3.67
beurre	15,12	9	3	CVC	5	6	3.8
botte	6,38	6	3	CVC	14	5	4.08
bouche	87,75	6	3	CVC	9	6	2.3
bûche	2,09	5	3	CVC	5	5	5.63
bulle	2,99	6	3	CVC	10	5	3,18
bus	50,63	2	3	CVC	19	3	4.37
cage	16,61	2	3	CVC	15	4	5.03
canne	10,21	8	3	CVC	10	5	4.6
casque	12,11	5	4	CVCC	7	6	4.6
chaine	28,40	4	3	CVC	1	6	5.53
chaise	32,70	2	3	CVC	2	6	2.56
chat	57,71	7	2	CV	7	4	2.15
coeur	224,98	4	3	CVC	1	5	3.43
col	8,35	7	3	CVC	17	3	5.52
coq	10,74	4	3	CVC	8	3	3.31
crabe	4,90	2	4	CCVC	7	5	4.33
crane	0,96	8	4	CCVC	8	5	6.19
cube	1,58	4	3	CVC	5	3	4.21
de	9,86	2	2	CV	4	4	4.3
douche	32,56	5	3	CVC	10	6	3.42
four	13,95	5	3	CVC	9	4	4.45
gant	9,86	2	2	CV	4	4	3.95
gomme	3,21	5	3	CVC	10	5	4.36
lampe	22,22	4	3	CVC	9	5	3.86
lance	12,20	7	3	CVC	5	5	6.36
lit	176,10	10	2	CV	19	3	2.32
louche	1,55	7	3	CVC	8	6	5.31
loup	20,97	5	2	CV	7	4	3.73
loupe	1,66	5	3	CVC	10	5	5.74
luge	1,19	2	3	CVC	7	4	4.28
lune	58,29	4	3	CVC	10	4	3.26
main	286,62	4	2	CV	13	4	2.32
masque	23,16	5	4	CVCC	9	6	4.47
mouche	15,36	5	3	CVC	8	6	3.43
moule	3,56	5	3	CVC	14	5	5.17
nez	75,18	10	2	CV	9	3	2.75
nid	11,07	6	2	CV	7	3	4.09
pain	62,81	9	2	CV	15	4	2.74
planche	10,01	5	4	CCVC	3	7	6.23
plante	9,00	5	4	CCVC	5	6	4.67
pomme	19,77	4	3	CVC	9	5	4.05
porte	288,39	5	4	CVCC	13	5	2.78
pouce	11,89	8	3	CVC	4	5	3.13
poule	23,50	3	3	CVC	13	5	2.78
pull	11,41	2	3	CVC	2	4	2.82
rat	24,21	7	2	CV	19	3	3.78
roue	13,49	7	2	CV	18	4	4.28
selle	8,90	12	3	CVC	8	5	5.78
short	3,79	2	4	CVCC	2	4	3.94
tube	12,16	2	3	CVC	7	4	4.43
vache	36,24	4	3	CVC	5	5	2.66
vase	9,83	2	3	CVC	9	4	5.04

Items 3	Freqfilms2	Nbhomoph	Nbphons	p-cvcv	Voisphon	Puphon	AoA
anche	0,17	3	2	VC	10	2	19,43
arche	2,83	2	3	VCC	10	3	9,30
batte	6,39	8	3	CVC	33	3	12,59
bogue	0,12	3	3	CVC	21	3	6,60
bonde	0,23	2	3	CVC	13	3	7,33
bêche	0,42	4	3	CVC	22	3	9,30
crosse	1,96	3	4	CCVC	9	4	11,10
dague	2,19	2	3	CVC	21	3	5,00
nasse	0,39	2	3	CVC	21	3	7,00
spi	0,01	1	3	CCV	9	3	18,40
ange	47,90	2	2	VC	7	2	5.69
arc	4,52	4	3	VCC	12	3	5.22
bague	26,14	3	3	CVC	26	3	4.57
bec	6,74	2	3	CVC	23	3	4.24
bol	16,93	2	3	CVC	26	3	3.27
bombe	48,70	5	3	CVC	8	3	6.09
brosse	7,29	5	4	CCVC	8	4	3.53
ski	13,84	5	3	CCV	6	3	4.55
tasse	18,52	5	3	CVC	29	3	3.27
vague	12,80	6	3	CVC	15	3	2.66
cage	16,61	2	3	CVC	24	3	4.37
canne	10,91	8	3	CVC	30	3	5.03
chou	25,5	2	2	CV	24	2	4.42
douche	32,56	5	3	CVC	10	6	3.42
lance	12,2	7	3	CVC	5	5	6.36
pelle	8,75	5	3	CVC	26	3	3.27
pipe	12,84	4	3	CVC	26	3	5,65
porte	288,39	5	4	CVCC	13	5	2.78
rame	2,47	7	3	CVC	26	3	6.09
vague	12,8	6	3	CVC	15	3	2.36
aigle	5,50	2	3	VCC	3	3	5.62
île	50,20	8	2	VC	15	2	5.3
loupe	1,66	5	3	CVC	17	3	5.74
plante	9,00	5	4	CCVC	6	4	4.67
plume	6,49	5	4	CCVC	5	4	3.67
pneu	5,64	2	3	CCV	4	3	5.47

Annexe 3. Questionnaire de développement fourni aux parents des participants.

*Nous vous demandons de remplir ce questionnaire **anonymisé** (le nom de votre enfant n'apparaîtra pas, il est remplacé par le code qui lui est attribué dans le cadre de l'étude) et **confidentiel.** Ce questionnaire est proposé à tous les parents des **enfants** participants à notre recherche, **présentant des troubles** du langage oral ou **sans trouble** du langage. Pour cela, certaines questions sont susceptibles de ne pas concerner votre enfant. Quelques questions concernent les antécédents familiaux et le parcours du ou des parent(s) de l'enfant.*

*Nous vous remercions de répondre le plus précisement possible aux questions correspondantes à la situation de votre enfant ainsi qu'à la votre. Si vous êtes dans l'incapacité de répondre à certaines de ces questions, merci d'indiquer simplement que vous ne savez pas. Nous restons à votre disposition pour vous apportez des précisions si nécessaire, **n'hésitez pas à nous solliciter.***

Code de l'enfant participant : .....

rempli par le père ○ la mère ○ autre ○ préciser :

Date du jour de l'inclusion : jour ..... mois ..... année .....

◆ **Sexe de l'enfant** masculin ○ féminin ○

- anomalie chromosomique non ○ oui ○ préciser :
- grossesse gémellaire non ○ oui ○ préciser :

◆ **Date de naissance** jour ..... mois ..... année .....

◆ **Age le jour de l'inclusion** année ..... mois .....

◆ **Parcours scolaire de l'enfant**

- Date d'entrée en maternelle : mois ..... année .....
- Niveau scolaire le jour d'inclusion : MSM ○ GSM ○ CP ○ CE1 ○ autre ○ préciser :
- Classe(s) doublée(s) (PSM, MSM, GSM, CP, CE1) : non ○ oui ○ préciser :
- Soutien scolaire : non ○ oui ○ date début :
- Adaptations pédagogiques : non ○ oui ○ Merci de préciser :

◆ **Développement de l'enfant** (si non acquis : indiquer NA)

Période néonatale
- Sans particularité ○
- Particularité(s) :

Langue maternelle
- Français non ○ oui ○
- Autre que français (merci de préciser) :
- Bilinguisme non ○ oui ○
- Autre(s) langue(s) parlée(s) au domicile (merci de préciser) :

Langage
- Babillage non ○ oui ○ âge :
- Premier mot non ○ oui ○ âge :
- Association de 2 mots âge :
- Formation de phrases âge :

Psychomoteur
- Station assise âge :
- Marche âge :
- Propreté diurne âge :
- Propreté nocturne âge :

◆ **Prise(s) en charge et rééducation(s) de l'enfant** (CAMPS, CMP, CMPP, cabinet libéral)

Orthophonie non ○ oui ○ date début : ..... nombre de séance(s) par semaine :

Psychomotricité non ○ oui ○ date début : ..... nombre de séance(s) par semaine :

Activité en groupe non ○ oui ○ date début : ..... nombre de séance(s) par semaine :

Psychologie non ○ oui ○ date début : ..... nombre de séance(s) par semaine :

Autre(s) (merci de préciser) :

◆ **Antécédents médicaux et chirurgicaux de l'enfant**

ORL
- Otites non ○ oui ○
- Drains non ○ oui ○
- Surdité non ○ oui ○ préciser :

Pratique de la langue des signes :

Ophtalmologie
- Vision normale non ○ oui ○
- Vision corrigée (lunettes) non ○ oui ○
- Rééducation orthoptique non ○ oui ○

Autre(s) (merci de préciser) :

◆ **Parcours scolaire et professionnel du (des) parent(s)**

		Mère	Père
Niveau d'étude	Jamais scolarisé	○	○
	Primaire	○	○
	Brevet des collèges	○	○
	BEP, CAP	○	○
	BAC	○	○
	BAC et + (merci de préciser) :	○	○
	Autres (merci de préciser) :		

Profession	Mère	Père
Agriculteurs exploitants	○	○
Artisans, commerçants	○	○
Chefs d'entreprise	○	○
Cadre	○	○
Professions intermédiaires	○	○
Employés	○	○
Ouvriers	○	○
Retraités	○	○
Sans activité	○	○
Etudiants	○	○
Autres (merci de préciser) :		

◆ **Antécédents médicaux du (des) parent(s)**

Santé
- Suivi ORL (otites…) non ○ oui ○
- Surdité non ○ oui ○ préciser :

Pratique de la langue des signes :

- Autres :

Apprentissages
- Trouble du langage oral non ○ oui ○
- Dyslexie non ○ oui ○
- Autres :

Prise(s) en charge
- Orthophonique non ○ oui ○
- Autres :

◆ **Concernant les frère(s) et sœur(s) de votre enfant**

Troubles des apprentissages non ○ oui ○

Merci de préciser :

◆ **Commentaires ou précisions éventuels**

***Nous vous remercions beaucoup pour votre participation**. Ce questionnaire nous permettra d'analyser au mieux les profils des enfants pour notre étude portant sur la mémoire auditive et verbale des enfants présentant des troubles développementaux du langage oral. Si vous souhaitez obtenir des renseignements et pour toutes questions, vous pouvez envoyer un email à Delphine Fleurion (neuropsychologue en neuropédiatrie) à l'adresse suivante : **delphine.fleurion@gmail.com** .*

Annexe 4. Protocole du test de répétition de phrases.

EPREUVE DE REPETITIONS DE PHRASES - NEPSY I - MEMENTO (enregistrer les réponses)

Code de l'enfant participant :

Consigne : " Je vais te dire des phrases. Je veux que tu les redises exactement comme moi. Attends que j'aie fini (se désigner). Puis après, c'est à ton tour (désigner l'enfant). Ecoute bien. Nous allons commencer. " Ne jamais répéter la phrase. **Critère d'arrêt** : 4 échecs (score nul) consécutifs.

1	Dors bien.	0 1 2
2	Regarde Pierre.	0 1 2
3	Le chien court à la maison.	0 1 2
4	Le chat a mangé sa pâtée.	0 1 2
5	Paul rentre à la maison en courant.	0 1 2
6	Les enfants font la queue pour déjeuner.	0 1 2
7	Certains enfants ont une bibliothèque dans leur école.	0 1 2
8	Lorsque le soleil s'est couché, nous avons monté nos tentes.	0 1 2
9	Après avoir mangé son sandwich au jambon, Alice a bu son lait.	0 1 2
10	Elle avait du mal à écrire parce que sa main droite était dans le plâtre.	0 1 2
11	Chaque matin, les oiseaux chantent dans les arbres sous ma fenêtre.	0 1 2
12	La femme qui est près de l'homme à la veste verte est ma tante.	0 1 2
13	De longues files de personnes attendaient pour entrer dans le stade.	0 1 2
14	Les jeunes de notre immeuble rassemblent de l'argent pour la construction d'un centre de loisirs.	0 1 2
15	Comme un orage approchait nous avons mis le pique nique à l'abri dans le grand panier.	0 1 2
16	Les légumes frais étaient coupés et disposés dans une coupe pour faire une bonne salade.	0 1 2
17	Mercredi prochain à quatorze heures, notre équipe de football jouera un match au stade.	0 1 2
	Score total	
	Note standard	

1 point : une ou deux erreurs

0 point : plus de deux erreurs

Type d'erreur : Ajout, Omission, Substitution, Transformation

Annexe 5. Protocole du test de répétition de chiffres.

EPREUVE EMPAN DE CHIFFRES ENDROIT (De Agostini, Kremin, Curt Dellatolas 1996) - MEMENTO

Code de l'enfant participant :

Consigne : " Tu écoutes bien ce que je vais dire et tu répètes comme moi, Si je dis 4, tu dis 4. Si je dis 3 2, tu répètes 3 2 quand je baisse mon sytlo. D'accord ? " **Critères d'arrêt :** 2 échecs consécutifs.

Essais	1	5 8	2	3 9

			Score (0/1)	**Erreurs (item/ordre)**
série 2	1	4 8		
	2	2 9		
série 3	1	1 5 3		
	2	7 2 4		
série 4	1	2 6 7 1		
	2	3 9 4 6		
série 5	1	7 5 8 2 9		
	2	3 1 4 6 2		
série 6	1	3 1 9 7 2 4		
	2	5 8 6 1 4 2		
série 7	1	9 1 4 6 7 3 4		
	2	2 8 6 1 5 3 9		

Empan digital		**Score total**		
Déviation standard		**Déviation standard**		

Annexe 6. Protocole du test de répétition de non-mots.

EPREUVE DE REPETITION DE NON-MOTS (Poncelet Van Der Linden, 2003) - MEMENTO
(enregistrer les réponses)

Code de l'enfant participant :

Consigne : « tu vas devoir répéter immédiatement après moi des mots qui n'ont pas de sens. Fais attention, il deviendront de plus en plus longs ». Chaque item doit être prononcé d'un seul trait, comme un mot. Présenter au patient tous les items.
Critère d'arrêt : 3 échecs pour une même série.

NON-MOTS SIMPLES : CV

Essais	1	PE	2	BUN	3	JA	4	ZOU
série 2	1	BE	FO					
	2	ZIN	GU					
	3	Pé	MUN					
série 3	1	BO	FE	NAN				
	2	PUN	Mé	DA				
	3	Zé	GON	MUN				
série 4	1	BUN	FO	NA	GU			
	2	ZU	GON	MEU	CHI			
	3	PAN	Mé	DUN	KO			
série 5	1	ZIN	GU	MUN	CHON	Lé		
	2	Pé	MEU	DUN	KIN	VO		
	3	BON	FUN	NAN	GON	TI		
série 6	1	PE	Mé	DA	KIN	VO	REU	
	2	BI	FO	NA	GON	TEU	ZIN	
	3	ZOU	GU	MUN	CHI	LEU	Pé	
série 7	1	BUN	FE	NAN	GU	TO	Zé	LEU
	2	PUN	Mé	DA	KAU	VE	REU	CHI
	3	ZOU	GON	MEU	CHI	LUN	Pé	TO
série 8	1	Pé	MEU	DA	KIN	VO	RE	CHON	PUN
	2	ZIN	GU	Mé	CHI	LEU	PUN	TO	Zé
	3	BE	FO	NAN	GON	TI	ZU	Lé	BUN

Score de réussite		Syllabes correctes
série 2		série 2
0	1	max 6
0	1	
0	1	
série 3		série 3
0	1	max 9
0	1	
0	1	
série 4		série 4
0	1	max 12
0	1	
0	1	
série 5		série 5
0	1	max 15
0	1	
0	1	
série 6		série 6
0	1	max 18
0	1	
0	1	
série 7		série 7
0	1	max 21
0	1	
0	1	
série 8		série 8
0	1	max 24
0	1	
0	1	

EPREUVE DE REPETITION DE NON-MOTS (Poncelet Van Der Linden, 2003) - MEMENTO
(enregistrer les réponses)

Code de l'enfant participant :

NON-MOTS COMPLEXES : CCV

Essais	1	PRE	2	SPAN	3	BLI	4	VLUN
série 2	1	SPON	KRUN					
	2	VLO	PLOU					
	3	BLU	PSA					
série 3	1	VLEU	PLO	SCOU				
	2	SPUN	KRO	VRI				
	3	BLOU	PSUN	GLO				
série 4	1	SPIN	KRE	VRON	DRé			
	2	BLO	PSé	GLOU	FLI			
	3	VLI	PLUN	SCO	GLE			
série 5	1	BLIN	PSON	GLI	FLA	TRAN		
	2	VLé	PLOU	SCUN	GLEU	DRO		
	3	SPOU	KRé	VRIN	DRON	FRA		
série 6	1	BLUN	PSA	GLé	FLIN	TRE	GRU	
	2	SPU	KRON	VRUN	DROU	FREU	SPO	
	3	VLU	PLE	SCAN	GLOU	DRé	PRA	

Score de réussite		Syllabes correctes
série 2		série 2
0	1	max 6
0	1	
0	1	
série 3		série 3
0	1	max 9
0	1	
0	1	
série 4		série 4
0	1	max 12
0	1	
0	1	
série 5		série 5
0	1	max 15
0	1	
0	1	
série 6		série 6
0	1	max 18
0	1	
0	1	

Scores bruts	Scores de réussite	Syllabes correctes	Taille de l'empan
CV			
CCV			
Total			

Déviations standards	Scores de réussite	Syllabes correctes	Taille de l'empan
CV			
CCV			
Total			

Annexe 7. Protocole de décision lexicale pour le chapitre 3.

EPREUVE DE DECISION LEXICALE - Fast map - MEMENTO

Code de l'enfant participant :

Consigne : " Tu vas entendre des mots qui existent et des mots qui n'existent pas. Tu devras dire à chaque fois "oui" si tu penses que le mot existe ou alors "non" ,si tu penses que le mot n'existe pas". Administrer les 40 items.

	Mot cible	oui	non	Type erreurs	Score
1	aigle				
2	jupe				
3	*gum*				
4	**anche**				
5	*mope*				
6	cube				
7	**spi**				
8	*chaf*				
9	**batte**				
10	*pite*				
11	gland				
12	**dague**				
13	*rougue*				
14	chaise				
15	*kin*				
16	plume				
17	**bogue**				
18	*vaf*				
19	*rub*				
20	four				

	Mot cible	oui	non	Type erreurs	Score
21	*bup*				
22	**bêche**				
23	*anfe*				
24	*bade*				
25	**arche**				
26	*sti*				
27	*bere*				
28	**bonde**				
29	singe				
30	**nasse**				
31	*drosse*				
32	bol				
33	*ars*				
34	*bove*				
35	bouche				
36	*jasse*				
37	*bonque*				
38	**crosse**				
39	*rague*				
40	*mip*				

Omissions	
Fausses reconnaissances	

Bonnes reconnaissances (max = 20)	
Reconnaissance mots appris (max = 10)	
Score total (max = 40)	

Annexe 8. Matrices de corrélations partielles pour chaque groupe, entre les performances à la tâche de décision lexicale (d' et nombre de reconnaissance correcte pour les mots connus et appris, score total) et les celles aux tests de répétition de non-mots, à l'EVIP (âge lexical AL) et aux PM-47.

TD		*d'* MC	*d'* MA	RC Mc	RC MA	Score total	RNM	EVIP	PM-47	AL
d' MC	r_p	1	0,352	0,39	-0,353	0,606	-0,044	0,458	0,077	0,446
	Valeur de p	.	*0,03*	*0,016*	*0,03*	*0*	*0,794*	*0,004*	*0,646*	*0,005*
d' MA	r_p		1	0,296	0,697	0,914	0,306	0,488	-0,17	0,494
	Valeur de p		.	*0,072*	*0*	*0*	*0,062*	*0,002*	*0,308*	*0,002*
RC Mc	r_p			1	0,256	0,457	0,097	0,459	-0,162	0,419
	Valeur de p			.	*0,121*	*0,004*	*0,56*	*0,004*	*0,33*	*0,009*
RC MA	r_p				1	0,501	0,359	0,181	-0,286	0,18
	Valeur de p				.	*0,001*	*0,027*	*0,277*	*0,081*	*0,28*
ST	r_p					1	0,221	0,568	-0,145	0,557
	Valeur de p					.	*0,183*	*0*	*0,386*	*0*
RNM	r_p						1	0,292	0,221	0,333
	Valeur de p						.	*0,076*	*0,183*	*0,041*
EVIP	r_p							1	0,213	0,989
	Valeur de p							.	*0,198*	*0*
PM-47	r_p								1	0,248
	Valeur de p								.	*0,133*

TSLO56		*d'* MC	*d'* MA	RC Mc	RC MA	Score total	RNM	EVIP	PM-47	AL
d' MC	r_p	1	0,326	0,785	-0,199	0,771	0,074	0,137	-0,21	0,145
	Valeur de p	.	*0,186*	*0*	*0,429*	*0*	*0,772*	*0,589*	*0,402*	*0,566*
d' MA	r_p		1	0,375	0,727	0,798	0,422	0,077	-0,359	0,123
	Valeur de p		.	*0,125*	*0,001*	*0*	*0,081*	*0,762*	*0,144*	*0,626*
RC Mc	r_p			1	0,214	0,785	0,266	0,317	-0,282	0,323
	Valeur de p			.	*0,395*	*0*	*0,285*	*0,2*	*0,257*	*0,19*
RC MA	r_p				1	0,429	0,532	0,163	-0,239	0,197
	Valeur de p				.	*0,075*	*0,023*	*0,517*	*0,339*	*0,433*
ST	r_p					1	0,295	0,215	-0,31	0,248
	Valeur de p					.	*0,234*	*0,392*	*0,211*	*0,322*
RNM	r_p						1	-0,176	-0,331	-0,12
	Valeur de p						.	*0,486*	*0,18*	*0,636*
EVIP	r_p							1	0,18	0,994
	Valeur de p							.	*0,474*	*0*
PM-47	r_p								1	0,149
	Valeur de p								.	*0,554*

TSLO78		*d'* MC	*d'* MA	RC Mc	RC MA	Score total	RNM	EVIP	PM-47	AL
***d'* MC**	r_p	1	0,699	0,305	-0,377	0,648	0,32	0,441	-0,441	0,341
	Valeur de p	.	*0*	*0,179*	*0,092*	*0,001*	*0,157*	*0,046*	*0,045*	*0,131*
***d'* MA**	r_p		1	0,495	0,266	0,83	0,322	0,382	-0,729	0,343
	Valeur de p		.	*0,023*	*0,243*	*0*	*0,155*	*0,087*	*0*	*0,127*
RC Mc	r_p			1	0,606	0,574	0,347	0,58	-0,447	0,54
	Valeur de p			.	*0,004*	*0,006*	*0,124*	*0,006*	*0,042*	*0,012*
RC MA	r_p				1	0,297	0,137	0,114	-0,28	0,188
	Valeur de p				.	*0,191*	*0,553*	*0,624*	*0,219*	*0,414*
ST	r_p					1	0,394	0,444	-0,635	0,43
	Valeur de p					.	*0,078*	*0,044*	*0,002*	*0,052*
RNM	r_p						1	0,115	-0,269	0,121
	Valeur de p						.	*0,619*	*0,238*	*0,6*
EVIP	r_p							1	-0,287	0,863
	Valeur de p							.	*0,207*	*0*
PM-47	r_p								1	-0,278
	Valeur de p								.	*0,223*