

# Effet d'un entraînement en mémoire de travail sur la compréhension syntaxique dans le TDL

Inès Moreau, Sarah Caillavet

► **To cite this version:**

Inès Moreau, Sarah Caillavet. Effet d'un entraînement en mémoire de travail sur la compréhension syntaxique dans le TDL. Sciences cognitives. 2018. dumas-02084288

**HAL Id: dumas-02084288**

**<https://dumas.ccsd.cnrs.fr/dumas-02084288>**

Submitted on 29 Mar 2019

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

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

ACADEMIE DE PARIS  
SORBONNE UNIVERSITE

MEMOIRE POUR LE CERTIFICAT DE CAPACITE D'ORTHOPHONISTE

EFFET D'UN ENTRAINEMENT EN MÉMOIRE DE TRAVAIL SUR LA  
COMPRÉHENSION SYNTAXIQUE DANS LE TDL

SOUS LA DIRECTION DE HELENE DELAGE

ANNEE UNIVERSITAIRE 2017-2018

MOREAU  
Inès

CAILLAVET  
Sarah

## **Remerciements :**

Nous tenons à remercier Hélène DELAGE et Emily STANFORD de nous avoir accordé leur confiance et nous avoir accompagn es durant ces deux années. Merci pour leur aide et leurs précieux conseils.

Nous remercions également les membres du jury pour l'intérêt qu'ils ont porté à notre travail de recherche.

Merci à l'ensemble des orthophonistes qui nous ont permis d'entrer en contact avec leurs patients. Une pens e particulière à Sarah TESSARECH, qui croit en ce projet depuis le début et nous suit jusque dans notre jury.

Nous adressons aussi nos remerciements chaleureux aux enfants et à leurs parents, sans qui ce travail n'aurait pas été possible.

Enfin, un grand merci à nos proches, pour leur aide et leur soutien en toutes circonstances, qui nous ont permis d'arriver jusque-là.

## **Engagement de non plagiat**

**Nous soussign es Sarah CAILLAVET et Inès MOREAU, déclarons être pleinement conscientes que le plagiat de documents ou d'une partie d'un document publiés sur toutes formes de support, y compris l'Internet, constitue une violation des droits d'auteur ainsi qu'une fraude caract ris e. En conséquence, nous nous engageons à citer toutes les sources que nous avons utilis es pour écrire ce mémoire.**

**Signature :**

## **Résumé**

Cette étude a analysé les effets d'un entraînement en Mémoire de Travail (MdT), ciblant la boucle phonologique et l'administrateur central, sur les compétences en MdT et en compréhension syntaxique, chez des enfants à développement typique (DT) et atteints de trouble développemental du langage (TDL). Pour ce faire, huit enfants TDL et trois enfants DT ont suivi un entraînement expérimental en MdT, et huit enfants TDL et cinq enfants DT, appariés en âges, ont effectué un entraînement alternatif qui portait sur des compétences du domaine scolaire. L'analyse des résultats a montré une amélioration des compétences en MdT du groupe expérimental après l'entraînement. Cependant, celle-ci ne s'est pas transférée aux capacités de compréhension de phrases complexes, possiblement en raison d'épreuves trop complexes pour les sujets, faisant intervenir des facteurs extralinguistiques et demandant de nombreuses ressources cognitives.

**Mots-clés** : Trouble Développemental du Langage ; Mémoire de Travail ; Entraînement ; Compréhension syntaxique

## **Abstract**

This study analyzed the effects of a training in Working Memory (WM), targeting the phonological loop and the central executive, on the capacities of WM and syntactic comprehension in children with typical development (TD) and with developmental language disorder (DLD). For that, eight children with DLD and three children TD had an experimental training in WM, and eight children with TDL and five DT children, matched in age, carried out an alternative training, which focused on school field. The analysis of the results showed an improvement in the experimental group's MdT skills after training. However, it has not shifted to comprehension skills of complex sentences, possibly because of tests too complex for subjects, involving extralinguistic factors and requiring many cognitive resources.

**Key-words** : Developmental Language Disorder ; Working Memory ; Training ; Syntactic comprehension

## INTRODUCTION

Le Trouble Développemental du Langage (TDL ; terme issu de Bishop, Snowling, Thompson, Greenhalgh, et the CATALISE-2 consortium, 2017) est un trouble sévère de l'acquisition et de l'utilisation du langage dans toutes les modalités. Des difficultés importantes ont été décrites sur le versant de la compréhension en syntaxe complexe dans cette pathologie (Delage, 2015 ; Hsu et Bishop, 2010 ; Montgomery et Evans, 2009), du fait de la présence d'un certain nombre d'opérations syntaxiques : les déplacements et les enchâssements plus ou moins profonds (Delage, 2015). Récemment, il a été montré que la complexification de la syntaxe chez l'enfant à développement typique (DT) est soutenue par la maturation progressive de la Mémoire de Travail (MdT) (Delage et Frauenfelder, 2012), système de maintien temporaire et de manipulation simultanée de l'information lors de la réalisation d'une tâche (Baddeley, 2000). Ce lien prédictif entre MdT et syntaxe complexe a aussi été montré chez l'enfant TDL (Delage, 2015). Ainsi, une des hypothèses portant sur la limitation syntaxique de l'enfant TDL implique la maturation incomplète des capacités en MdT (Jakubowicz et Tuller, 2008). Plus précisément, chez les enfants TDL de 6 à 12 ans, des études ont montré une corrélation entre les déficits en syntaxe complexe et une limitation des ressources de l'administrateur central (Montgomery et Evans, 2009) ainsi qu'un lien prédictif fort entre les capacités syntaxiques et la composante sérielle de la boucle phonologique (Delage, 2015). En effet, selon Majerus (2016), la boucle phonologique présente deux composantes : la mémoire « item », concernant l'identité des informations (forme phonologique), et la mémoire sérielle qui s'intéresse à leur ordre d'apparition. De manière générale, les limitations en MdT ont soulevé l'intérêt d'un entraînement dans ce domaine, en vue d'un transfert sur d'autres compétences (Melby-Lervåg et Hulme, 2013 ; Morrison et Chein, 2011 ; Shipstead, Redick et Engle, 2010). A notre connaissance, une seule étude s'est intéressée aux effets d'un tel entraînement sur une population TDL, avec des résultats peu concluants (Holmes *et al.*, 2015). De plus, certains auteurs déplorent le caractère trop généraliste des entraînements en MdT existants (Majerus, 2016 ; Melby-Lervåg et Hulme, 2013 ; Morrison et Chein, 2011 ; Shipstead *et al.*, 2010).

La présente étude a ainsi pour objectif de répondre aux questions suivantes : **un entraînement ciblant les composantes de la MdT, identifiées comme prédictives des capacités en syntaxe (boucle phonologique et administrateur central), a-t-il un effet sur les performances en MdT, chez l'enfant DT et TDL ? Cet effet se retrouve-t-il en compréhension syntaxique ?**

De fait, nous émettons l'hypothèse que les enfants suivant cet entraînement devraient montrer en post-tests (1) des performances significativement améliorées en MdT (transfert direct) et (2) des performances améliorées en compréhension de phrases complexes (transfert indirect).

## **MATÉRIEL ET MÉTHODE**

### **A) Population**

Notre population se composait de vingt-quatre enfants francophones (quinze garçons et neuf filles), âgés de 6;5 à 12;2 ans. En effet, selon la littérature, la MdT se construirait vers l'âge de six ans (Montgomery, 2010), et son développement s'effectuerait au moins jusqu'à la préadolescence (Delage et Frauenfelder, 2012). C'est d'ailleurs dans cette tranche d'âge que le lien spécifique entre MdT et syntaxe a été montré chez les enfants TDL et DT (Delage, 2015 ; Montgomery et Evans, 2009). Notre cohorte comprenait seize sujets TDL, tous actuellement suivis en orthophonie (deux à trois fois par semaine), et huit enfants DT.

Après avoir reçu l'approbation du Comité d'Éthique de la faculté de psychologie et des sciences de l'éducation de l'université de Genève, nous avons effectué plusieurs démarches pour recruter notre population. Le recrutement des sujets TDL a été réalisé en région parisienne, auprès de centres spécialisés dans les troubles du langage et d'orthophonistes exerçant en cabinet libéral. Les critères d'inclusion de ces sujets étaient la présence d'un diagnostic de TDL, et des scores déficitaires (inférieur ou égal à  $-1,25$  ET) aux épreuves de production d'énoncés du Bilan Informatisé du Langage Oral (BILO 3C, A. Khomsi, J. Khomsi, Pasquet et Parbeau-Gueno, 2007) et à trois des six subtests de l'Évaluation de la Mémoire de Travail (Boutard et Gatignol, 2015) : trois épreuves évaluant la boucle phonologique (empans de mots monosyllabiques dissimilaires, empans de mots dissyllabiques phonologiquement dissimilaires et empans de logatomes phonotactiquement corrects), et trois épreuves évaluant l'administrateur central (empans phonologiques, empans sémantiques et sériation). Le seuil de  $-1,25$  ET est typiquement utilisé dans la littérature anglo-saxonne, et permet ainsi de considérer une population avec des déficits variables. Les enfants DT, recrutés au sein de notre entourage, ne devaient présenter aucun trouble du langage et avoir des résultats dans la norme (supérieur à  $-1$  ET) aux mêmes tests.

Les matrices progressives de Raven (J.C. Raven, Court et J. Raven, 1998) ont aussi été proposées à tous les participants, pour évaluer le raisonnement non-verbal qui devait être dans la norme pour les deux populations. Un score inférieur au centile 10 excluait la participation du sujet. Les autres critères de non inclusion concernaient l'âge auquel l'enfant

avait été en contact avec le français, dans le cas d'un bilinguisme (un enfant ayant acquis le français après l'âge de 3 ans n'était pas retenu pour cette étude), et la présence d'un handicap surajouté (déficience sensorielle/visuelle, trouble attentionnel important, forte dyspraxie, troubles du comportement...). Notons cependant que le TDL touche plusieurs domaines du développement langagier (Avenet, Lemaître, et Vallée, 2016). Ainsi, trois enfants sélectionnés présentaient un trouble de l'articulation. Enfin, le manque de motivation de l'enfant et/ou de son entourage était, lui aussi, un critère d'exclusion. A l'issue de ces passations, six enfants ont été exclus (trois pour de faibles scores aux Matrices de Raven, et trois pour des scores trop élevés en MdT ou en syntaxe). L'annexe A répertorie les résultats aux épreuves d'inclusion des enfants DT et TDL retenus dans cette recherche.

## **B) Matériel**

### **1. Tâches d'évaluation**

Afin d'évaluer les compétences des sujets en MdT et en compréhension syntaxique, plusieurs tests ont été proposés à chaque participant.

En ce qui concerne la MdT, nous avons évalué d'une part les capacités de la boucle phonologique, avec des tâches d'empans simples impliquant le rappel d'items de longueur croissante dans l'ordre présenté. Nous avons aussi proposé des épreuves d'empans complexes, pour lesquelles les ressources de l'administrateur central s'ajoutent à celles de la boucle phonologique. En effet, elles impliquent une double tâche : maintenir une série d'items (à rappeler ensuite) tout en effectuant une activité simultanée qui élimine les informations à retenir du centre attentionnel. Chaque fois qu'une telle action se produit, une procédure de recherche et de récupération est requise pour récupérer les informations nécessaires à partir de la mémoire inactive (Shipstead, *et al.* 2010). Pour chacun des tests en MdT, des items d'entraînement ont été proposés afin que le sujet comprenne la tâche à effectuer. Des critères d'arrêt ont également été établis.

#### **▪ Tâches d'empans simples**

1. Une tâche d'empans de mots, « La course des animaux » (Majerus, 2008), ciblait la composante sérielle de la boucle phonologique. L'enfant écoutait une série d'animaux ayant participé à une course. Il plaçait ensuite les images les représentant sur un podium, dans l'ordre entendu, c'est-à-dire du premier arrivé au dernier. L'épreuve a été arrêtée lorsque l'enfant échouait à deux items de même longueur. Pour cette épreuve, nous avons retenu le nombre total d'items correctement rappelés.

2. Une tâche d'empans de chiffres endroit (WISC-IV, Wechsler, 2005), consistait à répéter des séries de chiffres, de plus en plus longues, dans l'ordre entendu. L'épreuve a été arrêtée dès que l'enfant échouait à deux items de même longueur. Ici, nous avons retenu le nombre de séries correctement rappelées.

3. Une tâche de répétition de pseudo-mots (BELEC, Mousty, Leybaert, Algeria, Content et Morais, 1994), demandait de répéter des logatomes de longueur et de complexité phonologique croissante. L'épreuve a été arrêtée après trois échecs dans un bloc de trois items. Pour cette épreuve, nous avons relevé le nombre de syllabes correctement répétées.

#### ▪ **Tâches d'empans complexes**

1. Une tâche d'empans de chiffres envers (WISC-IV, Wechsler, 2005), lors de laquelle le participant écoutait une série de chiffres, et devait les répéter dans l'ordre inverse de celui entendu. L'épreuve a été arrêtée dès que l'enfant échouait à deux items de même longueur. Pour cette épreuve, nous avons retenu le nombre de séries correctement répétées.

2. L'épreuve de running span (Pross, Gaonac'h et Gaux, 2008) permettait d'évaluer la mise à jour de la MdT. Une liste de mots monosyllabiques (*ex : pièce, doigt, clé, œuf*) était énoncée à l'enfant, sans qu'il sache à quel moment celle-ci prendrait fin. Après chaque fin de liste, l'enfant devait rappeler, dans l'ordre, les deux, trois ou quatre derniers mots entendus. L'épreuve a été arrêtée après deux échecs consécutifs. Ici, nous avons relevé le nombre total de mots correctement rappelés.

3. L'épreuve du counting span (Case, Kurland et Goldberg, 1982) mettait en jeu la mémorisation de chiffres, interrompue par des phases de comptage. Notons qu'aucun sujet participant à l'étude ne présentait de difficultés de comptage. Ici, un classeur dans lequel chaque page comportait des points rouges et bleus était présenté à l'enfant. Il devait alors pointer et compter à haute voix les points bleus et en retenir les nombres pour ensuite les restituer dans l'ordre au bout de quelques pages. Le nombre d'items à rappeler augmentait progressivement lors de l'épreuve (allant de deux à sept). L'épreuve a été arrêtée après trois échecs sur une série de même longueur. Ici, nous avons relevé le nombre total d'items correctement rappelés.

#### ▪ **Tâches de compréhension en syntaxe complexe**

1. Une tâche de compréhension syntaxique (ECOSSE, Lecocq, 1996), demandait à l'enfant de désigner l'image correspondant à un énoncé entendu. Les énoncés étaient regroupés en blocs de complexité syntaxique croissante (*exemple : le garçon poursuit le mouton ; Le monsieur regarde la vache que poursuit le chat*). Avant le commencement de l'épreuve, une



tâche de désignation d'images a été proposée afin de vérifier que le lexique utilisé dans le test était connu du sujet. Les phrases présentées à l'enfant étaient de différentes structures (phrases en voix active ou passive, comportant des relatives sujet ou objet, des prépositions spatiales...) Cette épreuve ne comportait pas de critère d'arrêt.

2. Une tâche de compréhension syntaxique, créée spécialement pour l'étude (Delage, 2016, version expérimentale), demandait également à l'enfant de désigner, entre quatre images, celle correspondant à un énoncé entendu. Un exemple est présenté en annexe B. Les énoncés comprenaient des degrés d'enchâssement croissants avec plus ou moins de déplacements syntaxiques. En effet, certaines phrases contenaient des relatives sujet (*exemple : Julie voit son frère qui court après le singe*), des relatives objet entraînant un déplacement syntaxique (*exemple : La dame dit « salut » au garçon que la fille porte sur son dos*) et des relatives objet avec inversion sujet-verbe, impliquant deux déplacements syntaxiques (*exemple : Jean caresse le chat que regarde l'oiseau*). Chaque énoncé pouvait être répété deux fois à la demande de l'enfant. Cette épreuve ne comportait pas de critère d'arrêt.

## **2. Tâches d'entraînement**

Un entraînement expérimental en MdT, *Magic Memory* (Delage, Da Costa et Durreleman, 2017), a été créé pour cette étude, dans l'optique de cibler uniquement la boucle phonologique et l'administrateur central (composantes montrées comme prédictives des compétences syntaxiques). Cinq activités ludiques sur I-pad étaient alors proposées à l'enfant à chaque session :

- L'une entraînait spécifiquement la mémoire sérielle (boucle phonologique) : l'enfant écoutait une série de mots monosyllabiques puis plaçait les images correspondant à ces mots dans l'ordre de présentation sur les wagons d'un train s'affichant à l'écran. Une phase de familiarisation était proposée avant chaque session, afin que l'enfant puisse réécouter les mots proposés.
- Une autre activité ciblait les empans complexes (administrateur central), répondant au critère de double tâche : l'enfant entendait des sons de la vie quotidienne (sonnerie de téléphone, vrombissement de voiture, aboiement...) qu'il devait rappeler dans l'ordre entendu. Entre chaque son, il réalisait une tâche interférente de comparaison de deux quantités : il devait alors cliquer sur l'image contenant le plus grand nombre d'objets. De la même manière, une phase de familiarisation avec les bruits entendus était proposée à chaque session.
- La troisième activité était une tâche de n-back, impliquant la mise à jour de la MdT. L'enfant voyait défiler une série d'images de complexité visuelle faible. En fonction

du niveau de difficulté, il devait cliquer lorsqu'un élément identique avait été présenté un, deux, ou trois items auparavant. La phase de familiarisation était là aussi présente, avec la présentation de toutes les images de l'activité.

- Les deux dernières activités étaient des tâches d'empans de couleurs, endroit et envers. L'enfant entendait des séries de longueur croissante de noms de couleurs. Il devait ensuite cliquer sur les couleurs entendues. Dans l'une, le rappel se faisait dans le même sens (travail de la boucle phonologique, avec des empans simples), l'autre dans le sens inverse (empans complexes associant stockage et traitement simultané, entraînant la MdT et plus spécifiquement l'administrateur central). La mémoire item, la mémoire sérielle et l'administrateur central étaient donc ici entraînés.

L'ordre de présentation des activités était aléatoire, et changeait à chaque session. Les empans augmentaient et diminuaient après respectivement deux réussites ou deux échecs consécutifs. La motivation de l'enfant était stimulée par la présence de nombreux feed-back à chaque activité.

Un programme d'entraînement alternatif, sur ordinateur ou tablette, via la plateforme de jeux éducatifs en ligne *Squla* (squla.fr), ciblait les compétences scolaires comme le français (orthographe, grammaire, conjugaison...), les mathématiques (calcul, géométrie, notions de grandeur...), l'histoire, la géographie, et bien d'autres. Les activités étaient adaptées au niveau scolaire de chaque enfant, de la maternelle au CM2, et présentées sous forme de jeux, avec des renforcements positifs pour motiver l'enfant. A chaque session, le participant était libre de choisir l'activité à effectuer.

### **C) Procédure**

#### **▪ Procédure générale de l'étude**

L'entraînement expérimental Magic Memory, ciblant la boucle phonologique et l'administrateur central, a donc été proposé à une partie de notre cohorte (groupe expérimental). L'entraînement alternatif Squla, destiné à mesurer les effets spécifiques de l'entraînement expérimental, a été proposé à l'autre partie de notre cohorte, constituant le groupe contrôle. L'attribution d'un entraînement à chaque participant s'est faite de manière à former des groupes appariés en âge : trois enfants DT (âge moyen = 8;10 ; écart-type = 1;9) et huit enfants TDL (âge moyen = 9;9 ; écart-type = 1;0) ont suivi l'entraînement expérimental, alors que cinq enfants DT (âge moyen = 8;9 ; écart-type = 1;5) et huit enfants TDL (âge moyen = 9;6 ; écart-type = 1;1) ont participé à l'entraînement alternatif. Notons qu'un enfant DT a changé d'entraînement au cours de l'étude, pour des raisons de manque

de motivation, ce qui explique le déséquilibre du nombre de DT entre les deux groupes. Les deux entraînements ont été proposés à la même intensité, à raison de trois séances hebdomadaires de trente minutes, en présence des parents, de l'orthophoniste de l'enfant, ou d'une étudiante, pendant huit ou neuf semaines. En effet, une semaine de « pause » a pu être accordée dans certains cas (fatigue de l'enfant, vacances...).

Afin d'analyser les effets de l'entraînement expérimental, une ligne de base a été établie en proposant une série de tests (précédemment décrits) avant le début de l'entraînement (pré-tests). Ces mêmes épreuves ont été présentées en post-tests, immédiatement après la fin de la période d'entraînement pour objectiver une éventuelle progression de ces mesures. Pour éviter un effet d'apprentissage, ou effet « re-test », les items différaient entre les pré et post-tests, mais présentaient les mêmes structures et étaient de longueur, de fréquence et de complexité équivalentes. En effet, deux versions de tests (A et B) ont ainsi été proposées. Cependant, afin de limiter l'effet d'une différence entre les passations (en pré-tests et en post-tests), la moitié des participants a été évaluée avec la version A en pré-tests, et avec la version B en post-tests immédiats. L'autre moitié a d'abord effectué la version B, puis la A. Une évaluation de suivi, « tests à distance », trois mois après la fin de l'entraînement, a également été proposée pour observer un éventuel maintien des résultats ou un effet de l'entraînement à distance. Lors de cette évaluation, la version initialement proposée était utilisée, car nous avons considéré que l'intervalle temporel entre ces deux évaluations (cinq mois) était suffisamment grand pour annuler un effet de re-test.

### ▪ **Hypothèses**

Les deux hypothèses relatives à cette étude sont présentées ci-dessous. Elles constituent la problématique de ce projet.

#### **Hypothèse 1 (H1) : Transfert direct sur les performances en MdT**

Il a été montré, ces dernières années, que la capacité en MdT pouvait être étendue par un entraînement ciblé impliquant la répétition de tâches portant sur des mécanismes spécifiques de la MdT (Delage, Gatignol et Durrleman, 2017 ; Morrison et Chein, 2011). Ainsi, nous nous attendons à voir une amélioration significative entre les pré et post-tests pour les enfants ayant suivi l'entraînement expérimental. Cependant, et de manière logique, nous n'attendons aucune différence significative des performances en MdT entre pré et post-tests dans le groupe contrôle ayant suivi l'entraînement alternatif.

## Hypothèse 2 (H2) : Transfert indirect sur la compréhension syntaxique

Les composantes de la MdT ciblées par l'entraînement expérimental ayant été montrées comme prédictives des performances syntaxiques (Delage, 2015 ; Delage et Frauenfelder, 2012 ; Montgomery et Evans, 2009) nous émettons l'hypothèse qu'une amélioration des compétences en MdT induirait une amélioration des capacités en compréhension syntaxique. Ainsi, il est attendu dans le groupe expérimental, une amélioration significative des performances en compréhension syntaxique entre les pré et post-tests. Comme pour H1, aucune amélioration significative dans ce domaine n'est attendue dans le groupe participant à l'entraînement alternatif.

### ▪ Statistiques

Plusieurs variables, nécessaires à l'analyse des résultats ont alors été considérées. L'intégralité de ces variables est présentée dans le tableau I ci-dessous.

**Tableau I.** Variables expérimentales

<b>Variables contrôlées</b>	<b>Age</b> <b>Raisonnement non verbal</b>	. De 6;5 à 12;2 ans . Supérieur ou égal au percentile 10
<b>Variables indépendantes</b>	<b>Groupe cognitif</b> <i>(variable nominale)</i>	. DT . TDL
	<b>Type d'entraînement</b> <i>(variable nominale)</i>	. Magic Memory . Ssula
<b>Variables dépendantes</b>	<b>Mesures de MdT</b> <i>(variable quantitative)</i>	. Epreuves d'empans simples (3) . Epreuves d'empans complexes (3)
	<b>Mesures en syntaxe</b> <i>(variable quantitative)</i>	. Epreuves de compréhension syntaxique (2)

### *Analyse non-paramétrique : analyse intergroupe*

Tout d'abord, nous avons comparé l'âge et les performances en pré-tests des différents groupes constituant cette étude : le groupe expérimental (composé de trois enfants DT et huit sujets TDL) et le groupe contrôle (comprenant cinq enfants DT et huit sujets TDL). En effet, l'appariement en âge des deux groupes était important pour que cette variable n'influence pas les résultats de cette étude : une différence d'âge aurait pu conférer au groupe le plus jeune une plus grande marge de progression, notamment en ce qui concerne les empans simples, qui se développent fortement jusqu'à l'âge de 9 ans (Barrouillet et Camos, 2007). De plus, l'analyse des performances en pré-tests permettait aussi de ne pas donner à un groupe (qui aurait eu des performances plus faibles dès le départ) une plus grande possibilité d'évolution. Ainsi, ces analyses permettaient d'observer de manière plus sûre d'éventuels

effets uniquement liés à l'entraînement. Pour ces analyses intergroupes, nous avons utilisé le test non-paramétrique Mann Whitney.

### ***Analyse non-paramétrique : comparaison intra-groupe***

Notre recherche consistait à mesurer l'éventuelle progression des tests en MdT et en syntaxe dans les différents groupes (expérimental et contrôle). Au vu du nombre de sujets participant à l'étude, nous avons utilisé pour cela le test Wilcoxon, destiné à comparer deux mesures d'une variable quantitative effectuées sur les mêmes sujets, dans chaque groupe (échantillons appariés). Nous avons donc analysé la progression des résultats aux différentes évaluations (pré-tests et post-tests immédiats) dans chaque groupe. Nous nous sommes également intéressées pour chaque groupe, à l'évolution des enfants TDL uniquement, afin d'observer les effets de l'entraînement sur une population pathologique.

## **III. RÉSULTATS**

Selon le test Mann-Whitney, les âges du groupe expérimental (moyenne = 9;5 ans) et du groupe contrôle (moyenne = 9;2 ans) ne différaient pas significativement ( $U = 67, p = 0,817$ ). De plus, aucune différence significative n'a été relevée entre les performances des deux groupes, en pré-tests. L'annexe C répertorie l'ensemble des résultats de ces analyses.

### **A) H1 : Transfert direct sur les performances en MdT**

D'après les données détaillées du tableau II analysées au moyen du test Wilcoxon, les performances en MdT du groupe expérimental suivant l'entraînement Magic Memory (MM) se sont améliorées entre pré et post-tests immédiats. En effet, nous notons une progression significative à quatre tests (course des animaux  $S = 29,0 ; p = 0,008$  ; empan de chiffres endroit :  $S = 31,5 ; p = 0,004$  ; empan de chiffres envers :  $S = 29,0 ; p = 0,009$  ; counting span :  $S = 29,0 ; p = 0,007$ ) et des scores se rapprochant très fortement du seuil pour les deux autres tâches (répétition de pseudo-mots  $S = 18,5 ; p = 0,080$  ; running span :  $S = 22,0 ; p = 0,094$ ). Dans le groupe contrôle, suivant l'entraînement Squila (S), seuls les scores au counting span sont significativement meilleurs ( $S = 33,0 ; p = 0,019$ ) en post-tests immédiats mais de façon moins probante que dans le groupe expérimental.

**Tableau II.** Evolution entre pré et post-tests immédiats des deux groupes (expérimental et contrôle) aux épreuves d'empans simples et complexes.

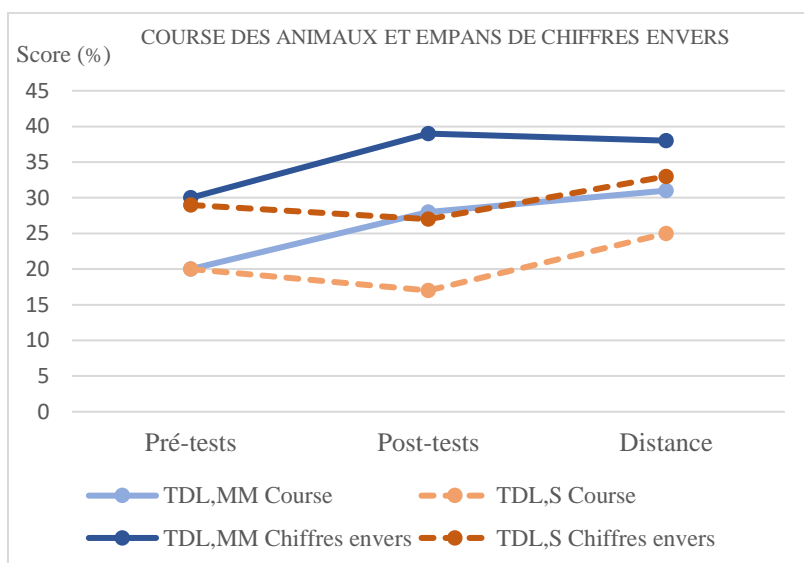
		Groupe expérimental (MM)	Groupe contrôle (S)
		Pré-post (DT + TDL = 11)	Pré-post (DT + TDL = 13)
<b>Empans simples</b>	<b>Course</b>	$S = 29,0 ; p = 0,008^{***}$	$S = 12,0 ; p = 0,467$ ns
	<b>Chiffres endroit</b>	$S = 31,5 ; p = 0,004^{***}$	$S = 17,5 ; p = 0,281$ ns
	<b>Pseudo-mots</b>	$S = 18,5 ; p = 0,080^*$	$S = -18,5 ; p = 0,178$ ns
<b>Empans complexes</b>	<b>Chiffres envers</b>	$S = 29,0 ; p = 0,010^{***}$	$S = -15,0 ; p = 0,563$ ns
	<b>Counting span</b>	$S = 29,0 ; p = 0,007^{***}$	$S = 33,0 ; p = 0,019^{**}$
	<b>Running Span</b>	$S = 22,0 ; p = 0,094^*$	$S = 6,5 ; p = 0,391$ ns

\*\* signifie  $p < .05$ ; \*\*\*  $p < .01$  ; \* tendance significative ; et ns : non significatif

L'analyse statistique des résultats des participants TDL de chaque groupe (sans considérer les sujets DT) est présentée dans l'annexe D. Pour les enfants TDL du groupe expérimental, nous relevons une amélioration des scores entre pré et post-tests immédiats pour cinq des six tests utilisés. En effet, deux résultats sont significatifs (course des animaux :  $S = 15,0 ; p = 0,047$  ; empans de chiffres endroit :  $S = 17,5 ; p = 0,016$ ), et les scores à trois épreuves montrent également une très nette tendance significative (counting span :  $S = 14,0 ; p = 0,055$  ; empans de chiffres envers :  $S = 17,0 ; p = 0,078$  ; répétition de pseudo-mots :  $S = 12,5 ; p = 0,063$ ). En revanche, l'épreuve de running span n'est pas significativement améliorée entre pré et post-tests immédiats pour ces sujets ( $S = 10,5 ; p = 0,25$ ). En ce qui concerne les sujets TDL du groupe contrôle, aucune amélioration significative n'est à noter en post-tests immédiats.

En post-tests à distance, deux enfants TDL ont été perdus de vue (un de chaque groupe). L'échantillon de sept enfants étant trop faible pour effectuer une analyse statistique, nous présentons dans la figure I l'évolution des performances de ces sept enfants TDL aux épreuves de course des animaux (empans simples) et d'empans de chiffres envers (empans complexes). Nous notons un maintien de la progression aux tests à distance, pour les sujets TDL du groupe expérimental. Dans le groupe contrôle, si les performances diminuent en post-tests immédiats, elles tendent à s'améliorer en tests à distance.

**Figure I.** Progression des sujets TDL du groupe expérimental (sept TDL,MM) et du groupe contrôle (sept TDL,S) aux épreuves de course des animaux et d'empans de chiffres envers entre pré et post-tests (immédiats et à distance).



## B) H2 : Transfert indirect sur la compréhension syntaxique

Nous postulons qu'une amélioration des capacités en MdT aurait un impact positif sur les performances en compréhension syntaxique, dans le groupe expérimental. Le tableau III présente l'évolution des résultats entre pré et post-tests immédiats aux deux épreuves de compréhension syntaxique, selon le test statistique Wilcoxon. Il ne révèle aucune amélioration significative des performances dans les deux groupes.

**Tableau III.** Evolution entre pré et post-tests immédiats des deux groupes (expérimental et contrôle) aux épreuves de compréhension syntaxique.

		Groupe expérimental (MM) Pré-post (DT+TDL=11)	Groupe contrôle (Scula) Pré-post (DT+TDL=13)
<b>Ecosse</b>		$S = 13,5 ; p = 0,246$ ns	$S = -4,5 ; p = 0,828$ ns
<b>Epreuve expérimentale</b>	<b>TOTAL</b>	$S = 1,5 ; p = 0,750$ ns	$S = 4,5 ; p = 0,848$ ns
	<b>Relatives sujet</b>	$S = -4,0 ; p = 1,000$ ns	$S = -4,0 ; p = 1,000$ ns
	<b>Relatives objet</b>	$S = 15,0 ; p = 0,289$ ns	$S = 8,5 ; p = 0,789$ ns
	<b>Relatives objet avec déplacement</b>	$S = -3,5 ; p = 0,750$ ns	$S = 5,0 ; p = 0,574$ ns

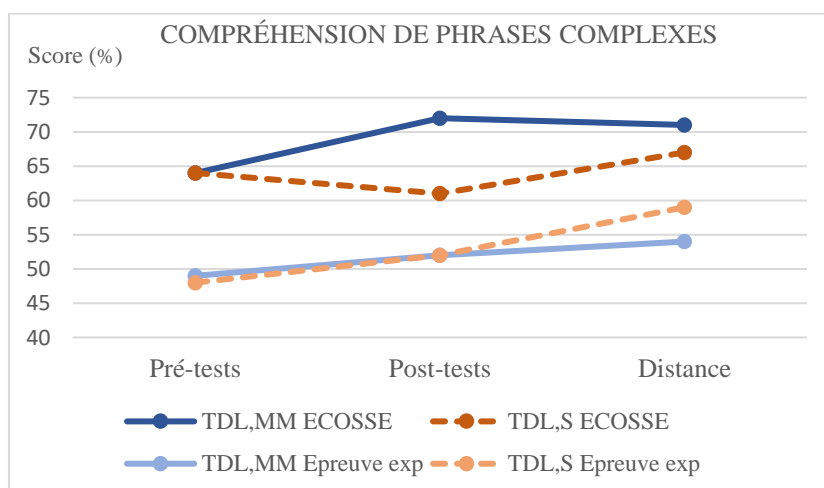
*ns : non significatif*

En considérant uniquement les sujets TDL, nous ne notons pas non plus d'amélioration, entre pré et post-tests immédiats dans le groupe expérimental (ECOSSE :  $S = 13,5 ; p = 0,246$  ; épreuve expérimentale :  $S = 3,5 ; p = 0,344$ ) et dans le groupe contrôle

(ECOSSE :  $S = -3$  ;  $p = 0,813$  ; épreuve expérimentale :  $S = 4,5$  ;  $p = 0,688$ ). L'analyse statistique des résultats de ces participants est présentée dans l'annexe D. L'épreuve expérimentale a été conçue de manière à étudier plus précisément l'éventuelle évolution des performances selon la complexité syntaxique des énoncés. Dans le groupe expérimental, comme dans le groupe contrôle, nous ne notons pas d'amélioration ou de tendance significatives pour les différents types de phrases : relatives sujet, relatives objet, et relatives objet avec déplacement syntaxique (inversion sujet-verbe).

Lors des tests à distance, nous n'avons pas réévalué les enfants DT, en raison d'un plafonnement des scores en post-tests immédiats. La figure II illustre l'évolution des performances aux épreuves de compréhension syntaxique pour les sept enfants TDL de chaque groupe, ayant été évalués en pré et post-tests immédiats et à distance. Au test de l'ECOSSE, dans le groupe expérimental, nous relevons une amélioration (non significative) des scores en post-tests immédiats, qui semble se maintenir dans le temps. A l'épreuve expérimentale, aucune réelle amélioration n'est à noter chez les enfants TDL ayant suivi l'entraînement MM. Concernant les sujets du groupe contrôle, comme pour les épreuves de MdT, les performances diminuent en post-tests immédiats et tendent à s'améliorer aux tests à distance à l'épreuve de l'ECOSSE.

**Figure II.** Progression des sujets TDL du groupe expérimental (sept TDL,MM) et du groupe contrôle (sept TDL,S) aux épreuves de compréhension syntaxique entre pré et post-tests (immédiats et à distance).



Face à ces résultats, nous avons souhaité savoir si l'âge avait une incidence sur l'effet de l'entraînement expérimental chez les enfants TDL. En effet, l'âge des participants de cette étude étant étendu sur une longue période (de 6 à 12 ans), nous pouvons imaginer qu'une stimulation précoce (chez les enfants les plus jeunes) soit plus efficace et implique une plus



grande marge de progression. L'annexe E illustre l'évolution des performances en compréhension de phrases complexes des sujets TDL les plus jeunes (de 6;9 à 9;9 ans) et celle des plus âgés (10;3 ans à 12;2 ans). Nous observons alors que l'âge n'a pas eu d'effet sur l'évolution des performances en compréhension syntaxique dans cette étude.

## **DISCUSSION**

Cette étude a permis de mesurer et d'analyser les effets d'un entraînement en MdT sur la MdT elle-même (transfert direct) et sur la compréhension de phrases complexes (transfert indirect) chez les enfants DT et TDL. Les résultats, montrant une amélioration des performances en MdT dans le groupe expérimental non retrouvée dans le groupe contrôle, confirment notre première hypothèse (H1). Cependant, ces bénéfices ne se sont pas transférés aux tâches de compréhension syntaxique proposées, ce qui infirme notre deuxième hypothèse (H2). Notons que si le faible échantillon de population nous limite dans l'interprétation de nos résultats et dans leur généralisation, cette étude s'inscrit au sein d'un projet plus large (Delage, Gatignol et Durrleman, 2017 ; Delage, Gatignol, Stanford et Durrleman, 2017), analysant les mêmes effets sur une plus grande cohorte. Il s'avère que les résultats préliminaires de cette recherche, présentés lors des XVII<sup>èmes</sup> rencontres internationales d'orthophonie (UNADREO), sont similaires aux nôtres.

Dans notre étude, les performances du groupe expérimental, incluant les enfants DT et TDL, s'améliorent aux épreuves d'empans simples (impliquant les capacités de la boucle phonologique) et complexes (faisant également intervenir l'administrateur central). Seules deux épreuves (répétition de pseudo-mots et running span) s'améliorent en se rapprochant fortement du seuil de significativité. Notons que ces deux épreuves n'ont pas été directement entraînées avec l'entraînement expérimental, contrairement aux autres (même si le running span et la tâche de n-back de Magic Memory ciblaient toutes les deux la mise à jour de la MdT, l'une avait une entrée visuelle et l'autre une entrée auditive, ce qui a pu éventuellement jouer un rôle dans les résultats). De plus, il convient de rappeler que deux participants de ce groupe présentaient des troubles articulatoires qui ont pu influencer les scores de ces enfants à l'épreuve de répétition de pseudo-mots, notamment pour la répétition de syllabes complexes (de type consonne-consonne-voyelle). De plus, une réduction lexicale est décrite dans la définition du TDL (Avenet *et al.*, 2016). Ainsi, dans le running span, l'absence de représentations des mots en mémoire à long terme a pu entraver leur maintien en mémoire (Barrouillet et Camos, 2007).

L'analyse des résultats des enfants TDL du groupe expérimental (en excluant les sujets DT), a montré des scores proches du seuil de significativité pour deux épreuves (counting span et emfans de chiffres envers). Il est important de mentionner ici le lien établi entre la MdT et les ressources attentionnelles (Barrouillet et Camos, 2007). Ainsi, l'important recrutement attentionnel demandé dans les épreuves d'emfans complexes a pu influencer les résultats de ces sujets (Delage, 2015). Cependant, les résultats préliminaires de l'étude de Delage, Gatignol, Stanford *et al.*, (2017) montrent une amélioration significative à ces mêmes épreuves. Ce projet, considérant dix-neuf sujets TDL (contre huit dans la présente étude), semble plus représentatif de cette population. Par ailleurs, si la cohorte considérée en post-tests à distance était trop restreinte pour une analyse statistique fiable, il semble néanmoins que les résultats observés en post-tests immédiats se maintiennent dans le temps, ce qui est très encourageant pour les perspectives futures de prise en charge du TDL.

Aussi, nous attendions qu'une éventuelle amélioration des résultats en MdT se transfère sur les performances en compréhension syntaxique (H2). Ici, bien que les scores en MdT aient augmenté, nous n'avons trouvé aucune amélioration significative aux épreuves de compréhension syntaxique (ECOSSE et épreuve expérimentale) dans les deux groupes, en incluant ou non les sujets DT. Pourtant, les emfans simples, et particulièrement la mémoire sérielle (ici évaluée par la course des animaux), sur laquelle l'entraînement semble avoir eu un réel effet, ont été montrés comme les plus prédictifs des capacités syntaxiques chez les sujets TDL (Delage, 2015). Nos résultats rejoignent alors les méta-analyses de Majerus (2016) et de Melby-Lervåg et Hulme (2013), selon qui les effets de l'entraînement en MdT sont souvent limités aux tâches entraînées, sans transfert à d'autres compétences. Cependant, si les résultats préliminaires de l'étude Delage, Gatignol, Stanford *et al.*, (2017) confirment les nôtres, ils montrent des effets significatifs de l'entraînement sur des tâches de production de phrases complexes. Ainsi, une explication possible de l'absence d'effet de l'entraînement sur les épreuves de compréhension serait le plafonnement des scores en pré-tests. Cependant, ceci n'est valable que pour les sujets DT. Les enfants TDL avaient en effet des scores plus faibles à ces épreuves dès le début de l'étude. Les difficultés en compréhension de phrases complexes sont d'ailleurs reconnues dans le TDL (Delage, 2015 ; Hsu et Bishop, 2010 ; Montgomery et Evans, 2009). Si les résultats à l'épreuve de l'ECOSSE ont tout de même connu une certaine amélioration, maintenue dans le temps chez les sujets TDL du groupe expérimental, il faut ici considérer que ce test comprenait des phrases de complexité différente, au niveau de la syntaxe et de la longueur. Ainsi, ce sont les phrases

les plus simples qui ont été majoritairement mieux comprises en post-tests. Cette observation n'est cependant pas valable pour l'épreuve expérimentale, qui ne proposait que des phrases complexes. Une autre explication de l'absence d'effet de l'entraînement sur la compréhension met alors en cause les tâches d'évaluation proposées dans cette étude, dans lesquelles le sujet entendait une phrase et devait pointer l'image correspondante, parmi quatre. D'abord, il aurait été intéressant de proposer aux sujets des items d'entraînement au début de chaque épreuve de compréhension, comme cela a été fait aux tests de MdT. Ils auraient alors bénéficié d'un retour sur leurs réponses, afin de mieux comprendre la tâche. Aussi, il est nécessaire de mentionner l'influence des facteurs extralinguistiques dans ce genre d'épreuve (Leonard, Deevy, Fey, Shelley et Bredin-Oja, 2013 ; Pettenati, Benessi, Deevy, Leonard et Caselli, 2014). En effet, le sujet se trouve en situation de double tâche, impliquant à la fois compréhension syntaxique et traitement visuel, ce qui représente donc une plus grande exigence cognitive (Leonard *et al.*, 2013 ; Pettenati *et al.*, 2014). D'abord, la similarité entre les quatre images présentées crée une difficulté supplémentaire au traitement syntaxique pour analyser et éliminer une à une les informations concurrentes (Leonard *et al.*, 2013 ; Pettenati *et al.*, 2014). Il aurait donc été intéressant de varier le nombre d'images proposées dans les épreuves, afin de nuancer l'influence de cette caractéristique. Aussi, notons que l'épreuve expérimentale proposait des illustrations très chargées, impliquant parfois quatre personnages différents, ce qui demandait une analyse visuelle très fine et complexifiait donc davantage la tâche. La surenchère cognitive présente dans ce type d'épreuve a certainement rendu cette tâche trop complexe. Il aurait donc été intéressant de diversifier les épreuves de compréhension syntaxique dans cette étude (demander de mimer une action, de reproduire une situation énoncée avec des figurines...).

L'inclusion d'un groupe contrôle (suivant un entraînement alternatif) dans cette étude, visait à mesurer les effets spécifiques de l'entraînement expérimental. En post-tests immédiats, les performances des sujets contrôles n'ont globalement pas révélé d'amélioration significative en MdT et en compréhension complexe. Seule l'épreuve du counting span a été significativement améliorée en post-tests immédiats. Notons que cette amélioration s'explique grandement par la présence de sujets DT (dont la moyenne augmente de 16,6 chiffres contre une augmentation de 2,4 chiffres chez les participants TDL de ce groupe). De plus, cette amélioration n'est pas retrouvée dans les résultats préliminaires de l'étude de Delage, Gagnon, Stanford *et al.*, (2017). L'évolution des sujets du groupe expérimental illustre donc les effets spécifiques de l'entraînement Magic Memory. De plus, nous avons noté une certaine amélioration des scores des enfants TDL du groupe contrôle,

entre les post-tests immédiats et à distance. Cette observation peut être expliquée par le fait que cinq de ces sujets ayant suivi un entraînement alternatif, qui ne visait pas à améliorer leurs compétences, n'ont pas eu de prise en charge orthophonique lors des huit semaines d'entraînement. En effet, pour les sujets recrutés dans des centres spécialisés, les séances d'entraînement se substituaient aux séances d'orthophonie pour des raisons d'organisation. Ainsi, l'amélioration des résultats de ce groupe (TDL,S) entre les post-tests immédiats et à distance peut s'expliquer par la reprise de leur suivi orthophonique, dès la fin des séances d'entraînement.

Enfin, certains points sont discutables dans cette étude. D'abord, il était convenu que vingt-quatre séances d'entraînement soient effectuées par les participants. Or, pour des raisons de manque de motivation de la part de certains sujets, d'absences, d'exigence temporelle, et de problèmes informatiques, sept sujets TDL sur huit du groupe expérimental de notre étude n'ont pas pu réaliser l'intégralité des séances prévues (treize séances ont été faites par un sujet, dix-neuf par un autre, vingt-deux pour deux participants et vingt-trois pour les derniers). Aussi, un seul enfant TDL du groupe expérimental a été suivi à domicile. C'est d'ailleurs ce participant qui a effectué seulement treize séances d'entraînement, peut-être en raison d'un manque d'éducation thérapeutique. Les sept autres sujets TDL du groupe expérimental, suivis en centres spécialisés, ont effectué les séances d'entraînement sur les temps initialement alloués aux séances d'orthophonie. Or, le but de cet entraînement expérimental n'est pas de se substituer à la prise en charge orthophonique classique mais d'en soutenir les effets. Il aurait d'ailleurs été intéressant de comparer les effets indirects sur la compréhension syntaxique d'un entraînement en MdT similaire au nôtre avec ceux d'une prise en charge orthophonique ciblant directement les capacités en compréhension de la syntaxe complexe.

## **CONCLUSION**

Si les capacités en MdT se sont améliorées avec l'entraînement expérimental (transfert direct), cette amélioration ne s'est pas transférée aux performances en compréhension de la syntaxe complexe. Cependant, les épreuves de compréhension syntaxique dans cette étude, faisant intervenir plusieurs autres facteurs cognitifs, étaient discutables. Une nouvelle étude, mettant en jeu le même type d'entraînement en MdT, pourrait alors être menée en approfondissant la méthode d'évaluation de ce domaine. L'ajout d'un groupe contrôle participant à une prise en charge ciblant directement la compréhension syntaxique pourrait être intéressant pour évaluer l'importance d'entraîner les processus sous-

jacents à cette compétence (boucle phonologie et administrateur central). Enfin, il apparaît capital de constituer une alliance thérapeutique avec parents et enfants, afin qu'ils puissent pleinement comprendre les enjeux de la remédiation cognitive en orthophonie et se saisir des outils proposés lors de la prise en charge.

## **BIBLIOGRAPHIE**

- Avenet, S., Lemaître, M.-P. et Vallée, L. (2016). DSM5 : quels changements pour les troubles spécifiques du langage oral ? *Neuropsychiatrie de l'enfance et de l'adolescence*, 64(2), 81-92.
- Baddeley, A. (2000). The episodic buffer: A new component of working memory? *Trends in Cognitive Sciences*, 4(11), 417-423.
- Barrouillet, P. et Camos, V. (2007). Le développement de la mémoire de travail. Dans J. Lautrey (dir.), *Psychologie du développement et de l'éducation* (p. 51-86). Paris : PUF.
- Bishop, D. V. M., Snowling, M. J., Thompson, P. A., Greenhalgh, T. et the CATALISE-2 consortium. (2017). Phase 2 of CATALISE: A multinational and multidisciplinary delphi consensus study of problems with language development: Terminology. *The journal of Child Psychology and Psychiatry*, 58(10), 1068-1080.
- Boutard, C. et Gatignol, P. (2015). *Mémoire de Travail*. Ortho Editions.
- Case, R., Kurland, M. et Goldberg, J. (1982). Operational efficiency and the growth of shortterm memory. *Journal of Experimental Child Psychology*, 33, 386-404.
- Delage, H. (2015). Mémoire de travail et syntaxe dans le trouble spécifique du développement du Langage : quelle relation ? Dans P. Gatignol et N. Joyeux (dir.), *Mémoire de travail*. Isbergues : Ortho-Edition.
- Delage, H., Da Costa, J. et Durrleman, S. (2017). *Magic Memory*. Programme d'entraînement expérimental.
- Delage, H. et Frauenfelder, U. (2012). Développement de la mémoire de travail et traitement des phrases complexes : quelle relation ? 3<sup>e</sup> Congrès mondial de linguistique française. *SHS Web of Conferences*, 1, 1555-1573.
- Delage, H., Gatignol, P. et Durrleman, S. (2017). Entraîner la mémoire de travail pour améliorer la syntaxe : une étude d'entraînement chez les enfants présentant un trouble spécifique du langage et un trouble du spectre autistique. Dans P. Gatignol et T. Rousseau (dir.), *Efficacité des thérapies*. Isbergues : Ortho-Edition.
- Delage, H., Gatignol, P., Stanford, E. et Durrleman, S. (2017). *Entraîner la mémoire de travail pour améliorer la syntaxe : une étude d'entraînement chez les enfants présentant un trouble spécifique du langage et un trouble du spectre autistique*. Communication présentée aux XVIIèmes Rencontres internationales d'orthophonie, UNADREO, Paris, France.
- Holmes, J., Butterfield, S., Cormack, F., van Loenhoud, A., Ruggero, L., Kashikar, L. et Gathercole, S. (2015). Improving working memory in children with low language abilities. *Frontiers in Psychology*, 6, 519.
- Hsu, H. J. et Bishop, D. V. M. (2010). Grammatical difficulties in children with specific language impairment: Is learning deficient? *Human Development*, 53(5), 264-277.

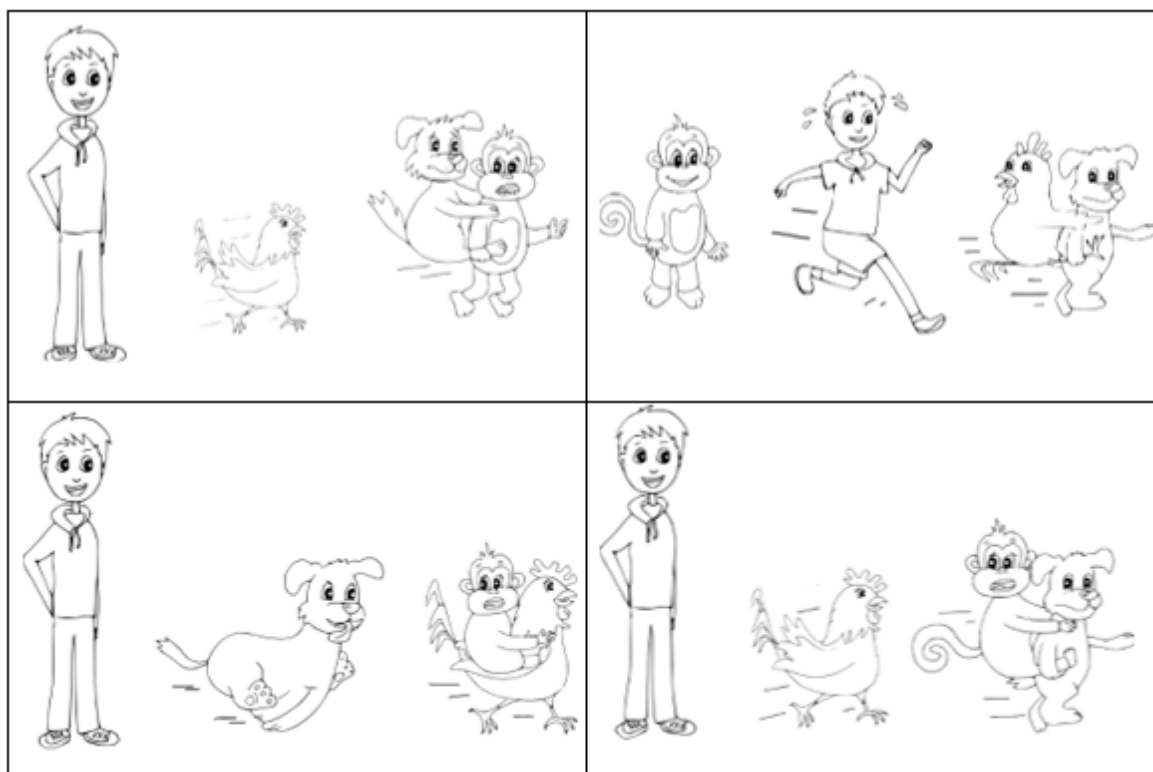
- Jakubowicz, C. et Tuller, L. (2008). Specific language impairment in French. Dans D. Ayoun (dir.), *Studies in French Applied Linguistics* (p. 97-133). Amsterdam, Pays-Bas : John Benjamins.
- Khomsi, A., Khomsi, J., Parbeau-Guéno, A. et Pasquet, F. (2007). *Bilan informatisé de langage oral au Cycle III et au collège (BILO3C)*. Paris : Editions du CPA.
- Lecocq, P. (1996). *L'ECOSSE : une épreuve de compréhension syntaxo-sémantique*. Lille : Presses Universitaires de Septentrion.
- Leonard, L. B., Deevy, P., Fey, M. E. et Bredin-Oja, S. L. (2013). Sentence comprehension in specific language impairment: A task designed to distinguish between cognitive capacity and syntactic complexity. *Journal of Speech, Language, and Hearing Research*, 56, 577-58.
- Majerus, S. (2008). La mémoire verbale à court terme : un simple produit des interactions entre systèmes langagiers, attentionnels et de traitement de l'ordre sériel ? *Psychologie française*, 53, 327-341.
- Majerus, S. (2016). Optimisation et rééducation de la mémoire de travail : une synthèse critique. *Approche neuropsychologique des apprentissages chez l'enfant (ANAE)*, 141, 167-174.
- Melby-Lervåg, M. et Hulme, C. (2013). Is working memory training effective? A meta-analytic review. *Developmental Psychology*, 49(2), 270-291.
- Montgomery, J. W. et Evans, J. L. (2009). Complex sentence comprehension and working memory in children with specific language impairment. *Journal of Speech, Language, and Hearing Research*, 52, 269-288.
- Montgomery, J. W., Magimairaj, B. M. et 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(1), 78-94.
- Morrison, A. B. et Chein, J. M. (2011). Does working memory training work? The promise and challenges of enhancing cognition by training working memory. *Psychonomic Bulletin & Review*, 18, 46-60.
- Mousty, P., Leybaert, J., Alegria, J., Content, A. et Morais, J. (1994). *B.E.L.E.C. : Batterie d'évaluation du langage et de ses troubles*. Bruxelles : Laboratoire de psychologie.
- Pettenati, P., Benessi, E., Deevy, P., Leonard, L. B. et Caselli, M. C. (2014). Extra-linguistic influences on sentence comprehension in Italian-speaking children with and without specific language impairment. *International Journal of Language & Communication Disorders*, 50(3), 312-321.
- Pross, N., Gaonac'h, D. et Gaux, C. (2008). Développement de la mémoire de travail : relations du centre exécutif avec la boucle phonologique et le calepin visuospatial chez des enfants de CE1 et de CM2. *Psychologie française*, 53, 307-326.
- Raven, J.C., Court, J.H. et Raven, J. (1998). *Progressives Matrices Couleur*. Paris : EAP.
- Shipstead, Z., Redick, T. S. et Engle, R. W. (2010). Does working memory training generalize? *Psychologica Belgica*, 50(3-4), 245-276.
- Wechsler, D. (2005). *WISC-IV : Echelle d'Intelligence de Wechsler pour Enfants – 4ème édition*. Paris : Les Editions du Centre de Psychologie Appliquée.

ANNEXE A. Résultats des sujets DT et TDL aux tests standardisés.

Raisonnement NV		Syntaxe		Boucle phonologique						Administrateur central					
Raven		BILO		Mots monosyll		Mots dissyll		Logatomes		Empan phono		Empan sém		Sériation	
		Moy (ET)		Moy (ET)		Moy (ET)		Moy (ET)		Moy (ET)		Moy (ET)		Moy (ET)	
Min Max		Min Max		Min Max		Min Max		Min Max		Min Max		Min Max		Min Max	
<b>DT (8)</b>		<b>1,36 (1,26)</b>		<b>1,44 (1,48)</b>		<b>0,85 (1,15)</b>		<b>1,38 (0,64)</b>		<b>-0,12 (0,81)</b>		<b>-0,45 (1,01)</b>		<b>0,04 (0,91)</b>	
	P25 P90	-0,5 3,72	-1,07 3,47	-1,53 1,86	0,54 2	-0,91 1,39	-2,21 1,14	-1,38 1,26							
<b>TDL (16)</b>		<b>-3,54 (2,20)</b>		<b>-1,57 (0,68)</b>		<b>-2,37 (1,01)</b>		<b>-1,37 (1,48)</b>		<b>-1,86 (1,29)</b>		<b>-1,96 (0,71)</b>		<b>-1,70 (0,78)</b>	
	P10 P90	-8,08 -1,59	-2,56 -0,40	-4,10 -0,33	-5,14 -0,21	-3,83 -0,21	-3,39 -0,58	-2,55 -0,48							

**ANNEXE B.** Exemple d'item présent dans l'épreuve expérimentale de compréhension syntaxique.

Phrase énoncée : « Le garçon voit que le coq poursuit le chien qui porte un singe sur le dos ».





**Annexe C.** Résultats de l'analyse inter-groupe (groupe expérimental versus groupe contrôle) au test Mann-Whitney en pré-tests.

	Moyenne		Scores au Mann-Whitney
	Groupe expérimental	Groupe contrôle	
<b>Course</b>	20,64	23,38	$U = 59,0 ; p = 0,487$ ns
<b>Empans endroit</b>	5,18	5,62	$U = 61,0 ; p = 0,559$ ns
<b>Répétition Pseudo-mots</b>	40,09	46,23	$U = 59,5 ; p = 0,504$ ns
<b>Empans envers</b>	5,36	5,38	$U = 74,5 ; p = 0,883$ ns
<b>Counting span</b>	16,45	18,46	$U = 63,5 ; p = 0,663$ ns
<b>Running span</b>	2,55	3,31	$U = 59,5 ; p = 0,498$ ns
<b>ECOSSE</b>	16,09	16,39	$U = 66,5 ; p = 0,793$ ns
<b>Compréhension complexe</b> <i>(Epreuve expérimentale)</i>	5,18	5,46	$U = 66,5 ; p = 0,788$ ns

**ANNEXE D.** Evolution des performances des sujets TDL entre pré et post-tests (immédiats et à distance) des deux groupes (expérimental et contrôle) aux épreuves de mémoire et de compréhension syntaxique.

		<b>Groupe expérimental (MM)</b>		<b>Groupe contrôle (S)</b>
		Pré-post (TDL=8)		Pré-post (TDL=8)
<b>Mémoire</b>	<b>Empans simples</b>	<b>Course</b>	$S = 15,0 ; p = 0,047^{**}$	$S = -15,5 ; p = 0,570$ ns
		<b>Chiffres endroit</b>	$S = 17,5 ; p = 0,016^{**}$	$S = 5,0 ; p = 0,875$ ns
		<b>Pseudo-mots</b>	$S = 12,5 ; p = 0,063^*$	$S = 10,0 ; p = 0,109$ ns
	<b>Empans complexes</b>	<b>Chiffres envers</b>	$S = 17,0 ; p = 0,078^*$	$S = -7,5 ; p = 0,500$ ns
		<b>Counting span</b>	$S = 14,0 ; p = 0,055^*$	$S = 7,0 ; p = 0,367$ ns
		<b>Running span</b>	$S = 10,5 ; p = 0,250$ ns	$S = -0,5 ; p = 0,938$ ns
<b>Syntaxe</b>	<b>ECOSSE</b>		$S = 13,5 ; p = 0,246$ ns	$S = -3,0 ; p = 0,813$ ns
	<b>Epreuve expérimentale</b>	<b>Relatives Sujet</b>	$S = -2,5 ; p = 1,000$ ns	$S = -5,0 ; p = 1,000$ ns
		<b>Relatives Objet</b>	$S = 7,5 ; p = 0,453$ ns	$S = 4,5 ; p = 0,781$ ns
		<b>Relatives Objet + déplacement</b>	$S = 3,5 ; p = 1,000$ ns	$S = 7,5 ; p = 0,344$ ns
		<b>TOTAL</b>	$S = 3,5 ; p = 0,344$ ns	$S = 4,5 ; p = 0,688$ ns

\*\* signifie  $p < .05$  ; \* : tendance significative ; ns : non significatif

**ANNEXE E.** Evolution des performances en compréhension syntaxique des enfants TDL du groupe expérimental en fonction de l'âge

